

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL**

Maurício Holderbaum

**GESTÃO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL:
ANÁLISE DA CIDADE DE PORTO ALEGRE**

Porto Alegre
dezembro 2009

MAURÍCIO HOLDERBAUM

**GESTÃO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL:
ANÁLISE DA CIDADE DE PORTO ALEGRE**

Trabalho de Diplomação a ser apresentado ao Departamento de Engenharia Civil da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos para obtenção do título de Engenheiro Civil

Orientadora: Denise Carpena Coitinho Dal Molin

Porto Alegre
dezembro 2009

MAURÍCIO HOLDERBAUM

**GESTÃO DOS RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL:
ANÁLISE DA CIDADE DE PORTO ALEGRE**

Este Trabalho de Diplomação foi julgado adequado como pré-requisito para a obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL e aprovado em sua forma final pela Professora Orientadora e pela Coordenadora da disciplina Trabalho de Diplomação Engenharia Civil II (ENG01040) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Porto Alegre, 17 de dezembro de 2009

Profa. Denise Carpena Coitinho Dal Molin
Dra. pela Universidade de São Paulo
Orientadora

Profa. Carin Maria Schmitt
Coordenadora

BANCA EXAMINADORA

Prof^a. Denise Carpena Coitinho Dal Molin (UFRGS)
Dra. pela Universidade de São Paulo

Geilma Lima Vieira
Dra. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Ana Paula Kirchheim
Dra. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Dedico este trabalho ao meu avô Oscar, grande engenheiro
da vida.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Hilário e Maria Helena, pela dedicação e esforço ao longo de toda minha vida.

Aos meus irmãos, Rodrigo, Fernando e Eduardo, pela parceria eterna.

À toda família Hoff Holderbaum. Saibam que vocês tem grande parcela em tudo isso.

À professora Denise Dal Molin, pela dedicação e transmissão de seu vasto conhecimento, na orientação de meu trabalho.

À professora Carin Schmitt, pelo seu incansável trabalho e disponibilidade de horários para solucionar toda e qualquer dúvida.

À minha namorada, Mônica, pela paciência, compreensão e inteligência dedicada em meu trabalho.

Aos amigos, muitas vezes irmãos: Karnas, Milho, Nego, Alemão, Joca, Vermelho, Edu, Levi, Raoni, entre tantos outros. Vocês fazem com que minha vida tenha mais motivação.

Se você deixar, eu compro o seu televisor.

Silvio Santos

RESUMO

HOLDERBAUM, M. **Gestão de resíduos da construção civil**: análise da cidade de Porto Alegre. 2009. 59 f. Trabalho de Diplomação (Graduação em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

Este trabalho versa sobre a gestão de resíduos da construção civil em Porto Alegre, procurando entender a ineficácia da gestão atual e buscando definir as responsabilidades dos envolvidos, e os processos que podem ser melhorados. No Brasil, a utilização de resíduos da construção é muito pequena, sendo na sua maioria utilizados apenas em sub-bases de vias e rodovias, e para levantamento de cotas em terrenos. As soluções atualmente adotadas na imensa maioria dos municípios são sempre emergenciais, pois, por não contarem com uma política de gestão de resíduos adequada, recorrem ao sistema de gestão apenas corretivo. A gestão corretiva caracteriza-se por englobar atividades não preventivas, repetitivas e custosas, das quais não surtem resultados adequados e, por isso, profundamente ineficientes. Porém, a situação precisa ser alarmada devido à enorme quantidade de resíduos que são gerados diariamente no País. Este grande volume de resíduos deve-se a diversos fatores, desde projetos não otimizados, até a falta de qualificação da mão de obra do setor. O objetivo deste trabalho é propor medidas profiláticas para melhoria da gestão de resíduos de construção civil em Porto Alegre. Para isso, buscou-se caracterizar os resíduos quantitativa e qualitativamente, e fazer uma estimativa de volume gerado na cidade. Baseado na viabilidade técnica, econômica e sócio-ambiental da reciclagem de RCD, já notoriamente comprovada, levantou-se custos de implementação de uma usina recicladora em Porto Alegre, fazendo uma perspectiva do volume de resíduos passíveis de reciclagem, para produção de agregados (miúdo e graúdo). Neste trabalho, apontaram-se algumas das possíveis reutilizações dos resíduos classe A, como a produção do agregado reciclado para concretos. Entretanto, deve-se pensar na destinação de todos os resíduos da construção. Além da necessidade de instalação de uma usina de reciclagem de RCD, poderiam ser desenvolvidos trabalhos junto a cooperativas de materiais recicláveis como madeiras, papel, plástico e papelão. A gestão de resíduos da construção civil em Porto Alegre precisa, o quanto antes, ser remodelada. As mudanças devem iniciar pelos órgãos públicos, com governos municipais, estaduais e federais, criando políticas que desenvolvam estruturas adequadas às empresas construtoras e coletoras de resíduos.

Palavras-chave: resíduos de construção; reciclagem; gestão de resíduos; entulho.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: delineamento da pesquisa.....	14
Figura 2: entulho não segregado.....	17
Figura 3: agregado graúdo reciclado.....	24
Figura 4: agregado miúdo reciclado.....	25
Figura 5: fluxograma de estudo da gestão integrada dos RCD.....	33
Figura 6: composição do entulho de Porto Alegre/Rio Grande do Sul (adaptado de LEITE, 2001).....	39
Figura 7: composição do entulho de Porto Alegre/Rio Grande do Sul (adaptado de LOVATO, 2007).....	39
Figura 8: ecopontos sob viaduto.....	41
Figura 9: trabalho de cooperativas junto aos aterros.....	42

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: desperdício estimado sobre o custo da obra.....	21
Quadro 2: geração de resíduos nas principais cidades brasileiras.....	22
Quadro 3: viabilidade econômica de implementação de usinas recicladoras.....	30
Quadro 4: custos estimados para produção de agregados reciclados.....	30
Quadro 5: evolução anual da coleta de RCD em Porto Alegre.....	35
Quadro 6: quantitativos de resíduos destinados às unidades gerenciadas pelo DMLU de Porto Alegre.....	36
Quadro 7: evolução mensal dos resíduos em 2006.....	37
Quadro 8: evolução mensal dos resíduos em 2007.....	37
Quadro 9: evolução mensal dos resíduos em 2008.....	38
Quadro 10: parâmetros para obras civis em áreas de atração e reciclagem.....	43
Quadro 11: valores estimados para implementação de Ecopontos e Central de Reciclagem.....	45
Quadro 12: proporção de caliças nas unidades do DMLU de Porto Alegre em 2008.....	46

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 MÉTODO DE PESQUISA	12
2.1 QUESTÃO DE PESQUISA	12
2.2 OBJETIVOS	12
2.3 PREMISSA	13
2.4 DELIMITAÇÃO	13
2.5 DELINEAMENTO	13
3 GESTÃO DOS RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO	15
3.1 RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO	16
3.1.1 Caracterização dos resíduos	18
3.1.2 Quantificação do volume de entulhos gerados	20
3.2 RECICLAGEM DE RCD	22
3.2.1 Comprovação de viabilidade	24
3.2.1.1 Viabilidade técnica	24
3.2.1.2 Viabilidade econômica	26
3.2.1.3 Viabilidade sócio-ambiental	27
3.2.2 Custos de implementação de uma usina recicladora	29
4 DIAGNÓSTICO DOS RCD DO MUNICÍPIO DE PORTO ALEGRE/RS	32
4.1 INDICADORES BÁSICOS DE PORTO ALEGRE	33
4.2 CARACTERIZAÇÃO DOS RCD EM PORTO ALEGRE	34
4.3 COLETA E TRANSPORTE DE RCD EM PORTO ALEGRE	40
4.4 ESTUDO DA GESTÃO DOS RCD	41
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	48
REFERÊNCIAS	50
ANEXO A	52

1 INTRODUÇÃO

Na atualidade, deve-se sempre considerar a possibilidade de reciclagem. Com as indústrias produzindo cada vez mais bens de consumo, cresce a quantidade de resíduos gerados pelas mesmas.

A indústria da construção civil é, sem dúvida, uma das mais importantes atividades para o desenvolvimento econômico e social do País, sendo grande geradora de empregos diretos e indiretos. Por essa razão, a cada dia que passa, há maior preocupação com o desenvolvimento sustentável, tendo em vista o impacto ambiental inerente à atividade, seja pelo consumo de recursos naturais, pela modificação da paisagem ou pela geração de resíduos (CAPELLO, 2006).

Embora seja possível reduzir a quantidade de resíduos durante a produção e até o pós-consumo, eles sempre serão gerados. Para atingir um nível satisfatório de redução dos resíduos, devem-se desenvolver tecnologias para conseguir obter produtos recicláveis com desempenho técnico adequado e que sejam economicamente competitivos.

Este estudo pretende verificar os gargalos existentes que dificultam a implementação de um sistema racional e eficaz de gestão de resíduos da construção civil em Porto Alegre. Para tanto, serão analisados os estudos já existentes sobre:

- a) caracterização dos resíduos da construção civil;
- b) comprovação da viabilidade técnica, econômica e sócio-ambiental da reciclagem de RCD;
- c) volume de entulhos gerados em Porto Alegre e o volume da possível produção de agregados reciclados;
- d) custos de implementação de uma usina recicladora.

Será considerada, ainda, a Resolução n. 307/2002 do CONAMA (anexo A), a qual define as responsabilidades de todos os envolvidos no processo.

Este trabalho está estruturado em três capítulos. O primeiro apresenta a origem e caracterização dos resíduos gerados pela indústria da construção civil, considerando a

Resolução n. 307/2002 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), e também a NBR 10004/2004, da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). Apresentou-se ainda o volume de entulhos gerados na construção, seja por habitante/ano, área construída, percentual em relação ao total de resíduos sólidos urbanos, ou por levantamentos de campo já efetuados.

No segundo, apontaram-se alguns trabalhos já realizados que comprovam a viabilidade técnica, econômica e sócio-ambiental da utilização de entulhos como agregados, principalmente para a produção de concretos e argamassas. Após isto, apresentou-se um levantamento dos custos para a implementação de uma usina recicladora de entulhos, analisando sua viabilidade.

Por fim, no terceiro capítulo do trabalho pretende-se mapear, com base nos dados bibliográficos levantados, os pontos que dificultam a implementação de um sistema racional e eficaz de gestão de resíduos em Porto Alegre. Pretende-se, ainda, propor uma mudança na gestão dos resíduos de construção na cidade, definindo os responsáveis, tanto no âmbito da atividade pública (prefeitura), quanto no âmbito da atividade privada (construtores e transportadores).

2 MÉTODO DE PESQUISA

2.1 QUESTÃO DE PESQUISA

A questão de pesquisa deste trabalho é: quais os gargalos que dificultam a implementação de um sistema racional e eficaz de gestão de resíduos da construção civil em Porto Alegre?

2.2 OBJETIVOS DO TRABALHO

Os objetivos do trabalho estão classificados em primário e secundário e são apresentados nos próximos itens.

2.2.1 Objetivo principal

O objetivo principal deste trabalho é a verificação dos gargalos existentes que dificultam a implementação de um sistema racional e eficaz de gestão de resíduos da construção civil em Porto Alegre.

2.2.2 Objetivos secundários

Os objetivos secundários deste trabalho são, baseado em bibliografia existente, apresentar:

- a) classificação dos resíduos da construção civil;
- b) análise da viabilidade técnica, econômica e sócio-ambiental da reciclagem de RCD;
- c) verificação do volume de entulhos gerados em Porto Alegre e o volume da possível produção de agregados reciclados;
- d) levantamento dos custos de implementação de uma usina recicladora em Porto Alegre.

2.3 PREMISSA

A premissa deste trabalho é que Porto Alegre necessita modificar sua gestão de resíduos da construção, criando locais para despejo, armazenamento, reciclagem e reutilização dos mesmos, sempre buscando o desenvolvimento sustentável.

2.4 DELIMITAÇÃO

A delimitação deste trabalho é que o estudo será realizado apenas para a cidade de Porto Alegre/RS.

2.5 DELINEAMENTO

O trabalho terá o delineamento apresentado na figura 1.

Detalhando cada etapa do delineamento:

- a) caracterização dos resíduos: busca classificar os resíduos da construção, conforme sua classe (A, B, C ou D) da Resolução n. 307/2002 do CONAMA, inertes ou não inertes, recicláveis ou não, reutilizáveis, etc.;
- b) comprovação da viabilidade de reciclagem de RCD: embasado em trabalhos já publicados, apresentar os resultados obtidos sobre a viabilidade técnica, econômica e sócio-ambiental da reciclagem de RCD (resíduo de construção e demolição), para a produção de concretos e argamassas;
- c) custos de implementação de uma usina recicladora: levantamento de valores de implementação de uma usina recicladora de RCD, conforme as necessidades de Porto Alegre;
- d) quantificação de entulhos gerados: apurar dados de geração de entulhos, baseado em levantamentos já feitos, visando a conversão do mesmo em volume de agregados recicláveis em uma usina recicladora;
- e) análise final e conclusões: considerando todas as etapas acima descritas, buscar determinar os gargalos que impedem a mudança na gestão dos resíduos de construção em Porto Alegre, como a falta de cultura das empresas, a inexistência de leis e a falta de fiscalização e autuação. Analisar a possibilidade de implementação de uma usina de reciclagem de entulhos para a produção de agregados (miúdo e graúdo) para novos concretos e argamassas.

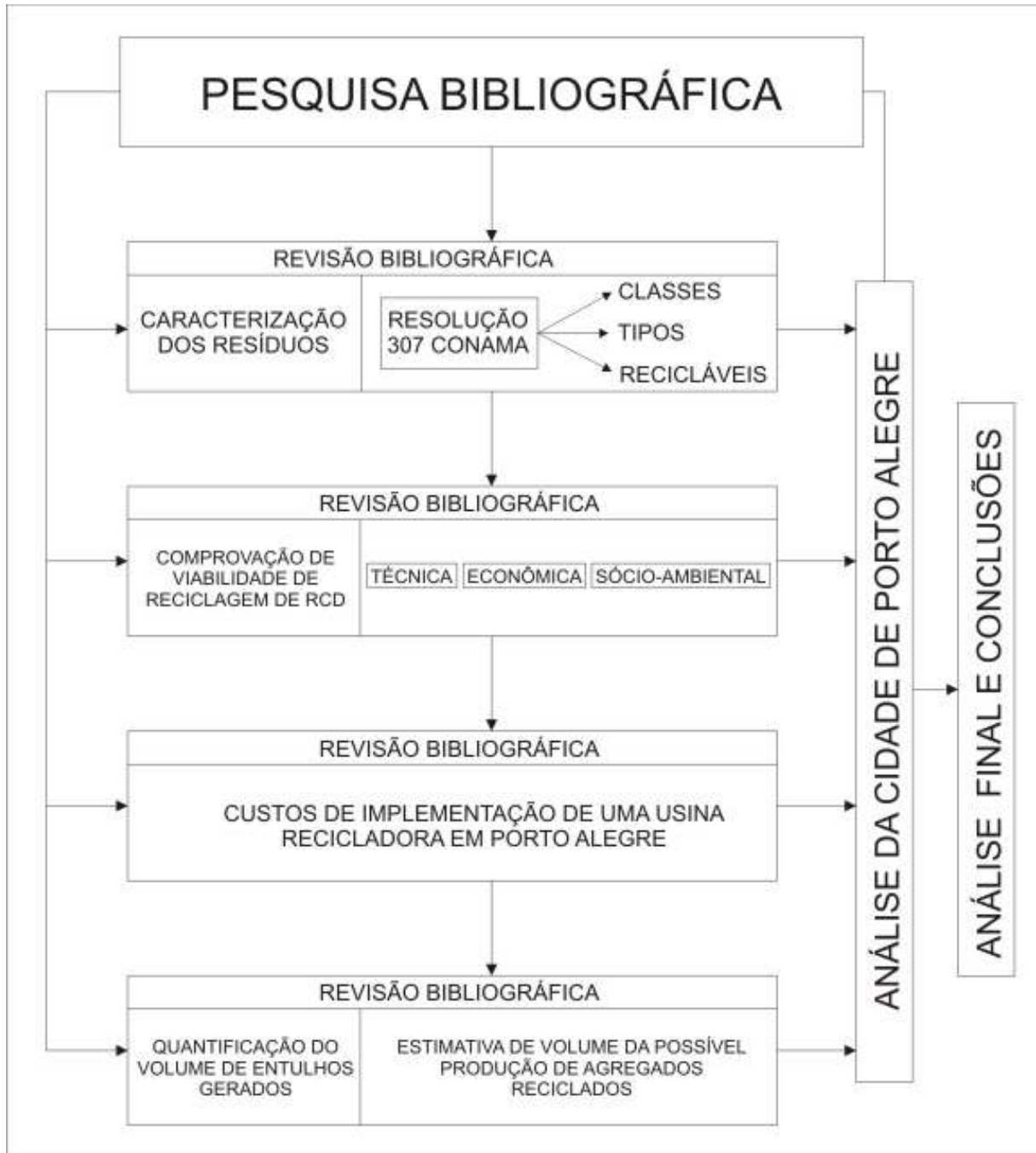


Figura 1: delineamento da pesquisa

3 GESTÃO DOS RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO

No Brasil, a indústria da construção civil gera, aproximadamente, 65 milhões de toneladas de resíduos anualmente. Desse montante, estima-se que apenas 5% são reciclados ou reutilizados (CAPELLO, 2006). A preocupação com o desenvolvimento sustentável na construção civil iniciou-se a partir da RIO 92¹. A **Agenda 21**, documento resultante da RIO 92, avaliou toda a cadeia produtiva da construção, preocupando-se com a diminuição da geração de resíduos, extração de matérias primas, redução da poluição, consumo racional de água e energia, entre outros (SCHENINI et al., 2004).

Um grande passo foi dado no ano de 2002, com a aprovação da Resolução n. 307 do CONAMA (anexo A), a qual estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. Nesta, definem-se as responsabilidades de todos os envolvidos nas diversas etapas do processo de geração dos resíduos, conforme dispõem os artigos que seguem (BRASIL, 2002):

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 d'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 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

¹ II Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento Humano, realizada em 1992 no Rio de Janeiro, que teve como principal tema a discussão sobre o desenvolvimento sustentável e sobre como reverter o atual processo de degradação ambiental. A conferência foi a maior reunião de chefes de Estado da história da humanidade com a presença de cerca de 117 governantes de países tentando buscar soluções para o desenvolvimento sustentável das populações mais carentes do planeta

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.

Em Porto Alegre, o descarte de resíduos da construção civil limita-se, na maior parte dos casos, ao enchimento de caçambas/contêineres de entulhos, sem segregação alguma, sendo despejados em três locais licenciados (aterros de inertes), não aproveitando nenhuma parte do mesmo para reciclagens ou reaproveitamentos. Para se ter uma gestão mais eficiente, todos os envolvidos no processo (construtores, transportadores e Prefeitura) devem passar por radicais mudanças, as quais serão discutidas nos capítulos que seguem.

3.1 RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO

Por possuir uma grande variabilidade, os resíduos da construção apresentam um alto grau de complexidade em sua reciclagem. Para a obtenção de agregado reciclado, por exemplo, o entulho não pode conter resíduos oriundos do gesso, pois o mesmo reage quimicamente, sofrendo efeitos expansivos dentro de novas argamassas ou concretos que forem confeccionados com este resíduo.

Um fator de dificuldade é a falta de separação dos resíduos dentro da obra, conforme mostra a figura 2. O sistema construtivo convencional não se preocupa em separar os resíduos gerados em sua origem, o que causa um trabalho dobrado para sua posterior segregação. De acordo com John (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 reciclabilidade. Problema similar ocorre durante a demolição de forma convencional no Brasil. Dessa forma, o resíduo de construção

e demolição disponível é um resíduo misto de concretos, alvenarias, revestimentos e outros com menores possibilidades de utilização.



Figura 2: entulho não segregado

O País está muito atrasado quando se trata de reuso de resíduos da construção, principalmente se comparado com países onde esta tecnologia já é usada em larga escala. Vieira (2003) afirma:

Segundo Vazquez (2001²), a Europa recicla quase sua totalidade de resíduos de construção e demolição. A Holanda, devido à grande demanda de materiais de construção e à escassez dos recursos naturais, tem procurado otimizar o processo de reciclagem de resíduos, para que, num futuro próximo, não haja um colapso da indústria de extração de minérios.

[...]

No Brasil, apesar da grande demanda de material que pode ser reciclado, o uso na fabricação de concretos ou de outros elementos da construção civil é pouco ou quase inexistente, sendo estes materiais utilizados em sub-bases de vias e rodovias, na sua grande maioria. A escassez dos recursos naturais é um problema que, aparentemente, não afeta este país.

² VAZQUEZ, E. Aplicación de nuevos materiales reciclados en la construcción civil. In: SEMINÁRIO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E A RECICLAGEM NA CONSTRUÇÃO CIVIL, 4.,2001 São Paulo, Anais... São Paulo: IBRACON, CT 206. 2001.

Devido à deposição irregular do RCD, os impactos em relação à drenagem urbana são extensos, ocorrendo desde a drenagem superficial, até a obstrução de córregos, um dos componentes mais importantes do sistema de drenagem, havendo a necessidade de desobstrução contínua do mesmo, que se não bem executada, causa problemas de enchentes devido ao freqüente aterramento dessas áreas de deposição (PINTO, 1999).

3.1.1 Caracterização dos resíduos

Resíduo de construção e demolição (RCD) é todo resíduo decorrente de obras (desde plásticos de embalagens, solos, até sobras de materiais cerâmicos e argamassas). Muitos destes resíduos têm um alto potencial de reutilização ou reciclagem. Porém, a grande variabilidade dos resíduos oriundos da construção civil dificulta a segregação e reciclagem dos mesmos. A Resolução 307 do CONAMA classifica os resíduos da construção em quatro classes, conforme dispõe seu art. 3º (BRASIL, 2002):

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.

De acordo com a NBR 10004 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (2004), os resíduos classificam-se em:

- a) resíduos classe I – perigosos: são aqueles que apresentam periculosidade ou características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade ou patogenicidade, ou constem nos anexos A e B da referida norma;

b) resíduos classe II A – não-inertes: são aqueles que não se enquadram nas classificações de resíduos classe I ou resíduos classe II B, podendo ter propriedades de biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água;

c) resíduos classe II B – inertes: são aqueles que, quando amostrados de uma forma representativa e submetidos a um contato dinâmico e estático com água destilada ou desionizada, à temperatura ambiente, não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, excetuando-se aspecto, cor, turbidez, dureza e sabor.

Conforme esta Norma, os resíduos de construção e demolição podem ser classificados na classe II-B, inertes, ou seja, não reagem quimicamente. Oliveira et al. (2001 apud VIEIRA, 2003) indicam que o resíduo de concreto não deve ser considerado um material inerte, pois pode contaminar as águas do subsolo se disposto inadequadamente. Para John e Agopyan (2000), os resíduos são classificados como inertes por exceção, pois se forem submetidos à análise certamente seriam classificados como não inertes, especialmente devido ao pH e à dureza da água absorvida, que podem ter importantes níveis de contaminação. Isto reforça a idéia da reciclagem como uma alternativa para o seu aproveitamento.

A composição dos RCD varia de acordo com a fase da obra e com o tipo de obra, afetando a qualidade dos agregados reciclados produzidos. Nesta linha, John (1999) aponta que este problema pode ser superado pela classificação dos RCD ou pelo manejo em pilhas a fim de reduzir a variabilidade. A geração de resíduos classe A (conforme classificação do CONAMA, são aqueles passíveis de reciclagem para a produção de agregados) ocorre predominantemente nas etapas de instalação do canteiro de obra, estrutura, alvenaria e revestimento.

Diversos estudos já analisaram a composição do entulho gerado nas obras, que é muito variável de acordo com o local, tipo ou fase da obra. Para Pinto (1986), essa mistura é composta, basicamente, de:

- a) 60% de argamassa;
- b) 30% de componentes de vedação (tijolos, blocos, cacos cerâmicos);
- c) 9% de materiais (concreto, pedra, areia, metálicos e plástico);
- d) 1% de orgânicos.

Dados importantes obtidos dizem respeito à caracterização dos agregados reciclados (graúdo e miúdo). Em comparação com os agregados naturais (areia e brita), os agregados obtidos de RCD obtiveram resultados como a diminuição de massa específica (4% em agregado miúdo e

19% em agregado graúdo) e o aumento da absorção de água (8,6% em agregado miúdo e 4,95% em agregado graúdo) (LEITE, 2001).

Ensaio de resistência à tração, módulo de elasticidade, carbonatação, corrosão e atividade pozolânica foram aplicados para diversas combinações de concretos contendo percentuais diferentes de agregados miúdos e graúdos reciclados. Como um todo, pode-se afirmar que bons resultados foram obtidos, porém, devem-se tomar alguns cuidados na confecção de concretos e argamassas com RCD. Além de uma correta segregação dos resíduos, sem agentes contaminantes no mesmo, têm-se dois procedimentos básicos para um bom desempenho: a pré-molhagem dos agregados reciclados até 70% do seu grau de saturação, e a majoração de 10% na resistência, quando na confecção de seu traço (CABRAL, 2007).

3.1.2 Quantificação do volume de entulhos gerados

De acordo com John (1996), a construção civil é, sem dúvida, a maior fonte geradora de resíduos de toda a sociedade. O índice de perdas no setor é surpreendentemente elevado. Essas, em sua maioria, causadas por fatores como:

- a) falha ou omissões na elaboração e na execução dos projetos;
- b) má qualidade e acondicionamento impróprio dos materiais;
- c) falta de equipamentos e técnicas adequadas para a construção;
- d) má qualificação da mão-de-obra;
- e) falta de planejamento nos canteiros de obras;
- f) falta de acompanhamento técnico durante a produção;
- g) ausência de cultura de reaproveitamento e reciclagem dos materiais.

Picchi³ (1993 apud ZORDAN, 1997) estima que o desperdício total seja da ordem de 30% expresso em porcentagem do custo total da obra, conforme quadro 1.

3 PICCHI, F. A. **Sistemas de qualidade**: uso em empresas de construção de edifícios. 1993. 462 f. Tese (Doutorado). Escola Politécnica. Universidade de São Paulo. São Paulo.

ORIGENS DO DESPERDÍCIO	DESPERDÍCIO ESTIMADO (% sobre o custo da obra)
Entulho gerado	5,0
Espessuras adicionais de argamassas	5,0
Dosagens de argamassas e concreto não otimizadas	2,0
Reparos e resserviços não computados no entulho	2,0
Projetos não otimizados	6,0
Perdas de produtividade (problemas de qualidade)	3,5
Custos devido a atrasos	1,5
Reparos em obras entregue a clientes	5,0
TOTAL	30,0

Quadro 1: Desperdício estimado sobre o custo da obra
(adaptado de PICCHI⁴ apud ZORDAN, 1997)

Sobre a estimativa nacional da geração de resíduos, Vieira (2003, p. 27) afirma que “As estimativas pontuais levam a uma geração anual entre 220 a 670 quilos por habitante. Estima-se que cerca de 150 quilos de resíduos são gerados para cada metro quadrado de área construída. A geração de resíduos em algumas cidades brasileiras chega a 500 kg/hab.ano”. Estes dados fazem do RCD um problema crônico para as cidades, pois representam em média 41 a 70% do resíduo sólido municipal (JOHN, 2000). Pinto (1986) apresenta no quadro 2 a geração de resíduos nas principais cidades brasileiras.

⁴PICCHI, F. A. **Sistemas de qualidade**: uso em empresas de construção de edifícios. 1993. 462 f. Tese (Doutorado). Escola Politécnica. Universidade de São Paulo. São Paulo

CIDADE GERADORA	GERAÇÃO ESTIMADA (ton/mês)
São Paulo	372.000
Rio de Janeiro	27.000
Brasília	85.000
Belo Horizonte	102.000
Porto Alegre	56.000
Salvador	44.000
Recife	18.000
Curitiba	74.000
Fortaleza	50.000
Florianópolis	33.000

Quadro 2: Geração de Resíduos na Principais Cidades Brasileiras
(adaptado de PINTO, 1986)

Outras fontes que podem ser usadas para fins de quantificação são os levantamentos efetuados junto aos órgãos municipais responsáveis pela coleta, ou junto às empresas destinadas para tal função. No capítulo 4.2, serão apresentados dados relativos à cidade de Porto Alegre.

3.2 RECICLAGEM DE RCD

Para se minimizar os resíduos da construção, deve-se considerar o processo como um todo. Projetos mais otimizados, maior controle de qualidade dos materiais e da mão-de-obra, melhor planejamento no canteiro de obras e desenvolvimento da cultura do reaproveitamento de materiais são alguns dos muitos itens a serem melhorados. De acordo com John (1996), citado por Leite (2001), o mercado da construção civil se apresenta como uma das melhores alternativas para consumir materiais reciclados, pois a atividade da construção é realizada em qualquer região, o que já reduz custos como de transporte.

Hoje em dia, as cidades aplicam a gestão corretiva, pois não contam com uma política de gestão adequada ou ainda não perceberam as proporções do problema. Uma saída para isto seria adotar a gestão baseada no conceito de sustentabilidade, que consiste na adoção de uma

série de ações que começam pela captação do entulho, passando pela reciclagem dos mesmos e chegando em ma reeducação de procedimento e cultura para utilização de materiais reciclados (PINTO, 2001 apud VIEIRA, 2003).

Conforme já foi citado, no Art. 4º da Resolução n. 307 do CONAMA, os geradores de resíduos tem como objetivo primário a não geração dos mesmos. Uma vez gerados, tem-se como objetivo a reutilização, a reciclagem e a destinação final (BRASIL, 2002). Assim, para tornar a reciclagem de RCD um processo de larga escala, universidades brasileiras estão desenvolvendo pesquisas relacionadas ao assunto, como matérias primas de materiais a serem utilizados na construção propriamente dita, as quais se mostraram viáveis e comprovadas com base nos bons resultados obtidos em estudos já finalizados. Os RCD podem virar matéria prima para fabricação de: argamassas, britas, rachão, pré-moldados não estruturais, pisos intertravados, base e sub-base de pavimentos, blocos de concreto de vedação, entre outros (KARPINSKI et al., 2008). Os concretos e argamassas obtidos com agregados reciclados (RCD) devem receber especial atenção em suas confecções, conforme cita Vieira (2003):

Tomadas as devidas e criteriosas precauções, os concretos obtidos a partir de agregados reciclados podem ser utilizados nas mais diversas atividades do setor de construção civil. Estas precauções referem-se ao tratamento dado ao agregado reciclado desde o seu beneficiamento até o momento de ser utilizado na mistura do concreto. Essa, talvez, seja a grande dificuldade de se trabalhar com agregados reciclados no concreto. Por causa da grande heterogeneidade e variabilidade na composição dos agregados reciclados, às vezes não é possível obter concretos de boa qualidade, que atendam aos requisitos pré-estabelecidos para a produção da mistura e do desempenho do mesmo.

A partir disso, deve-se repensar na gestão como um todo, que começa na captação desses resíduos, passando pela reciclagem e chegando numa reeducação de procedimentos e culturas com relação à geração de resíduos e as possíveis utilizações dos resíduos reciclados (PINTO, 2001 apud VIEIRA, 2003). A reciclagem de RCD é um dos processos fundamentais para melhorar a gestão de resíduos da construção. Porém, para isto, deve-se sempre considerar sua viabilidade técnica, econômica e sócio-ambiental.

3.2.1 Comprovação da viabilidade

3.2.1.1 Viabilidade técnica

Ao longo dos anos, diversos trabalhos acadêmicos têm comprovado a viabilidade do uso de resíduos na construção civil. Como exemplo pode-se citar o uso da sílica ativa, da cinza volante e da escória de alto forno. Estes resíduos, também conhecidos como subprodutos, que antes eram considerados **sobra** industrial, hoje em dia são empregados em larga escala para a confecção de concretos e argamassas, melhorando seus desempenhos.

No caso do RCD, pode-se usá-lo como agregado graúdo reciclado (AGR) e agregado miúdo reciclado (AMR), conforme figuras 3 e 4, na produção de novos concretos e argamassas. Seu uso já foi comprovado em relação à resistência mecânica (tração e compressão) em trabalhos como em Zordan (1997), Leite (2001) e Lovato (2007), e sua durabilidade (penetração de íons cloreto, para corrosão de armadura) na dissertação de mestrado de Vieira (2003), tendo resultados satisfatórios. Como a porosidade do agregado reciclado influencia na resistência mecânica, existe significativa diferença no desempenho mecânico de um concreto confeccionado com agregado que possui fração cerâmica com absorção de 7% e outro cuja fração cerâmica do agregado possua absorção de água a 27% (JOHN, 2003).



Figura 3: agregado graúdo reciclado



Figura 4: agregado miúdo reciclado

Alguns resultados para concretos e argamassas produzidos com agregado reciclado foram apresentados por Zordan (1997), conforme segue:

A substituição de 20% do agregado natural por resíduos reciclados, não afeta significativamente a resistência à compressão do concreto. Com 100 % de substituição do agregado, haverá um decréscimo na resistência a compressão na ordem de 10 a 20%.

[...]

As argamassas produzidas com o entulho apresentaram uma redução de 10% a 15% no consumo de cimento, 100% no consumo de cal e, de 15% a 30% no consumo de areia, além de um ganho de resistência à compressão que varia de 20% a 100%, conforme o traço utilizado, em relação aos valores obtidos com argamassas convencionais obtidos de literatura.

Outro trabalho importante desenvolvido na área foi o estudo do processo de corrosão sob ação de íons cloreto (VIEIRA, 2003), que comprova a durabilidade de concretos obtidos com agregados reciclados, tendo seus principais resultados abaixo descritos:

- os resultados das análises estatísticas puderam comprovar que o AMR influi positivamente na durabilidade dos concretos, enquanto que o AGR tende a aumentar o risco de corrosão das armaduras;

[...]

- os traços médios, ou com substituição total de apenas um tipo de agregado (50%AMR – 50%AGR e 100%AMR – 50%AGR), também obtiveram valores aceitáveis de velocidades corrosão (semelhantes ao concreto de referência), principalmente para as relações a/c de 0,6 e 0,8;

[...]

- de uma forma geral, os concretos que tiveram substituição do agregado natural pelo reciclado resistiram bem ao ataque de cloretos, sendo substituídos em percentuais convenientemente dosados e sem substituições totais dos agregados, miúdo e graúdo, numa mesma mistura.

3.2.1.2 Viabilidade econômica

Considerando que as jazidas de extração estão ficando cada vez mais longe dos centros urbanos, a matéria prima para a construção tem encarecido devido aos elevados custos com o transporte. Sendo assim, a opção pelos reciclados torna-se bastante viável, desde que o produto reutilizado apresente boa qualidade e desempenho compatível. Geralmente, os produtos reciclados custam menos do que os naturais, porém é preciso considerar o frete envolvido (CAPELLO, 2006). A construção civil desponta como um dos setores onde a reciclagem de resíduos pode ter um dos melhores aproveitamentos, pois existem construções em todos os lugares, e os resíduos gerados por uma determinada obra, em muitos casos, poderiam ser utilizados neste canteiro. Ou seja, além de diversificar a oferta de materiais de construção, a reciclagem viabiliza reduções de preços (ZORDAN, 1997).

De acordo com Vieira (2003), “O custo projetado do metro cúbico de argamassa com material reciclado é de 36 dólares, contra 62 dólares de uma argamassa com material convencional.”.

Considerando a reciclagem de RCD, a economia de matéria prima constitui o principal fator de economia, seguida da economia de energia elétrica. Outro ponto que se deve levar em consideração é a diminuição dos custos operacionais das prefeituras com a remoção de entulhos clandestinos. Segundo CARNEIRO (2001), os custos do descarte irregular, correção da deposição com aterramento e controle de doenças giram em torno de US\$ 10/m³ de RCD para as prefeituras e o custo da reciclagem corresponde a 25% deste valor. Schenini et al. (2004, p.7-8) apresentam levantamentos referentes a benefícios econômicos trazidos com a reciclagem e entulhos, conforme segue:

A disponibilização de locais e instalações para a recepção, triagem e processamento dos resíduos da construção civil, proporciona às cidades e suas comunidades benefícios ambientais, econômicos e sociais. Elimina, em grande parte, os despejos clandestinos, melhora a paisagem urbana e possibilita uma melhor qualidade de vida

a seus habitantes. Reduz, por outro lado, os custos operacionais da administração com a remoção, que é estimada em US\$ 10 por metro cúbico de entulho clandestinamente depositado.

A reciclagem, além de representar uma redução de até 75% (setenta e cinco por cento) do custo da remoção e tratamento de doenças para o município, produz uma cadeia de benefícios de relevante importância. Estende o tempo de vida útil dos aterros, preserva os recursos naturais, transforma uma fonte de despesa em fonte de receita e impede a contaminação de novas áreas de despejo.

A produção de agregados a partir dos entulhos, que é um das formas mais simples de seu reaproveitamento, gera economias de cerca de 80% (oitenta por cento) em relação ao preço dos agregados convencionais. Sua reutilização, por outro lado, dispensa a extração de matéria prima da natureza, conservando-a sob dois aspectos: não degrada o solo com a remoção e não polui o ar com os gases emitidos pelas máquinas e caminhões empregados na extração e transporte.

3.2.1.3 Viabilidade sócio-ambiental

O setor de construção civil é um gerador de resíduos sólidos de grande intensidade, e é sabido que as questões ambientais têm importância para o sucesso dos negócios. As exigências crescentes da sociedade, refletidas em padrões ambientais cada vez mais restritos, e o aumento do controle dos órgãos ambientais demonstram claramente esta tendência. Karpinski et al. (2008) afirmam que:

A atividade da construção civil tem grande impacto sobre o meio ambiente em razão do consumo de recursos naturais ou extração de jazidas, do consumo de energia elétrica nas fases de extração, transformação, fabricação, transporte e aplicação; da geração de resíduos decorrentes de perdas, desperdício, e demolições, bem como desmatamento e de alterações no relevo.

Soma-se a isto também a poluição visual, visto o crescimento urbano ter uma contribuição fundamental na alteração da paisagem. Segundo Ribeiro et al. (2008 apud KARPINSKI et al., 2008, p. 70), “[...] estima-se que a construção civil consome algo entre 20 e 50% do total de recursos naturais consumidos pela sociedade.”. Conforme Schenini et al. (2004, p. 2):

Na indústria da construção civil, até então, não havia nenhuma preocupação quanto ao esgotamento dos recursos não renováveis utilizados ao longo de toda sua cadeia de produção e, muito menos, com os custos e prejuízos causados pelo desperdício de materiais e destino dados aos rejeitos produzidos nesta atividade. No Brasil, em particular, a falta de uma consciência ecológica na indústria da construção civil resultou em estragos ambientais irreparáveis, agravados pelo maciço processo de migração havido na segunda metade do século passado, quando a relação existente de pessoas no campo e nas cidades, de 75 (setenta e cinco) para 25% (vinte e cinco por cento), foi invertida, ocasionando uma enorme demanda por novas habitações.

Em 2002, ano em que a Resolução n. 307 do CONAMA foi aprovada, algumas construtoras de Porto Alegre começaram a fazer a correta separação de seus resíduos. Mas, por falta de uma política municipal adequada, os mesmos acabavam sendo misturados novamente em seu despejo nos aterros de inertes. Para Veira (2003), “A sistemática da coleta do entulho, assim como a reciclagem do mesmo, se dará de forma mais eficiente se houver a presença dos agentes envolvidos na construção civil aliado ao poder público municipal.”.

Como proposta a este desafio, a prefeitura da cidade deve criar um local, licenciado pelos órgãos competentes, onde se receba todos os tipos de resíduos da construção, já segregados, conseguindo, assim, definir seus respectivos destinos. Deve ainda implantar um programa fazendo uso do levantamento dos resíduos gerados na cidade e estimar os custos diretos e indiretos da disposição do entulho em aterros e, a partir daí, determinar a tecnologia que será empregada na reciclagem, os investimentos necessários e as possíveis aplicações dos resíduos reciclados (VIEIRA, 2003).

Para Schenini et al. (2004):

As políticas ambientais adotadas pelos municípios para os resíduos da construção, têm-se restringido, em grande parte, a disponibilizar áreas para a deposição controlada. Tal política, elogiável em parte, é limitada como solução em função da rápida saturação das áreas disponíveis e pelos elevados custos envolvidos. Por outro lado, promove a contaminação do solo e das águas subterrâneas por receber resíduos perigosos incorporados aos restos de materiais inertes, nos canteiros de obra

[...]

Como resposta ao desafio do desenvolvimento sustentável, o presente estudo ressalta a importância do estado, como legislador e indutor de práticas, através do estabelecimento de políticas públicas que objetivam desenvolver a cultura de preservação, que estimulem o treinamento, a educação ambiental, a reciclagem dos resíduos, o reaproveitamento dos materiais de demolição e a produção de edificações duráveis e ecologicamente sustentáveis.

Do ponto de vista social, a tecnologia de reciclagem é apontada como uma das alternativas para geração de emprego e renda. O resultado é que, além da economia de matéria prima e energia na produção de novos agregados, o uso e a reciclagem de resíduos da construção e demolição proporcionam novas oportunidades de emprego para uma parcela da população que freqüentemente é excluída, que passaria a se organizar em grupos e efetivamente a gerar renda, tanto na coleta, quanto em cooperativas de reciclagem, para a produção de novos materiais e componentes. É inegável, portanto, o benefício trazido para a indústria, sucateiros e catadores em geral (CALDERONI, 2003).

Outro aspecto a ser considerado é a reeducação da população em geral. Deve-se apresentar a comprovação técnica, ambiental e econômica do uso de materiais reciclados na construção, para que haja uma valorização dos mesmos. Faz-se necessário também a conscientização das pessoas para que haja uma contribuição na não utilização dos contêineres de entulhos, muitas vezes dispostos em via pública, com seus resíduos domiciliares. Schenini et al. (2004) propõem a inclusão de educação ambiental como matéria multidisciplinar em todos os níveis da educação formal e o estímulo da sua inclusão nos cursos de gerenciamento comercial e de engenharia. Disseminando assim, a informação sobre os danos causados ao meio ambiente pela disposição inadequada dos rejeitos e estimulando o controle social sobre os resultados obtidos com uma nova visão para as práticas utilizadas na indústria da construção.

3.2.2 Custos de implementação de uma usina recicladora

Jadovski (2005) avaliou a viabilidade econômica da implementação de usinas de reciclagem de RCD, através de aplicativo que tenha como entrada a quantidade de RCD gerado e a finalidade para o uso do agregado. Para obtenção das informações necessárias, foram feitas visitas em usinas em funcionamento no Brasil, como exemplo nas cidades de Belo Horizonte, São Paulo, Piracicaba e Campinas.

O processo de reciclagem de RCD deve observar as etapas de limpeza e seleção prévia, eliminação de contaminantes, extração de materiais metálicos, homogeneização, trituração e estocagem para expedição. As usinas de reciclagem classificam-se três tipos: as de primeira, segunda e terceira geração. O processo de primeira geração é o mais simples e a remoção dos contaminantes é realizada de maneira manual e os metais ferrosos são removidos por eletroímã. Já o processo de segunda geração incorpora procedimentos mais sofisticados de limpeza e triagem dos resíduos, e as plantas de terceira geração possuem equipamentos mais avançados para tal fim. No Brasil as plantas de reciclagem de RCD caracterizam-se por ser de primeira geração. Os equipamentos de reciclagem compõem-se de silos de recepção tipo calha vibratória, triturador, transportadores de correia, extrator de metais ferrosos, conjunto peneirador, e equipamentos para o espalhamento e carregamento do resíduo (pá-carregadeira ou retro-escavadeira). O produto final de uma instalação de britagem é obtido através da seqüência ordenada de operações. Para se obter o máximo de rendimento dessa instalação é imprescindível a escolha adequada dos equipamentos para cada operação, determinados em

função da quantidade e características do material a ser britado e do produto desejado (JADOVSKI, 2005).

O autor analisou custos de implantação, operação e manutenção das usinas, através de VPL (Valor Presente Líquido), VPLA (Valor Presente Líquido Anualizado) TIR (Taxa Interna de Retorno) e Índice de Benefício/Custo (IBC), considerando a inflação, taxa mínima de atratividade, riscos e incertezas, etc., chegando ao seguinte resultado, conforme quadro 3:

VPL = 0	VPLA = 0	IBC = 1	TIR = TMA	Indiferença
VPL > 0	VPLA > 0	IBC > 1	TIR > TMA	Projeto Viável
VPL < 0	VPLA < 0	IBC < 1	TIR < TMA	Projeto Inviável

Quadro 3: Viabilidade econômica de implementação de usinas recicladoras (JADOVSKI, 2005)

Considerando a viabilidade do projeto, o quadro 4 apresenta custos estimados para a produção de agregados em uma usina recicladora.

	Unidade	USINA DE PEQUENO PORTE	USINA DE MÉDIO PORTE	USINA DE GRANDE PORTE
Capacidade de operação	t/ano	110.000	253.000	312.000
Custos de Capital (A)	US\$	842.000	1.143.000	1.363.000
	US\$/t	7,65	4,52	4,37
Capital de Giro (B)	US\$	53.000	64.000	72.000
	US\$/t	0,48	0,25	0,23
Total dos Custos de Capital (C = A + B)	US\$	895.000	1.207.000	1.435.000
	US\$/t	8,13	4,77	4,60
CUSTOS VARIÁVEIS DE OPERAÇÃO				
Manutenção equipamentos (D)	US\$/t	1,45	0,72	0,72
	%	24	22	24
Mão-de-obra (E)	US\$/t	1,37	0,70	0,57
	%	23	22	20
Energia (F)	US\$/t	0,34	0,19	0,20
	%	6	6	7
Estoque (G)	US\$/t	0,07	0,03	0,02
	%	1	1	1
Licenças e Fees (H)	US\$/t	0,03	0,02	0,02
	%	1	1	1
TOTAL (I = D + E + F + G + H)	US\$/t	3,26	1,66	1,53
CUSTOS FIXOS DE OPERAÇÃO				
Depreciação (J)	US\$/t	0,86	0,64	0,63
	%	15	20	21
Custos Fixos (overhead) (K)	US\$/t	1,77	0,90	0,76
	%	30	28	26
Custos Totais de Operação (L = I + J + K)	US\$/t	5,89	3,20	2,92
Tipping Fee Credit	US\$/t	1,30	1,10	1,10
Preço médio de mercado	US\$/t	5,23	5,23	5,23
Valor Presente Líquido	US\$	- 72.000	631.000	901.000

Quadro 4: Custos estimados para produção de agregados reciclados (JADOVSKI, 2005)

Algumas conclusões do autor a serem consideradas:

Após a análise dos resultados, verificou-se viabilidade econômica em usinas de reciclagem de resíduos de construção e demolição com capacidades a partir de 30 t/h para empresa pública e de 40 t/h para empresa privada, devendo-se buscar a adoção de políticas públicas de incentivo para implementação destas usinas.

[...]

Uma usina com capacidade de produção de 30 t/h é capaz de atender um município com aproximadamente 1.200.000 habitantes.

[...]

É importante destacar que não se pretende fazer concorrência de agregados reciclados com agregados naturais, reservando-os para fins mais nobres, tais como, concreto protendido e concreto estrutural de média e alta resistência. Devido ao desconhecimento do mercado consumidor sobre os produtos reciclados e conseqüente falta de cultura de uso destes produtos faz-se necessário a implementação das seguintes medidas:

- a) campanhas de esclarecimento para o público leigo;
- b) cursos, palestras e *work-shops* para utilização de agregados reciclados para profissionais da área;
- c) treinamento de mão-de-obra da construção civil.

4 DIAGNÓSTICO DOS RCD DO MUNICÍPIO DE PORTO ALEGRE/RS

Pode-se considerar a gestão dos resíduos de construção e demolição (RCD) como o conjunto de normas e diretrizes que regulamenta os arranjos institucionais, identificando os diferentes agentes envolvidos e seus respectivos papéis, os instrumentos legais e os mecanismos de financiamento e de gerenciamento. Pela falta do gerenciamento dos RCD por parte das administrações municipais e dos impactos ambientais, econômicos e sociais que esses resíduos causam, impõem-se a necessidade de traçar novas políticas específicas, baseadas em estratégias sustentáveis integradas, como redução na fonte geradora (obra), reutilização de sobras de materiais nos próprios canteiros de obra e o intenso potencial de reciclagem dos resíduos coletados.

Baseado no modelo proposto por Marques Neto (2005), que propõe um modelo de gestão integrada para os resíduos de construção de demolição conforme a figura 5, fez-se um levantamento de dados na cidade de Porto Alegre nos aspectos relacionados à geração, à composição, ao manejo e à disposição final dos resíduos de construção, considerando:

- a) indicadores básicos do município;
- b) caracterização quantitativa e qualitativa dos RCD, considerando a origem da matéria prima e a geração de resíduos;
- c) coleta e transporte de RCD em Porto Alegre;
- d) estudo da gestão de RCD.

A seguir será detalhada cada uma destas etapas.

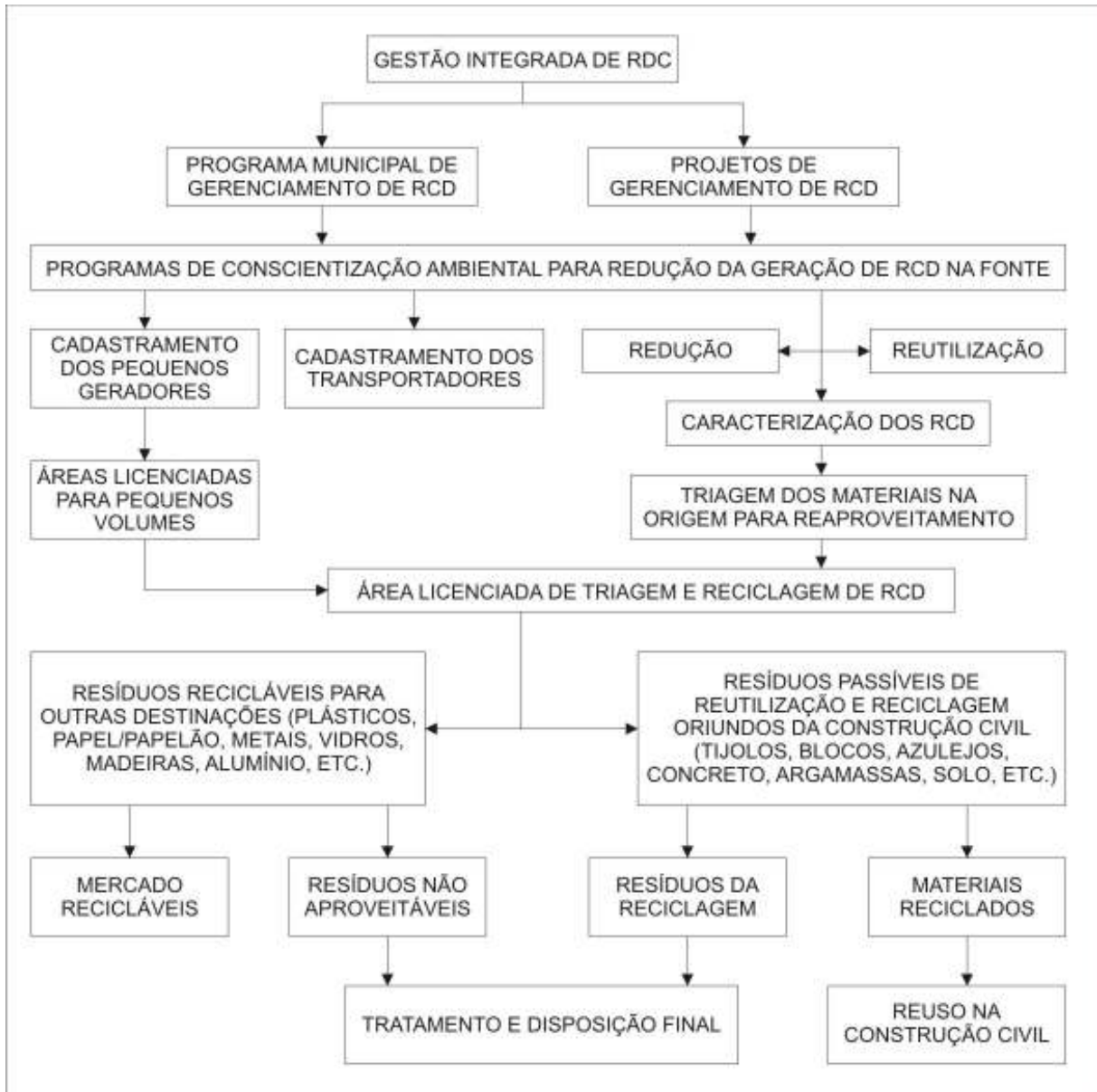


Figura 5: Fluxograma de estudo da gestão integrada dos RCD (MARQUES NETO, 2005)

4.1 Indicadores básicos de Porto Alegre

Situada na região leste do estado do Rio Grande do Sul, a capital Porto Alegre possui área de 496 km², e sua população é de 1.360.590 habitantes. A cidade está a 10 m do nível do mar e sua posição geográfica é 30° de latitude sul e 51° de longitude oeste. Está localizada na bacia hidrográfica do Jacuí, sendo banhada pelo Lago Guaíba. Quanto ao sistema de abastecimento de água e esgoto, a cidade tem 99,5% da sua população com água servida e 80% de seu esgoto lançado sem nenhum tratamento. Em relação ao lixo domiciliar, 99,3% dos domicílios

realizam a coleta, e apenas 0,6% dão outro destino aos dejetos que produzem (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2008).

Em relação à extração de jazidas de areia e brita para uso na construção civil, insumos básicos presentes em qualquer construção e em praticamente todas as etapas da obra, Porto Alegre é uma cidade muito privilegiada. Sua areia é, atualmente, toda extraída do Rio Jacuí, na extensão desde o município de Charqueadas até o município de São Jerônimo, visto a extração de areia diretamente do Lago Guaíba estar proibida. O agregado graúdo vem de pedreiras situadas, em média, a 40 km da Capital, e é composta de rochas basálticas e graníticas. A brita basáltica vem, principalmente, dos municípios de Portão e Novo Hamburgo, e a granítica da região serrana. Conforme dados obtidos através da Associação Nacional das Entidades de Produtores de Agregados para a Construção Civil (ANEPAC), estima-se que o consumo de agregados naturais no Brasil seja de aproximadamente 2 ton/hab/ano. Considerando a população de Porto Alegre, tem-se um consumo de cerca de 2.721.180 ton/ano.

4.2 Caracterização dos RCD em Porto Alegre

Em relação à caracterização quantitativa, Pinto (1986) considera a taxa de geração de RCD entre 230 a 760 kg/hab.ano e 150 kg/m² de área construída. Considerando uma média de geração de 495 kg/hab.ano, ou 0,495 ton/hab.ano, pode-se estimar a geração, para a população 1.360.590 habitantes, de 56.124 ton/mês de RCD em Porto Alegre, conforme apresentado no quadro 2 do item 3.1.2. Em relação ao percentual dos resíduos sólidos urbanos (RSU), o RCD representa de 41% a 70% do mesmo (PINTO, 1999). De acordo com o quadro 6, que apresenta a quantidade de resíduos destinados a aterros dos últimos três anos, obtida no Departamento Municipal de Limpeza Urbana de Porto Alegre, o DMLU, a capital produz, em média, 56.000 ton/mês de RSU, sendo 30% de RCD (solos e caliças⁵). Considerando apenas as caliças, resulta numa taxa de 7,8% em relação ao total de RSU, gerando em torno de 4.400 ton/mês de RCD.

⁵ Caliça: Resíduos de construção e demolição (RCD), entulhos de obra, metralha.

De acordo com levantamento apresentado em Lovato (2007), a estimativa do volume diário foi realizada através de levantamento junto ao DMLU de Porto Alegre, no qual se obteve dados da coleta anual de RCD entre os anos de 1998 a 2005, sendo apresentados no quadro 5.

Paralelamente, Lovato (2007) verificou o volume coletado pelos tele-entulhos, a partir do preenchimento de planilhas pelos motoristas dos caminhões previamente treinados. Os valores obtidos estão de acordo com a média informada pelo DMLU, de modo a validar o método empregado.

Percebe-se que os dados fornecidos pelo DMLU e validados por Lovato (2007) estão muito baixos, comparados com a expectativa teórica feita por Pinto (1986), que geraria 56.124 ton/mês, pois considerando uma média de 26 dias úteis por mês, tem-se em torno de 7.800 ton/mês. Fato que pode ser explicado pela deposição de resíduos em áreas clandestinas de bota fora ou locais inacessíveis para o recolhimento pelo órgão, e também pelo consumo destes resíduos na própria fonte geradora (obra), muitas vezes como preenchimento de vazios ou levantamento de cotas. Tomou-se a massa média de 5.500 ton/mês de caliças, que chegam em aterros, como base para a cidade de Porto Alegre.

Ano	ton/dia útil	m³/dia útil
1998	299,54	249,62
1999	203,82	169,85
2000	211,36	176,13
2001	248,37	206,98
2002	376,67	313,89
2003	390,66,	325,55
2004	303,00	252,50
2005	364,00	303,00
MÉDIA	299,68	249,69

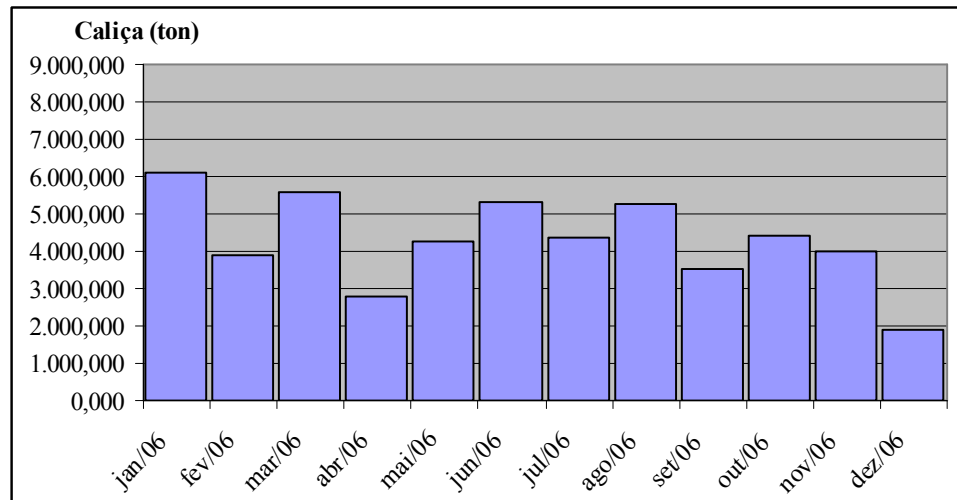
Quadro 5: Evolução anual da coleta de RCD em Porto Alegre (LOVATO, 2007)

Mês	Dias Úteis	Resíduos Construção Classe A	Total Mensal de RSU (t)	% RCD/RSU
		Caliça (t)		
jan/06	26	6.123,29	49.490,46	12,4%
fev/06	24	3.891,38	39.995,43	9,7%
mar/06	27	5.574,23	50.888,04	11,0%
abr/06	25	2.799,25	43.709,48	6,4%
mai/06	27	4.270,38	48.661,82	8,8%
jun/06	26	5.313,73	63.609,49	8,4%
jul/06	26	4.353,41	88.930,08	4,9%
ago/06	27	5.255,30	74.117,38	7,1%
set/06	26	3.527,51	71.060,68	5,0%
out/06	26	4.446,82	61.668,33	7,2%
nov/06	26	3.999,39	84.614,56	4,7%
dez/06	27	1.902,26	42.334,48	4,5%
jan/07	24	2.625,05	43.139,41	6,1%
fev/07	27	1.653,80	32.908,30	5,0%
mar/07	25	2.042,88	44.455,18	4,6%
abr/07	27	2.351,24	43.214,15	5,4%
mai/07	25	4.422,50	65.381,02	6,8%
jun/07	26	4.288,72	66.207,00	6,5%
jul/07	26	3.897,96	58.673,85	6,6%
ago/07	27	5.822,30	56.829,02	10,2%
set/07	25	5.747,52	62.910,90	9,1%
out/07	27	7.166,79	81.706,51	8,8%
nov/07	26	8.332,06	72.671,25	11,5%
dez/07	26	6.713,63	72.662,46	9,2%
jan/08	27	7.057,88	65.112,58	10,8%
fev/08	25	7.288,52	68.611,54	10,6%
mar/08	26	2.066,91	44.691,72	4,6%
abr/08	26	3.632,47	46.523,91	7,8%
mai/08	27	2.978,97	47.000,44	6,3%
jun/08	25	3.749,19	45.961,08	8,2%
jul/08	27	3.560,87	49.611,48	7,2%
ago/08	26	4.287,78	45.896,09	9,3%
set/08	26	4.041,18	46.919,09	8,6%
out/08	26	4.210,19	49.135,35	8,6%
nov/08	25	4.507,51	46.812,52	9,6%
dez/08	26	4.205,37	51.663,55	8,1%

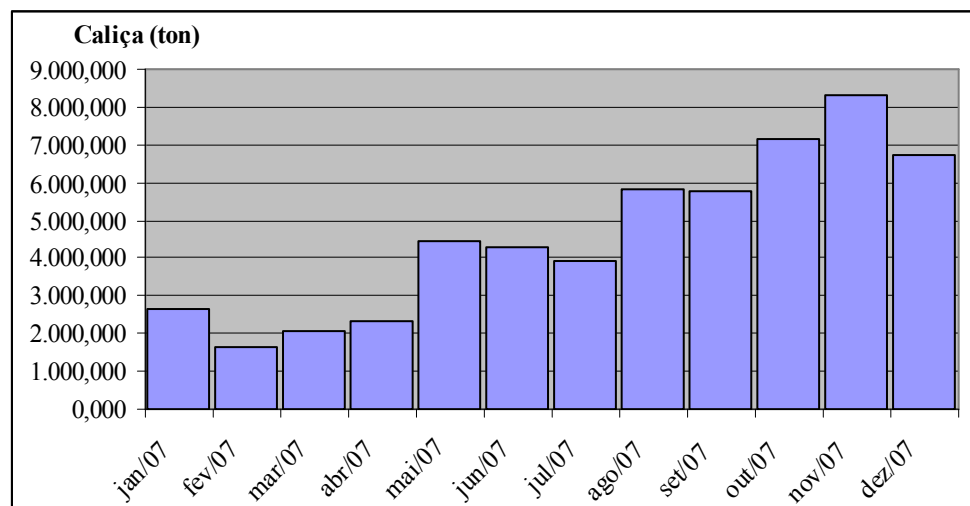
Quadro 6: Quantitativos de resíduos destinados às unidades do DMLU de Porto Alegre

Para fins de transformação massa/volume de RCD, utilizou-se a massa unitária de 0,6 ton/m³, totalizando um volume em torno de 9.200 m³/mês, ou 2.300 caçambas de tele-entulhos. Cabe ressaltar que os materiais chegam em caçambas, portanto, com vazios. Por isso utilizou-se massa unitária abaixo dos índices normalmente usados para calcular a geração de entulhos,

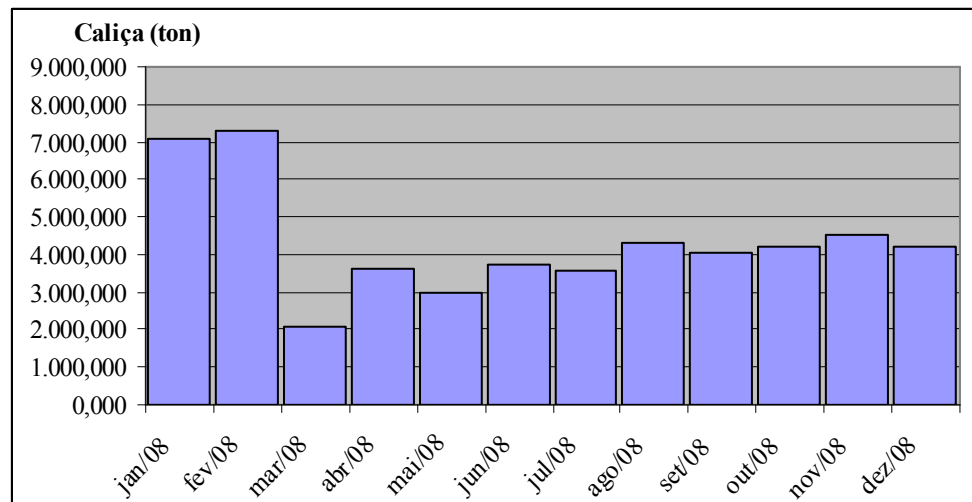
que são amostras de RCD já triturados. Portanto, com esta massa unitária, têm-se indicadores de volumes mais reais (MARQUES NETO, 2005). Baseado nos dados, apresentados no quadro 6, segue a evolução mensal de resíduos que chegam aos aterros anualmente, conforme quadros 7, 8 e 9. Podemos assim comprovar a variação temporal do volume gerado.



Quadro 7: Evolução mensal dos resíduos em 2006



Quadro 8: Evolução mensal dos resíduos em 2007



Quadro 9: Evolução mensal dos resíduos em 2008

Em relação à qualidade do RCD produzido pela indústria da construção civil porto alegreense, Leite (2001) mostra a composição do resíduo de construção e demolição, que foi recolhido de um aterro de inertes na zona sul de Porto Alegre, apresentando os materiais, conforme figura 6, mostrando uma elevada incidência de argamassa, seguida de material cerâmico e concreto. Para a autora, esta composição tem influência direta na análise do comportamento do agregado no novo concreto. Já em Lovato (2007), conforme figura 7, a amostra contém cerca de 80% de materiais mais porosos (material cerâmico e argamassa), que demandam mais água durante a execução de concretos reciclados, e 20% de materiais menos porosos (concretos e rochas).

Pode-se notar que, embora as duas amostras apresentem valores próximos na quantidade percentual de concretos (15%), argamassas (30%) e material cerâmico (30%), existem algumas diferenças na composição das mesmas. Esta diferença é devido à variação espacial e temporal dos entulhos, que muda muito de acordo com o tipo de obra e etapa na qual se encontra.

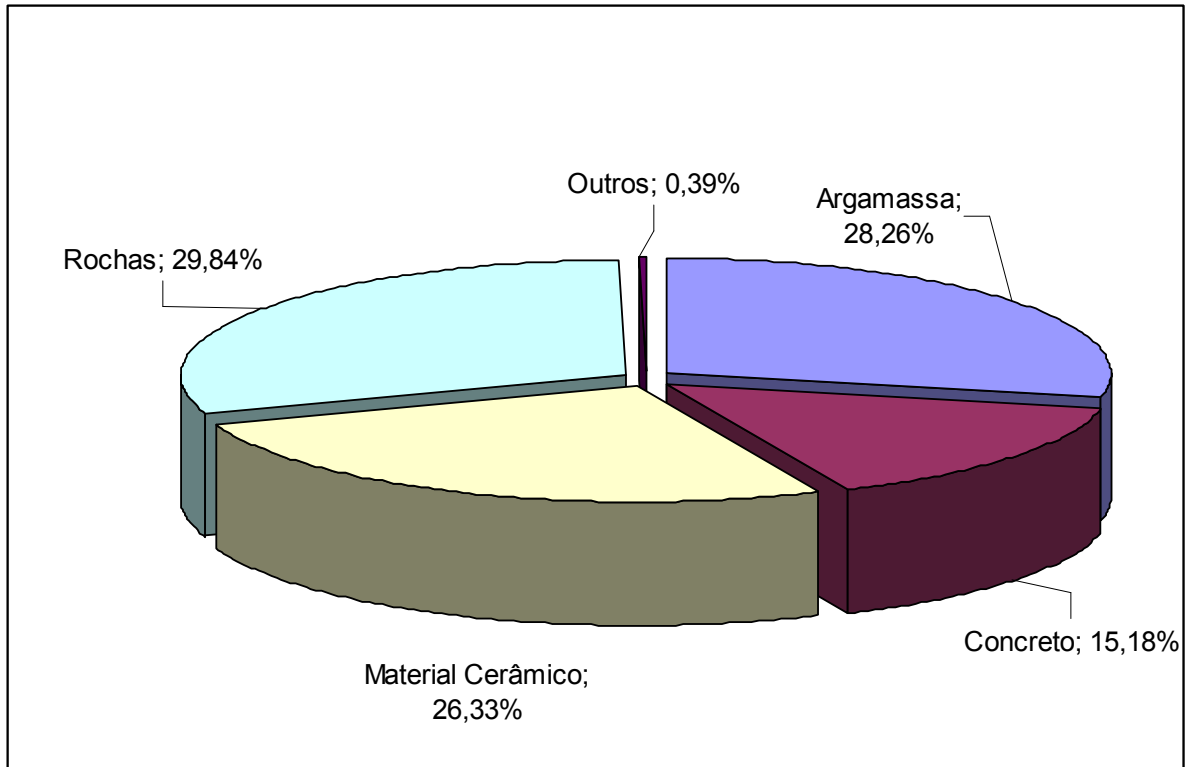


Figura 6: composição do entulho de Porto Alegre/Rio Grande do Sul
(adaptado de LEITE, 2001)

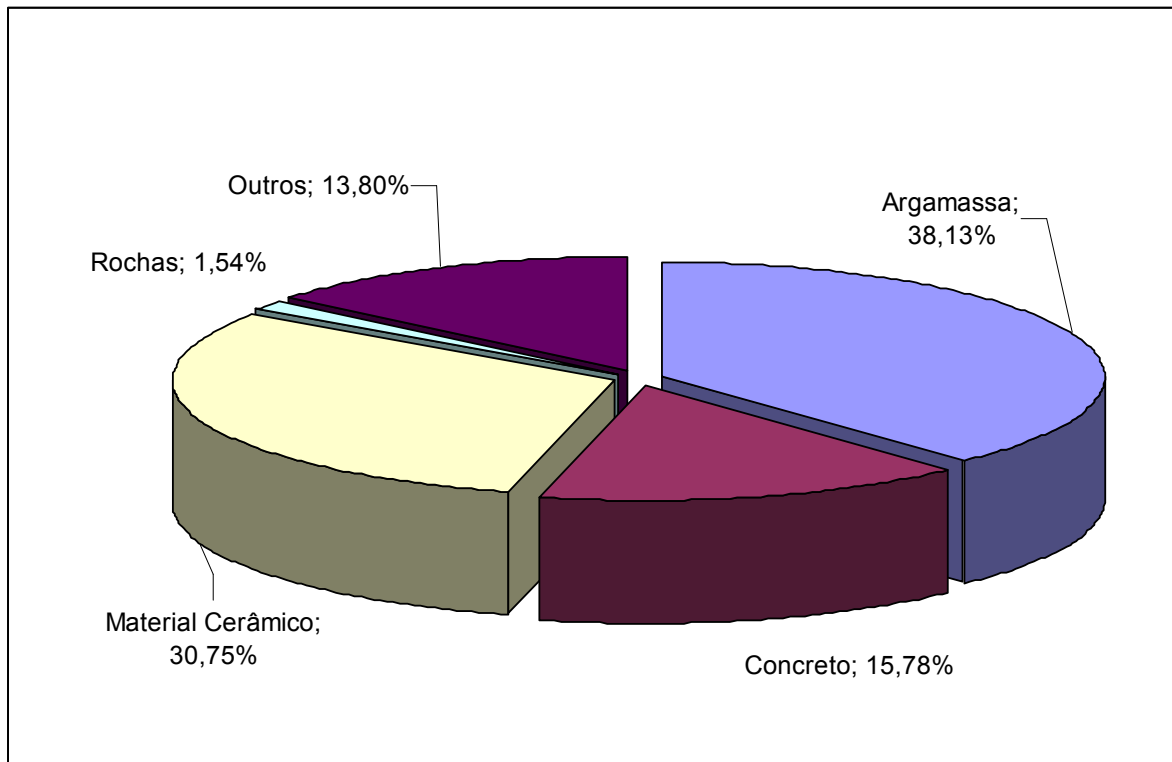


Figura 7: composição do entulho de Porto Alegre/Rio Grande do Sul
(adaptado de LOVATO, 2007)

Considerando o reaproveitamento dos resíduos oriundos de concretos, argamassas e material cerâmico (75% do RCD) chegam aos aterros, tem-se uma possível produção de 66.000 ton/ano de agregados reciclados para fins de confecção de novos concretos e argamassas. Sabendo que a substituição de 20% (m/m) de agregados naturais por reciclados, desde que livres de contaminantes e impurezas, não interfere na resistência mecânica e na durabilidade dos concretos (LEVY, 2000), tem-se a possibilidade de utilização de 544.236 ton/ano de agregados reciclados (20%) do total de 2.721.180 ton/ano de agregados naturais utilizados nas obras de Porto Alegre.

Este volume, considerando a substituição de apenas 20% dos agregados, está muito minorado, pois há trabalhos, como Lovato (2007), que comprovam a substituição de até 100% do agregado miúdo, ou então 50% agregado miúdo e 50 % agregado graúdo.

Sendo assim, a reciclagem dos RCD não interfere na comercialização de agregados naturais, visto a sua alta demanda, ficando os mesmos destinados para causas mais nobres como, por exemplo, concretos estruturais de alta resistência.

4.3 Coleta e transporte de RCD em Porto Alegre

O processo de coleta e transporte de RCD na cidade baseia-se na locação de caçambas estacionárias de empresas terceirizadas. Estas caçambas devem permanecer nas obras, de acordo com a Prefeitura, no máximo 72 horas (3 dias), o que nem sempre ocorre, e seus volumes variam de 4 a 4,5 m³. Muitos construtores consideram essa opção vantajosa, pois acreditam que assim livram-se da responsabilidade com o descarte final e degradação ambiental, com um custo relativamente baixo. Porém, a Resolução n. 307 do CONAMA desmente esta idéia, pois define o gerador como responsável pelo descarte correto de seus resíduos. Atualmente, cerca de 40 empresas⁶ atuam na atividade de coleta e transporte de entulho, cobrando na faixa de R\$ 100,00 a R\$ 150,00 por caçamba. Para as pequenas obras, como reformas residenciais, o descarte geralmente é feito por carroceiros, que acabam jogando os resíduos em áreas irregulares, como terrenos baldios ou junto aos córregos. Construtoras, geralmente, não segregam os resíduos gerados na própria obra. Alguns transportadores desrespeitam a lei e jogam o entulho em locais não-licenciados e a Prefeitura

⁶ Dados obtidos por levantamentos junto à empresas do setor.

usa o espaço dos aterros de inertes para despejar todos os tipos de resíduos oriundos de obras, sem segregação e reciclagem do mesmo.

4.4 Estudo da gestão dos RCD

Para implementar um processo de gestão de resíduos, tem-se a necessidade de criar áreas de recebimento de entulho e centrais de reciclagem. As áreas (ou unidades) de recebimento são pontos de descarte em locais estratégicos, que servem para diminuir as disposições irregulares e estimular a população local a participar do processo, facilitando o descarte de pequenos volumes e minimizando os impactos ambientais. Estas áreas poderiam ser escolhidas no estoque de áreas, possuído por todo município, constituído de **retalhos** remanescentes de loteamentos, reorganização viária ou outras intervenções, conforme mostra figura 8.



Figura 8: ecoponto sob viaduto

Das unidades de recebimento, os RCD seriam encaminhados para áreas públicas de médio porte, destinadas à recepção de maiores volumes e processados em centrais de reciclagem, sendo selecionados, descontaminados, triturados, peneirados e revendidos. A criação de uma usina de reciclagem teria um papel fundamental na gestão dos RCD, propiciando a contínua ampliação do uso dos resíduos reciclados, inclusive no próprio setor, e diminuindo a sua disposição em aterros de inertes, aumentando assim os tempos de uso dos mesmos. Estas

usinas teriam como objetivo principal a reutilização de resíduos classe A da construção, gerando produtos com valor agregado para revenda. Porém, deve-se considerar o descarte de resíduos de construção de outras classes (B, C e D). Para resíduos da classe B, tais como madeiras, papelão, papel, plásticos e metais, deverá se pensar em trabalhos juntos com cooperativas de catadores, devidamente organizados, no mesmo local de descarte central e da usina de reciclagem, conforme figura 9. Para resíduos sem tecnologia para recuperação (classe C), como o gesso, ou resíduos perigosos (classe D), como as tintas e solventes, deve-se destinar uma área exclusiva para armazenagem segura, a fim de evitar contaminação de pessoas e do meio ambiente.



Figura 9: trabalho de cooperativas junto aos aterros

O quadro 10 apresenta os serviços civis a serem executados, a área aproximada e o custo estimado para estes pontos de descarte e as centrais de reciclagem (PINTO, 1999)

Instalação	Serviços a executar	Área aproximada (m ²)	Custo Estimado (R\$)
Área componente da Rede de Atração (Local de Entrega Voluntária)	<ul style="list-style-type: none"> • Ajuste de topografia • Cercamento leve com mourões, arame liso e cerca viva • Preparação de baias flexíveis com perfis metálicos e pranchas de madeira • Preparação de desnível para instalação de caçambas metálicas • Instalação de cabine em fibra de vidro (ou similar) com sanitário incorporado • Execução de entrada (ou padrão) para energia e água • Paisagismo 	300	11.250
Central de Reciclagem	<ul style="list-style-type: none"> • Ajuste de topografia e da drenagem superficial • Cercamento com alambrado e cerca viva • Instalação de guarita elevada e portões • Instalação de reservatório elevado para água • Instalação rebaixadora de energia • Execução de edificação para escritório, vestiários, sanitários e refeitório • Preparação de desnível, muro de arrimo e rampa para instalação e operação de equipamentos • Preparação de bases de equipamentos • Instalação de cabine de comando para conjunto de reciclagem • Execução de sistema para contenção do material particulado • Paisagismo 	5.000	60.000

Quadro 10: Parâmetros para obras civis em áreas de atração e reciclagem (PINTO, 1999)

Para a escolha da área da central de reciclagem, deve ser considerado a distância dos pólos geradores, o tamanho do terreno ser compatível com a necessidade e avaliar um prévio tratamento do solo, a fim de evitar a contaminação. As áreas passíveis de licenciamento ambiental para descarte de RCD dos municípios devem ser avaliadas com mapeamentos geoespaciais (SIG), o que ajudará os gestores municipais a escolherem áreas ambientalmente corretas. Além disso, devem ser o mais distante de áreas residenciais e centrais, para não sobrecarregar o tráfego circunvizinho, prevendo-se uma infra-estrutura para receber este tipo de tráfego pesado de caminhões e máquinas, e analisando os impactos ambientais e sócio-econômicos gerados. Outros cuidados que devem ser observados são:

- a) plantação de cerca viva no entorno da usina, ajudando a conter a poeira e o ruído e melhorando a imagem do local;

- b) cobrimento do piso da usina com material reciclado, que quando compactado ajuda a diminuir o pó gerado pelo tráfego dos veículos;
- c) revestimento do britador com manta anti-acústica e dos locais de impacto com manta de borracha para reduzir a emissão de ruído;
- d) redução das alturas de descarga dos materiais nos pontos de transferência;
- e) instalação de aspersores de água nos pontos de entrada e saída de materiais para reduzir a emissão de pó.

Após a implantação dessas áreas, tem-se a necessidade de fazer o cadastramento das empresas prestadoras de locação de caçambas, por meio de trabalho de campo e consulta às juntas comerciais da Prefeitura, levantando a capacidade operativa das mesmas (número e volume das caçambas, quantidade de funcionários, tipos de equipamentos para o transporte, etc.).

Porto Alegre possui, ainda em fase de estudos e definições, o Plano Diretor de Resíduos Sólidos, que se trata de um instrumento legal normativo, que contempla o diagnóstico de todos os aspectos relacionados a resíduos sólidos, instruindo e prognosticando as ações e estratégias futuras na área do gerenciamento de resíduos sólidos. Este Plano visa dotar a cidade de um instrumento de planejamento das ações com a limpeza em curto, médio e longo prazo. Um dos projetos deste Plano é a criação de Ecoparques, que, ainda em processo de desenvolvimento, é um projeto de estudos para a prospecção de novas formas de tratamento e valorização dos resíduos sólidos, maximizando a reciclagem e o aproveitamento mássico e energético das diversas frações do resíduo sólido urbano gerado no município de Porto Alegre. Outro projeto é a criação de Ecopontos, que seriam locais para recebimento, triagem e armazenamento temporário de pequenos volumes de RCD, para posterior transporte para destinação final. Estes postos seriam uma alternativa para que pequenos geradores possam realizar a entrega do resíduo que, pelas suas características, não são recolhidos pela coleta domiciliar regular. Os imóveis (terrenos) que a Prefeitura está buscando deverão ter, no mínimo, as seguintes características:

- a) área mínima superficial de 450 m²;
- b) dimensões lineares mínimas de 12 metros;
- c) não possuir significativa parcela de área com vegetação nativa;
- d) ter acesso direto por via pública;
- e) estar próximo de concentrações populares;
- f) possuir níveis condizentes para manobras de veículos.

A Prefeitura, através do DMLU, está cadastrando proprietários de terrenos que tenham interesse em cedê-los, mediante contrato de comodato, durante 10 anos, para instalação destes Ecopontos, os quais ficarão isentos de pagamento de IPTU e Taxa de Lixo, além da manutenção do mesmo, que fica por conta do Departamento. A Prefeitura estima a instalação de 16 unidades nos próximos anos. Porém, é preciso que se ofereçam maiores vantagens financeiras para os proprietários dos terrenos, como a locação dos mesmos. Do contrário, jamais este projeto sairá do papel. Tendo em vista isto, a Prefeitura começou a instalação destes Ecopontos em terrenos próprios. O primeiro, situado na Vila Cruzeiro, está em fase de acabamento e será entregue ainda no ano de 2009. O mesmo recolherá, além de RCD, pneus velhos, óleo de cozinha usado, móveis, etc. Também já está em fase de licenciamento o segundo ponto.

Considerando a instalação destes 16 pontos de triagem (Ecopontos) e uma usina de reciclagem de médio porte (30 t/h), pode-se fazer uma estimativa de valores, tomando como base os custos necessários apresentados anteriormente nos quadros 4 e 10. Os valores para implementação de um sistema de gestão de RCD em Porto Alegre ficaria conforme quadro 11, já atualizados pelo INCC/FGV (Índice Nacional da Construção Civil, da Fundação Getúlio Vargas), e pela cotação do dólar, respectivamente.

Ecopontos	
Quantidade necessária de Ecopontos	16
Obras civis por Ecoponto (já corrigido pelo INCC)	R\$ 25.300,00
Valor estimado Ecopontos	R\$ 404.800,00
Central de reciclagem	
Obras civis no terreno (já corrigido pelo INCC)	R\$ 135.000,00
Equipamentos da Central de reciclagem (já corrigido pelo dólar)	R\$ 2.115.000,00
Valor estimado Central de reciclagem	R\$ 2.250.000,00
Valor total estimado	R\$ 2.654.800,00

Quadro 11: Valores estimados para implementação de Ecopontos e Central de reciclagem.

Porto Alegre possui, atualmente, três locais para despejos da construção civil, sendo dois operados pela Prefeitura, através do DMLU, e outro operado por empresa privada. Em relação às unidades gerenciadas pelo DMLU, apresentou-se no quadro 12 um quantitativo dos resíduos classe A destinados as mesmas, em 2008, apontando que 39,4% dos resíduos são caliças (cerâmicas, argamassas e concretos) e 60,6% solos. O aterro de inertes Central Serraria II, situado no bairro Serraria, na zona sul da cidade, destina-se a aterro de entulhos e beneficiamento de resíduos arbóreos. Já o aterro de inertes da zona norte da cidade, situado em frente ao aeroporto, recebe somente entulhos, e tem sua operação restrita em alguns períodos durante o ano, de acordo com o proprietário do terreno (Máquinas Condor). O terceiro aterro, que foi licenciado em 2008, é o primeiro aterro de inertes de propriedade privada em Porto Alegre. A área de 346.900 metros fica na Avenida Assis Brasil, nº 10.690, e é administrada pela empresa Ábaco Engenharia. Atualmente, a empresa seleciona a qualidade do resíduo que chega, cobrando taxa de R\$ 20,00/caçamba não selecionada, para fins de levantamento de cota do terreno, para uma possível montagem de central de reciclagem de RCD, pois a mesma possui licença para isso. Entre as condicionantes estabelecidas pela SMAM (Secretaria Municipal do Meio Ambiente), consta a manutenção das áreas de preservação permanente referentes aos cursos d'água, com faixa mínima de 30 metros sem aterramento e implantação de cortina vegetal, conforme projeto aprovado na secretaria.

	Caliças (t)	Solos (t)	Total (t)	% Caliças	% Solos
jan/08	7.057,88	18.298,92	25.356,80	27,8%	72,2%
fev/08	7.288,52	25.111,97	32.400,49	22,5%	77,5%
mar/08	2.066,91	3.183,50	5.250,41	39,4%	60,6%
abr/08	3.632,47	3.640,08	7.272,55	49,9%	50,1%
mai/08	2.978,97	3.445,10	6.424,07	46,4%	53,6%
jun/08	3.748,19	4.192,84	7.941,03	47,2%	52,8%
jul/08	3.560,87	4.249,51	7.810,38	45,6%	54,4%
ago/08	4.287,78	3.350,91	7.638,69	56,1%	43,9%
set/08	4.041,18	3.523,02	7.564,20	53,4%	46,6%
out/08	4.210,19	3.620,35	7.830,54	53,8%	46,2%
nov/08	4.507,51	3.561,52	8.069,03	55,9%	44,1%
dez/08	4.205,37	3.098,96	7.304,33	57,6%	42,4%
TOTAIS	51.585,84	79.276,68	130.862,52	39,4%	60,6%

Quadro 12: Proporção de caliças nas unidades do DMLU de Porto Alegre em 2008

Após análise do exposto, pode-se constatar que existem diversos fatores que servem de gargalo para a implementação de um sistema racional e eficaz de gestão de resíduos em Porto

Alegre. Estes devem ser implementados em uma ordem cronológica, conforme sugerido abaixo:

- a) cumprimento da lei que cria o PIGRCC (Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil) de Porto Alegre, conforme artigo constante na Resolução n. 307 do CONAMA, que teve sua aprovação na Câmara de Vereadores da cidade no dia 09 de dezembro de 2009;
- b) seleção e aprovação de locais, por parte da Prefeitura, para implementação de áreas de recebimentos parciais de entulhos (Ecopontos), e uma área para transbordo dos mesmos, integrado a uma central de reciclagem. Estas áreas devem ser analisadas conforme já mencionado anteriormente;
- c) mudança conceitual/cultural dos empresários e proprietários de construtoras, sobre o modo de destinação dos resíduos gerados em suas obras, buscando, inicialmente, a diminuição do volume gerado, e posteriormente a segregação dos resíduos, conforme as classes pertencentes, em locais pré-definidos no *layout* do canteiro de obras. Deve-se destinar uma área para segregação e estocagem temporária dos resíduos no canteiro antes da chegada da caçamba, evitando, assim, a possibilidade de transportes com meia carga. Outra possibilidade seria as empresas coletoras de entulho fornecerem caçambas com menores volumes ou com repartições. Outro item a ser considerado é a sensibilização da mão de obra, que deve envolver todos os níveis hierárquicos da empresa, e deve ser feita em cada obra com a participação de todos, desde a alta administração até os operários como pedreiros e serventes;
- d) concessão de benefícios fiscais, através de descontos em impostos municipais, para empresas que optarem pelo uso de agregados ou peças feitas com resíduos reciclados. Medidas como o estabelecimento de políticas que favoreçam a pesquisa e a produção de produtos mais duráveis, o uso de energia renovável, o incentivo à capacitação da mão de obra e a prática da reciclagem e o reaproveitamento dos materiais, são apenas algumas destas medidas;
- e) a educação do povo, modificando a cultura de reciclagem, promovendo o desenvolvimento de uma consciência conservacionista, através da inclusão da educação ambiental como matéria multidisciplinar em todos os níveis da educação formal e estimular sua inclusão nos cursos de gerenciamento comercial e de engenharia. Devem disseminar a informação sobre os danos causados ao meio ambiente pela disposição inadequada dos rejeitos e estimular o controle social sobre os resultados obtidos com uma nova visão para as práticas utilizadas na indústria da construção;
- f) fiscalização e autuação de possíveis infratores.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando que, atualmente, há grande preocupação global com o desenvolvimento sustentável, em vista do impacto ambiental gerado pelas atividades humanas, a modificação de toda a cadeia produtiva da construção civil é uma medida que se impõe. Uma das pontas desta cadeia é a destinação de seus resíduos, que quando reciclados e reutilizados, são, conforme demonstrado neste estudo, uma boa alternativa.

A heterogeneidade dos resíduos gerados nas obras é um fator agravante para sua reciclagem, pois, conforme visto, existem diversos contaminantes no mesmo. Por isso, torna-se necessário a segregação dos resíduos em sua fonte geradora, ou seja, nos próprios canteiros de obras.

Com a segregação feita, pode-se dar o destino correto a todos os resíduos gerados em obra, desde papéis, papelão e plásticos (classe B), que devem seguir para a reciclagem dentro de suas cadeias, até tintas e solventes (classe D), que devem ser armazenados em local que não contamine o solo.

Os RCD classe A mostram-se uma ótima alternativa para produção de agregados reciclados, pois concretos e argamassas produzidos com os mesmos tiveram desempenhos satisfatórios em pesquisas realizada, em relação às características de resistência à compressão, durabilidade e trabalhabilidade.

Quanto a viabilidade econômica, aferiu-se que há redução do valor do material reciclado, na diminuição de despesas administrativas com remoções irregulares de entulhos, e até mesmo no desenvolvimento de associações de recicladores destes resíduos. Quanto à preocupação sócio-ambiental, observou-se que há redução na extração de jazidas naturais, no desmatamento, no consumo de energia elétrica e no sobre carregamento de aterros.

Provou-se também que o volume de materiais passíveis de serem transformados em agregados reciclados (areia e brita) não afeta o consumo dos agregados naturais, visto a alta demanda dos mesmos. A oferta de 66.000 ton/ano de resíduos, que poderiam ser transformados em agregados reciclados, é extremamente baixa quando comparada com a demanda de 544.236 ton/ano, considerando uma substituição de 20% dos agregados naturais. Sendo assim, o

resíduo gerado seria absorvido por completo na própria indústria da construção. Portanto, a implementação de um sistema de gestão de resíduos não significaria “prejuízo” para a indústria de insumos naturais da construção civil. Ademais, a iniciativa beneficiaria toda a coletividade.

A instalação de 16 Ecopontos e de uma área central de recebimento, junto com uma usina recicladora de médio porte, atendem a população atual da cidade e têm um custo estimado de R\$ 2.654.800,00.

As mudanças necessárias para implementação de um sistema racional e eficaz de gestão de resíduos em Porto Alegre requerem iniciativa do Poder Executivo Municipal, com a criação e divulgação do PIGRCC, a seleção e aprovação das áreas para recebimento, triagem e reciclagem dos resíduos. Cumpridas estas etapas, pode-se exigir do setor privado (construtoras e transportadores) o envio dos RCD já segregados. Para isso, faz-se necessário uma vasta mudança cultural no mercado, divulgando e estimulando o uso de sub-produtos e/ou produtos reciclados na construção.

O município de Porto Alegre não está estruturado para o gerenciamento de volume tão expressivo de resíduos. Porém, não é possível mais postergar solução para os problemas acarretados por eles, continuando a agir de forma coadjuvante e corretiva.

Portanto, deve o Poder Público adotar medidas tendentes à diminuição dos resíduos da construção e à responsabilização efetiva dos geradores, dando início, assim, ao processo de mudança e estruturação de um novo modelo de gestão, explorando a potencialidade da reciclagem enquanto atividade econômica.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10.004**: resíduos da construção civil sólidos - diretrizes para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE ENTIDADES DE PRODUTORES DE AGREGADOS PARA A CONSTRUÇÃO CIVIL. Disponível em <http://www.anepac.org.br/10/perguntas_respostas.htm>. Acesso em: 15 nov. 2009.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução n. 307, de 5 de julho de 2002. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. Disponível em <<http://www.sinduscon-caxias.com.br/html/legfed-resolucao307.pdf>>. Acesso em: 22 mar. 2009.

CABRAL, A. E. B., **Modelagem de propriedades mecânicas e de durabilidade de concretos produzidos com agregados reciclados, considerando a variabilidade da composição do RCD**. 2007. 255 f. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental). Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos.

CAPELLO, G. Entulho vira matéria prima: agregados reciclados chegam aos canteiros das construtoras, adquiridos de empresas especializadas ou gerados na própria obra. **Téchne**, São Paulo: Pini, ano 14, n. 112, p. 32-35, jul. 2006.

CARNEIRO, A. P. **Características do entulho e do agregado reciclado**. Salvador, 2001: EDUFBA, Caixa Econômica Federal. Projeto entulho bom, p. 144-187.

CARNEIRO, A. P. **Características do entulho e do agregado reciclado**. Salvador, 2001: EDUFBA, Caixa Econômica Federal. Projeto entulho bom, p. 144-187.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2008. Disponível em <<http://www.ibge.gov.br/home/>>. Acesso em: 10 nov. 2009.

JADOVSKI, I. **Diretrizes técnicas e econômicas para usinas de reciclagem de resíduos de construção e demolição**. 2005. 178 f. Trabalho de conclusão (Mestrado em Engenharia) – Curso de Mestrado Profissionalizante em Engenharia da Escola de Engenharia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

JOHN, V.M. Pesquisa e desenvolvimento de mercado para resíduos. In: 1996, São SEMINÁRIO SOBRE RECICLAGEM E REUTILIZAÇÃO COMO MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO, 1996, São Paulo. **Anais...** São Paulo: PCC – USP, Departamento de Engenharia de Construção Civil, 1996, p. 21-30.

_____.; AGOPYAN, V. Reciclagem de resíduos da construção. In: SEMINÁRIO DE RESÍDUOS SÓLIDOS, 1., 2000. São Paulo. **Anais...** São Paulo: CETESB, 2000.

_____. Metodologia para desenvolvimento de reciclagem de resíduos. In: ROCHA, J. C.; JOHN, V. M. (Ed.) **Utilização de Resíduos na Construção Habitacional**. Porto Alegre: ANTAC, 2003. Coletânea Habitare.

KARPINSKI, L. A.; PANDOLFO, A.; REINEHR, R.; GUIMARÃES, J.; PANDOLFO, L.; KUREK, J.; ROJAS, J. W. J. Gestão de resíduos da construção civil: uma abordagem prática no município de Passo Fundo-RS. **Estudos Tecnológicos**, Passo Fundo, v. 4, n. 2, p. 69-87, ago. 2008.

LEITE, M. B. **Avaliação de propriedades mecânicas de concretos produzidos com agregados reciclados de resíduos de construção e demolição**. 2001. 217 f. Tese (Doutorado em Engenharia) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

LEVY, S. M. **Contribuição ao estudo da durabilidade de concretos produzidos com resíduos de concreto e alvenaria**. 2002. 194 f. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica. Universidade de São Paulo, São Paulo.

LOVATO, P. **Verificação dos parâmetros de controle de agregados reciclados de resíduos de construção e demolição para utilização em concreto**. 2007. 180 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

MARQUES NETO, J. C. **Gestão dos resíduos de construção e demolição no Brasil**. São Carlos: RiMa, 2005.

PINTO, T. P. **Utilização de resíduos de construção. Estudo do uso em argamassas**. 1986. 140 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Departamento de Arquitetura e Planejamento da Universidade de São Carlos. Universidade de São Paulo Universidade de São Paulo, São Carlos.

_____. **Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana**. 1999. 189 f. Tese (Doutorado em Engenharia) – Departamento de Engenharia de Construção Civil. Universidade de São Paulo, São Paulo.

SCHENINI, P. C.; BAGNATI, A. M. Z.; CARDOSO, A. C. F. Gestão de resíduos da construção civil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CADASTRO TÉCNICO MULTIFINALITÁRIO, nº da edição? 2004, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: UFSC, 2004.

VIEIRA, G. L. **Estudo do processo de corrosão sob ação de íons cloreto em concretos obtidos a partir de agregados reciclados de resíduos de construção e demolição**. 2003. 150 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

ZORDAN, S. E. **A utilização do entulho como agregado, na confecção do concreto**. 1997. 140 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Faculdade de Engenharia Civil. Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

ANEXO A – Resolução n. 307/2002 do CONAMA

Resolução n. 307, 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 à 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 infraestrutura, 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 d'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 reinserção 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 seja possível, 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

Publicada DOU 17/07/2002