

Quantificação e classificação dos resíduos da construção e demolição coletados no município de Passo Fundo, RS

Quantification and classification of construction and demolition waste collected in Passo Fundo, RS

Alexandre Bernardes
Antonio Thomé
Pedro Domingos Marques Prietto
Ágida Gomes de Abreu

Resumo

Em razão da grande produção brasileira de resíduos da construção e demolição (RCD), torna-se fundamental obter informações sobre as fontes de geração, composição e classificação desses resíduos, especialmente para fins de gestão, reaproveitamento e reciclagem. O objetivo do presente trabalho consiste em determinar as quantidades e as características dos RCD coletados no município de Passo Fundo, RS. Foram coletados dados em empresas prestadoras de serviço de recolhimento de RCD durante um período de quatro meses, sendo os resíduos gerados identificados, quantificados e classificados. As 18 cargas analisadas foram inicialmente classificadas quanto à origem da geração em cinco tipos: limpeza de terrenos; terra bruta de escavações; reformas e demolições; obras residenciais; e prédios em construção. Após a quantificação dos volumes totais coletados, foram analisadas, mediante amostragem, cargas de RCD provenientes das empresas coletoras, as quais foram classificadas por meio de separação manual e pesagem dos diferentes tipos de resíduos encontrados. Concluiu-se que os resíduos de construção e demolição gerados no período da pesquisa são provenientes, na sua maioria, de reformas e obras residenciais, e que praticamente todo o material analisado possui potencial para reciclagem e reutilização.

Palavras-chave: Classificação de resíduos. Quantificação de resíduos. Geração de resíduos. Resíduos da construção e de demolição.

Abstract

Considering the large amount of construction and demolition waste produced in Brazil, it is essential to obtain accurate information on sources of generation, composition, and classification of waste materials, especially for management, reutilization, and recycling purposes. The aim of this paper is to determine the amount and the characteristics of construction and demolition waste in the town of Passo Fundo, RS. Data was collected from four local waste collection companies, during a 4-month period, making possible to identify, quantify and classify the waste produced. In order to investigate the sources of waste generation, 18 truck loads were initially analysed and grouped into five different classes: mixed materials from land cleaning; mixed soils from excavation works; renewal and demolition; house construction; and multi-floor building construction. After quantifying the total volume collected, the composition of a sample of waste loads were analyzed, using manual separation and weighing different types of residues. The results indicated that most construction and demolition waste generated in Passo Fundo comes from renewal, demolition, and construction of houses, and that there is a very large potential for reusing and recycling it.

Keywords: Waste classification. Waste quantification. Waste generation. Construction and demolition waste.

Alexandre Bernardes
Engenheiro Civil e de Segurança
do Trabalho
Av. General Neto, 386 Centro
Passo Fundo -RS - Brasil
CEP 99010140
Tel. (54) 3045-2323
E-mail:
abernardes@razaoinfo.com.br

Antonio Thomé
Programa de Pós-Graduação em
Engenharia
Universidade de Passo Fundo
Campus I, BR-285, Km 171
Passo Fundo -RS - Brasil
CEP 99001-970
Tel./Fax: (54) 3316-8203
E-mail: thome@upf.br

Pedro Domingos Marques
Prietto
Programa de Pós-Graduação em
Engenharia
Universidade de Passo Fundo
E-mail: pdmp@upf.br

Ágida Gomes de Abreu
Programa de Pós-Graduação em
Engenharia
Universidade de Passo Fundo
E-mail: aguida@upf.br

Recebido em 04/09/07
Aceito em 03/09/08

Introdução

Os resíduos de construção e demolição (RCD) são um problema que deve ser considerado na conjuntura da sociedade, em razão das inúmeras conseqüências que acarretam na saúde humana e no meio ambiente em pequenas, médias e grandes cidades. Nesse cenário, podem ser destacados os desperdícios de materiais em obras de construção, a falta de processos de reaproveitamento e reciclagem de materiais, a obstrução de córregos e sistemas de esgotamento de águas, os impactos estéticos, os descartes clandestinos em áreas de preservação ambiental, os aterros e reaterros de áreas de forma descontrolada e o comércio clandestino, sem o devido licenciamento para armazenamento de resíduos.

Somente nas últimas décadas, no entanto, a questão da geração de resíduos sólidos urbanos (RSU) e, conseqüentemente, dos RCD vem sendo vista como parte importante do saneamento dos ambientes urbanos, uma vez que tem influência direta na qualidade de vida das populações. A partir da década de 90, os RCD começaram a ser objeto de pesquisa científica e desenvolvimento tecnológico em diferentes áreas da engenharia, resultando na publicação de trabalhos referenciais sobre o tema (e.g. JOHN, 2000; LEVY, 1997; PINTO, 1999; ZORDAN, 1997). Todo esse esforço resultou, em 2002, na Resolução nº 307 do CONAMA (BRASIL, 2002), a qual normalizou as principais questões relacionadas aos RCD e definiu como tais todos os resíduos provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção, bem como os resultantes da preparação e da escavação de terrenos.

Os estudos já realizados, de forma geral, mostraram que o primeiro passo para o gerenciamento eficaz dos RCD é a realização, em âmbito municipal, de um amplo diagnóstico sobre a sua geração, identificando o volume total gerado e as suas principais características e propriedades. A estimativa da quantidade gerada ao longo do tempo, considerando eventual sazonalidade, é de extrema importância na determinação da estrutura necessária para gerir o processo e realizar a reutilização e/ou a reciclagem dos resíduos. Para indicar a escala de produção de reciclagem necessária, o que freqüentemente limita as tecnologias empregadas, deve-se estimar a tendência futura de geração de resíduo, já que o processo de reciclagem deve ser pensado no longo prazo. As características e as propriedades dos resíduos, tais como a sua composição e as proporções dos seus elementos constituintes, devem ser obtidas mediante métodos apropriados, pois tais informações fornecem os subsídios

indispensáveis à seleção das possíveis aplicações dos resíduos (e.g. ÂNGULO *et al.*, 2002; JOHN *et al.*, 2003; LUCENA 2005).

Quanto à composição média dos RCD em outros países, os dados disponíveis demonstram que a realidade encontrada varia bastante. No caso de Toronto, por exemplo, segundo Swana (1993 apud PINTO, 1999), cerca de 35% dos resíduos de construção e/ou demolição gerados são de madeira, o que pode ser explicado pela tradição construtiva da região. Já na Bélgica, resíduos de concreto e alvenaria juntos são responsáveis por aproximadamente 83% do total gerado, sendo a madeira responsável apenas por 2%. No que se refere à participação das diferentes origens, pode-se afirmar que tais índices são extremamente variáveis, uma vez que têm relação direta com a intensidade de construção e de demolição da região.

No Brasil, Lucena (2005) constatou que os resíduos de construção civil são compostos, principalmente, de tijolos, areias e argamassas (em torno de 80%). Numa menor proporção foram encontrados ainda restos de concreto (9%), pedras (6%), cerâmica (3%), gesso (2%) e madeira (1%). Ainda os resíduos de tijolo, argamassa e areia são os mais gerados, independentemente do tipo de obra considerada, uma vez que as suas porcentagens não variam significativamente entre um tipo e outro.

O objetivo do presente trabalho, portanto, foi determinar as quantidades e as características dos RCD coletados no município de Passo Fundo, RS. Foram realizados levantamentos quantitativos dos resíduos coletados, bem como a identificação dos tipos e a classificação de acordo com a Resolução nº 307 do CONAMA (BRASIL, 2002).

Metodologia

Programa da pesquisa

O estudo foi realizado no município de Passo Fundo, o qual está localizado na região norte do estado do Rio Grande do Sul, com uma população de aproximadamente 200 mil habitantes. O trabalho foi dividido em duas etapas: na primeira etapa, buscaram-se informações sobre a geração e os tipos de resíduos coletados no município; na segunda etapa, foi realizada a classificação dos RCD. A Figura 1 apresenta um fluxograma do programa da pesquisa. A descrição de cada etapa está apresentada a seguir.

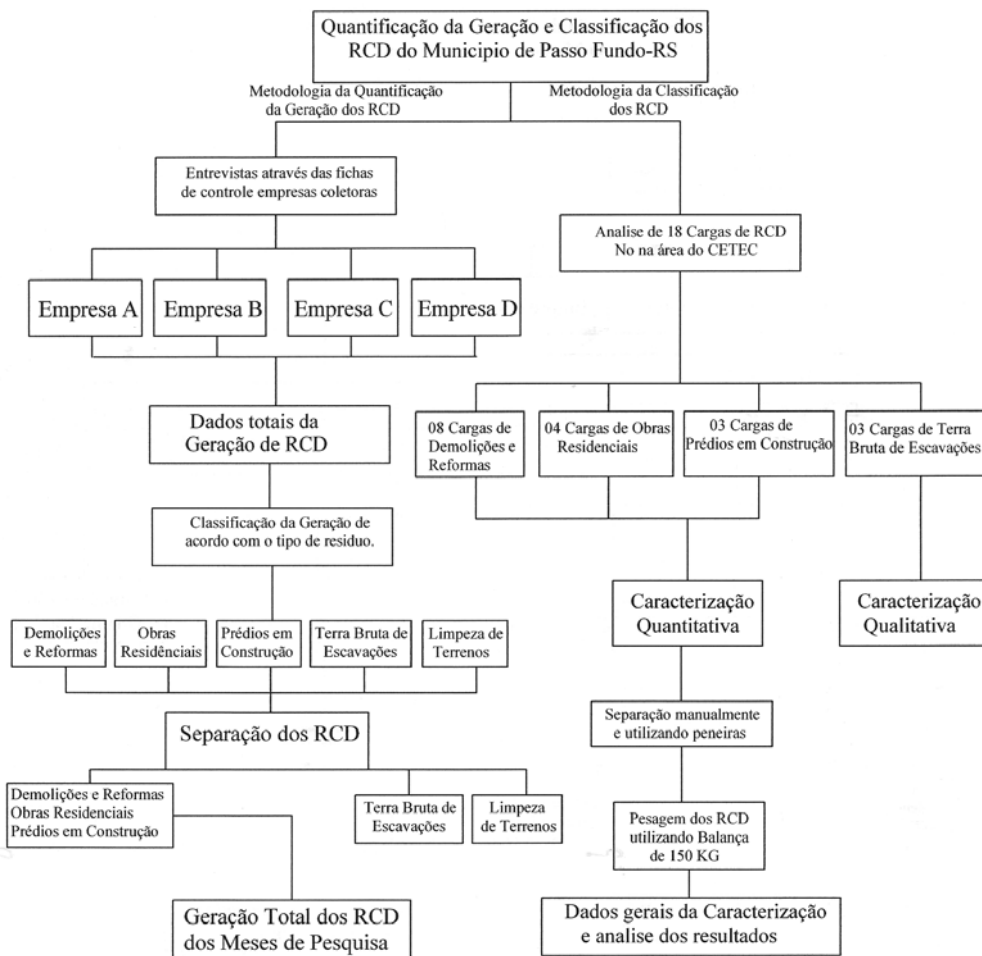


Figura 1 - Fluxograma do Programa da Pesquisa

Escopo do Trabalho

Embora o tema venha sendo alvo de discussões no âmbito da administração municipal e objeto de propostas no meio acadêmico (e.g. KARPINSKI, 2007), o plano municipal de gerenciamento dos resíduos de construção civil, exigência estabelecida pela Resolução nº 307 do CONAMA (BRASIL, 2002), ainda não foi implantado no município de Passo Fundo. À época da realização da pesquisa, existiam quatro empresas licenciadas para a realização do serviço de coleta e uma única área regularizada para a disposição final dos RCD. Essa área está situada em uma antiga pedreira e foi designada para essa finalidade a partir de um acordo firmado entre a Prefeitura Municipal e o Ministério Público. Em trabalho recente, no entanto, Karpinski (2007) identificou no município a existência de outros dez locais de disposição, todos irregulares.

Deve-se salientar que o escopo do presente trabalho abrange somente o volume de resíduos

que é coletado pelas empresas licenciadas, não incluindo, portanto, o excedente encaminhado aos pontos irregulares de disposição.

Quantificação da coleta de RCD em Passo Fundo

Com a finalidade de realizar um diagnóstico da origem e da quantidade de cargas coletadas de RCD, foram realizados levantamentos de dados nas quatro empresas referidas anteriormente, licenciadas no município para o trabalho de coleta. As quatro empresas foram identificadas nesta pesquisa como Empresa A, Empresa B, Empresa C e Empresa D. Para a coleta de dados, optou-se por um tipo de observação direta intensiva. Foi elaborada uma ficha de controle definida a partir de entrevistas com os motoristas dos caminhões que realizam a coleta diária e com a colaboração dos proprietários das empresas. Foi definido que constariam nas fichas, além das informações referentes à localização do ponto de coleta dos resíduos, dados sobre a origem dos RCD, classificados em: limpeza de terrenos, demolições

e reformas, terra bruta de escavações, obras residenciais (construções horizontais) e prédios em construção (construções verticais). O modelo da ficha é apresentado na Figura 2. As fichas foram distribuídas de segunda a sábado, nos meses de julho, setembro e outubro de 2005. Todos os caminhões recebiam as fichas. No total foram utilizados seis caminhões na coleta de RCD.

As Empresas A e B possuíam dois caminhões cada, e as Empresas C e D, um caminhão cada. O preenchimento das fichas era realizado pelo motorista para cada carga coletada. Todas as empresas utilizaram caçambas estacionárias com capacidade máxima de 5 m³. Caso a caçamba não estivesse completamente cheia, os motoristas dos caminhões faziam uma observação na ficha, indicando essa condição. No entanto, como os casos registrados foram em número muito pequeno, os dados referentes às caçambas que não estavam completamente cheias foram simplesmente ignorados na quantificação dos resultados.

Os levantamentos foram realizados separadamente para cada um dos três meses de coleta de dados. A partir da média obtida nesse período, foi realizada a estimativa da quantidade total de RCD para um ano de coleta no município de Passo Fundo, RS.

Classificação e quantificação dos RCD em Passo Fundo

Na segunda etapa da pesquisa, 18 cargas de RCD foram estudadas de forma quantitativa, compreendendo a segregação do RCD, a pesagem e a posterior classificação, conforme a Resolução nº 307 do CONAMA (BRASIL, 2002). As cargas foram escolhidas de acordo com a representatividade de cada uma das empresas coletoras de resíduos. De acordo com os dados

levantados na primeira etapa, a Empresa A contribuiu com nove cargas; a Empresa B, com quatro cargas; a Empresa C, com quatro cargas; e a Empresa D, com uma carga. Na seqüência, definiram-se quantas cargas de cada origem deveriam ser analisadas. Com base na representatividade de cada segmento que contribuiu para a geração de RCD, foi definido que oito cargas seriam provenientes de demolições e reformas, quatro cargas de obras residenciais, três cargas de prédios em construção e três cargas de terra bruta de escavações. As empresas entregavam os RCD de forma aleatória, conforme solicitação dos pesquisadores. Era verificado o endereço de origem, a fim de evitar analisar RCD da mesma fonte. Essa etapa durou aproximadamente 3 meses, sendo avaliadas seis cargas por mês.

As caçambas com RCD eram descarregadas integralmente no pátio do Centro Tecnológico da Universidade de Passo Fundo (CETEC-UPF) e manualmente os resíduos eram separados e identificados (Figura 2) através de métodos de segregação, da seguinte forma: argamassa, concreto, armaduras e metais, cerâmica (azulejos, ladrilhos, entre outros), pedras, aço, tijolo, gesso, madeira, papéis, plásticos, orgânicos, resíduos perigosos, materiais retidos e finos (argamassa e tijolos). Os materiais retidos e os finos de argamassa e tijolos foram obtidos mediante o peneiramento em peneira com abertura 4,2 mm (Peneira número 4 da ASTM).

Depois de realizada a identificação dos tipos de resíduos, esses foram quantificados (em massa) utilizando-se uma balança com capacidade máxima 150 kg. Finalmente, os RCD foram classificados de acordo com a Resolução nº 307 do CONAMA (BRASIL, 2002) em suas Classes A, B, C e D.

FICHA DE RECOLHIMENTO DE ENTULHOS	
EMPRESA:	Data:
Endereço:	
IDENTIFICAÇÃO DO LOCAL:	
1- Limpeza de terreno	
2- Demolições e reformas	
3- Terra bruta de escavações	
4- Obras residenciais	
5- Prédios em construção	

Figura 2 - Modelo das fichas de caracterização de tipos de resíduos

Apresentação e análise dos resultados

Geração de resíduos de construção e demolição em Passo Fundo

Os dados da Tabela 1 e da Figura 4 representam as quantidades e os percentuais totais da coleta de RCD, inclusive os de limpeza de terrenos e terra bruta de escavações, no município de Passo Fundo, nos três meses de pesquisa.

O total coletado nos três meses da pesquisa foi de 1.615 cargas. Observa-se que a coleta de cargas de demolições e reformas foi a mais expressiva, totalizando 687 cargas (42,5% do total). Cargas de

terra bruta de escavações foram as menos expressivas, totalizando 179 cargas (11,1% do total). Também foram elevados os percentuais de geração de resíduos provenientes de obras residenciais e prédios em construção, que juntos totalizaram 29,7% do montante coletado.

Na Tabela 2 estão apresentados os totais e percentuais de cargas coletadas por empresa, excluídos os resíduos de limpeza de terrenos. Verifica-se que a Empresa A domina amplamente o mercado de coleta, com aproximadamente 52,2% do total coletado; a Empresa D realiza coleta de apenas 3,7%; e as Empresas B e C têm seus percentuais próximos a 22% cada.



Figura 3 - Detalhe das cargas de RCD separados manualmente por tipo de material

Tipos de resíduos	Julho	Setembro	Outubro	Total	Porcentagem
Limpeza de terreno	75	99	96	270	16,7
Demolições e reformas	155	245	287	687	42,5
Terra bruta de escavações	73	61	45	179	11,1
Obras residenciais	69	110	121	300	18,6
Prédios em construção	43	54	82	179	11,1
Totais	415	569	631	1615	100

Tabela 1 - Dados referentes ao total de cargas coletadas por todas as empresas nos meses de julho, setembro e outubro de 2005 em Passo Fundo

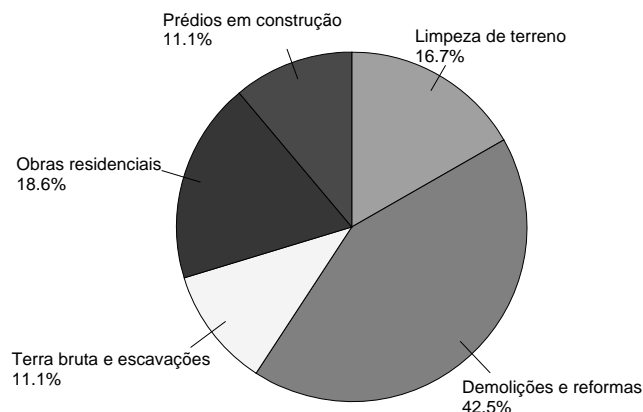


Figura 4 - Composição das cargas coletadas por todas as empresas nos meses julho, setembro e outubro de 2005 em Passo Fundo

A partir desses dados foi determinado o número de cargas de resíduos de cada empresa que foram analisadas. Outro dado que se deve salientar são os percentuais referentes à origem dos resíduos. Após a retirada dos resíduos provenientes de limpeza de terrenos, os maiores índices de coleta foram os de demolições e reformas, com 51,1% das 1.345 cargas coletadas, bem como os provenientes de construções novas, ou seja, obras residenciais e prédios em construção, que, juntos, representaram o percentual de 35,6% (Figura 5). Desconsiderando os valores de terra bruta de escavações, a fim de comparar com os resultados apresentados por Pinto e Gonzales (2005), o percentual de demolições e reformas fica com 58,6%, e o de construções novas com 41,4%. Observa-se que os valores obtidos para o município de Passo Fundo estão de acordo com os apresentados por Pinto em Gonzales (2005), em que 59% são provenientes de demolições e reformas, e 41%, de construções novas.

Estimativa da geração dos RCD em Passo Fundo, para o período de um ano

Foi quantificada a coleta de resíduos de construção e demolição em três meses de pesquisa equivalente a 1.615 cargas. Se estimada a produção para 12 meses, chegar-se-ia à quantidade de aproximadamente 6.460 cargas. Deve-se salientar que nessa estimativa estão incluídos todos os resíduos observados no primeiro momento da pesquisa, ou seja, limpeza de terrenos, terra bruta de escavações, demolições e reformas, obras residenciais e prédios em construção. Conforme os dados levantados e apresentados na Figura 5, não se levando em consideração os resíduos de limpeza de terrenos, chega-se a uma estimativa de coleta anual de aproximadamente 5.426 cargas de RCD no município de Passo Fundo, correspondente a

um volume total de 27.130 m³. Adotando-se o valor de 1,36 t/m³, conforme Carneiro (2005), que analisou resíduos muito semelhantes ao da pesquisa realizada, chega-se a uma estimativa de 36.897 toneladas por ano.

Excluindo-se os resíduos provenientes de limpeza de terrenos e terra bruta de escavações, a estimativa de coleta de RCD no município de Passo Fundo seria de 4.644 cargas, sendo 1.916 cargas oriundas de construções e 2.842 de demolições e reformas. Com base em dados do IBGE (2005), o município de Passo Fundo possuía uma população estimada de 185.279 habitantes, chegando-se a uma estimativa da geração *per capita* de RCD de aproximadamente de 200 kg/hab/ano, ou 0,55 kg/hab/dia. Se comparado aos dados obtidos por Pinto (1999) no período de 1995 a 1996 para São José dos Campos, 472 kg/hab/ano, Ribeirão Preto, 666 kg/hab/ano, e São José do Rio Preto, 717 kg/hab/ano, todas cidades com mais de 300.000 habitantes, a geração de RCD no município de Passo Fundo é substancialmente inferior. Contudo, conforme dados de Carneiro (2005), para a cidade de Recife o valor obtido é de 237 kg/hab/ano, valor próximo ao obtido no presente estudo. Por sua vez, o município de Florianópolis apresenta uma geração de aproximadamente 650 kg/hab/ano (XAVIER, 2001). Comparando com a estimativa de geração de resíduos sólidos urbanos (RSU) do município de Passo Fundo, que é de aproximadamente 0,5 kg/hab/dia (MATTEI; ESCOSTEGUY, 2007), observa-se os valores estão muito próximos. Naturalmente, pelo resíduo sólido urbano apresentar massa aparente inferior ao RCD, o volume coletado é muito superior.

Tipos de resíduos	Empresas				Total de Cargas	Porcentagem
	A	B	C	D		
Demolições e reformas	371	142	147	27	687	51,1
Obras residenciais	119	79	92	10	300	22,3
Prédios em construção	140	4	30	5	179	13,3
Terra bruta de escavações	72	66	33	8	179	13,3
Total de cargas	702	291	302	50	1345	
Porcentagem	52,2	21,6	22,5	3,7	100	100

Tabela 2 - Total de cargas coletadas por tipo de resíduo de cada uma das empresas entrevistadas para pesquisa nos meses de julho, setembro e outubro de 2005

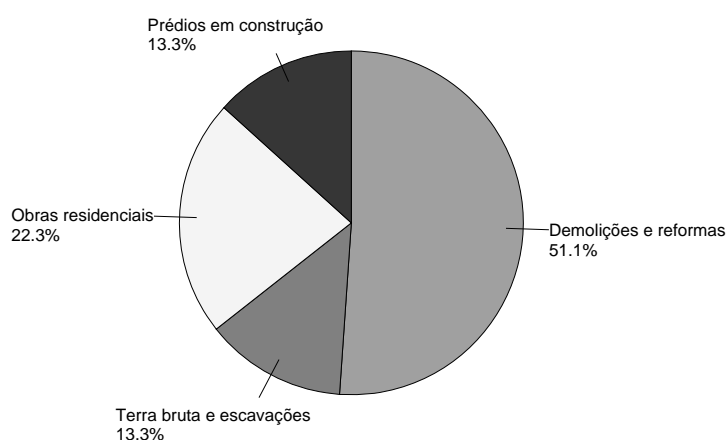


Figura 5 - Percentual coletado nos diferentes tipos de fonte geradora de RCD após a retirada dos dados de limpeza de terrenos nos meses de julho, setembro e outubro de 2005

Classificação e composição dos RCD no município de Passo Fundo

De acordo com a análise visual, identificou-se uma homogeneidade nas cargas oriundas de terra bruta de escavações, razão pela qual estas não foram analisadas detalhadamente. Portanto, foram classificados e caracterizados quanto à sua composição os resíduos provenientes de 15 cargas.

Demolições e reformas

Na Tabela 3 constam os dados das oito cargas de demolições e reformas analisadas, bem como a classificação de acordo com a Resolução nº 307 do CONAMA. Nessas cargas foi constatada uma variedade muito grande de resíduos, entre os quais concretos, finos de argamassa, madeiras, material retido de argamassa, metal, papel, plástico, isopor, vidro, tijolo, argamassa, matéria orgânica e galhos. A maior parte dos resíduos foi classificada, de acordo com a Resolução nº 307 do CONAMA, como resíduos Classe A.

Os resíduos de tijolos, argamassas e concretos representaram os maiores percentuais, destacando-

se os provenientes de tijolos e argamassas, com percentuais próximos a 30%, o que representa aproximadamente dois terços da geração dos resíduos oriundos de demolições e reformas.

Obras residenciais (construções horizontais)

A Tabela 4 apresenta os dados das quatro cargas oriundas de obras residenciais. Nessas cargas também foi identificada uma grande heterogeneidade. Foi observado que não houve presença de resíduos Classe D – apenas A, B e C. Os resíduos Classe A tiveram a maior representatividade. Os resíduos de argamassas chegaram a percentuais superiores a 35%, e os provenientes de concretos chegaram aproximadamente a 20%.

Os resíduos de argamassas, tijolos e cerâmicas representaram os maiores percentuais, destacando-se, novamente, os provenientes de tijolos e argamassas, com percentuais somados próximos a 70% o que representa aproximadamente dois terços da geração dos resíduos oriundos das obras residenciais.

Resíduos	Massa (kg)	%	Classificação (Resolução nº 307 do CONAMA)
1- Argamassa	7.043,5	25,4	A
2- Cerâmica	110,6	0,4	A
3- Concreto	5.665,4	20,4	A
4- Fina argamassa	1.090,5	3,9	A
5- Finos de Tijolos	891,0	3,2	A
6- Madeira	560,4	2,0	B
7- Matéria Orgânica, galhos	34,8	0,1	B
8- Material retido (argamassa + tijolos)	5.456,6	19,7	A
9- Metal, arames	52,9	0,2	B
10- Papel, plástico e isopor, vidro	51,0	0,2	B
11- Tijolo	6.784,6	24,5	A
Total	27.741,3	100,0	

Tabela 3 - Classificação e caracterização dos resíduos provenientes das demolições e reformas em Passo Fundo, RS (oito cargas analisadas)

Resíduos	Massa (kg)	%	Classificação (Resolução nº 307 do CONAMA)
1- Argamassa	2.400,6	21,3	A
2- Cerâmica	1.069,4	9,5	A
3- Concreto	751,8	6,7	A
4- Finos argamassa	1.924,7	17,1	A
5- Gesso	141,3	1,3	C
6- Madeira	383,9	3,4	B
7- Material Retido (argamassa + tijolos)	468,5	4,2	A
8- Metal	31,7	0,3	B
9- Papel, plástico, tecido, isopor, PVC	121,3	1,1	B
10- Pedras	499,7	4,4	A
11- Terra bruta	350,5	3,1	A
12- Tijolo	3.137,3	27,8	A
Total	11.280,5	100,0	

Tabela 4 - Classificação e caracterização dos resíduos provenientes das obras residenciais em Passo Fundo, RS (quatro cargas analisadas)

Prédios em construção (construções verticais)

A Tabela 5 apresenta os dados das três cargas oriundas de prédios em construção, com sua caracterização e classificação de acordo com a Resolução nº 307 do CONAMA. Nas cargas oriundas dos prédios em construção também foi identificada uma heterogeneidade nos resíduos, entre os quais concreto, cerâmica, pedra, gesso, finos de argamassa, madeira, material retido de argamassa, metal, papel, plástico, isopor, vidro, tijolo, argamassa, matéria orgânica e galhos. A maior parte dos resíduos foi classificada de acordo com a Resolução nº 307 do CONAMA como resíduo Classe A. Os resíduos de argamassas, tijolos e gesso representaram os maiores percentuais, destacando-se novamente os provenientes de tijolos e argamassas, com percentuais somados próximos a 82%.

Não foram identificados resíduos Classe D. No entanto, foi identificada uma maior presença de resíduos Classe C.

Na Tabela 6 estão apresentadas a classificação e a caracterização dos resíduos provenientes das 15 cargas analisadas na pesquisa. Salienta-se que não foram identificados resíduos Classe D, o que, de certa forma, é um dado que deve ser considerado como anormal, pois sempre há resíduos de tintas, solventes e amianto, entre outros. Provavelmente, esse fato justifique-se em função da época de realização da pesquisa (julho a outubro) ou de uma

separação prévia desse tipo de resíduo ocorrida ainda na obra. Foi constatada a presença de resíduos Classe C, com um pequeno percentual (2,4%). Os resíduos Classe A foram os mais representativos, sendo os resíduos de argamassas e tijolos cerâmicos os mais expressivos, pois, se somados, chegaram a 76% dos resíduos coletados. Esses dados se parecem com os obtidos por Lucena (2005) para a cidade de Campina Grande, PB, porém são superiores aos valores encontrados por Kazmierzak *et al.* (2006) para os municípios de São Leopoldo e Novo Hamburgo, ambos do RS, em torno de 55%.

Classificação e caracterização dos RCD de acordo com a Resolução nº 307 do CONAMA

Na Tabela 7 estão apresentadas as quantificações e as porcentagens correspondentes à classificação dos resíduos provenientes das demolições e reformas, obras residenciais e prédios em construção, no município de Passo Fundo, de acordo com a Resolução nº 307 do CONAMA.

A classificação predominante ocorreu na Classe A, com percentual de 94,8%. Não foram identificados resíduos Classe D, ou seja, resíduos considerados perigosos. Pinto (1999) encontrou para o município de São Carlos, SP, 99,3% de resíduos Classe A e muito pouco na Classe D, concordando com os dados obtidos nesta pesquisa.

Resíduos	Massa em kg	%	Classificação (Resolução nº 307 do CONAMA)
1- Argamassa	4.486,7	56,7	A
2- Cerâmica	147,1	1,9	A
3- Concreto	72,4	0,9	A
4- Finos de argamassa	602,6	7,6	A
5- Gesso	1.000,4	12,6	C
6- Madeira	29,6	0,4	B
7- Metais	58,8	0,7	B
8- Orgânico	11,0	0,1	B
9- Plástico, papel e isopor	101,1	1,3	B
10- Tijolo	1.401,7	17,7	A
Total	7.911,5	100,0	

Tabela 5 - Classificação e caracterização dos resíduos provenientes dos prédios em construção em Passo Fundo (três cargas analisadas)

Resíduos	Massa em kg	%	Classificação (Resolução nº 307 do CONAMA)
Argamassa	13.930,8	29,7	A
Cerâmica	1.327,1	2,8	A
Concreto	6.489,6	13,8	A
Finos argamassa	3.617,8	7,7	A
Finos de tijolos	891,0	1,9	A
Gesso	1.141,7	2,4	C
Madeira	974,0	2,1	B
Matéria orgânica, galhos	45,8	0,1	B
Material retido (argamassa + tijolos)	5.925,1	12,6	A
Metal	143,5	0,3	B
Papel, plásticos, tecido, isopor, PVC	273,4	0,6	B
Pedras	499,7	1,1	A
Terra bruta	350,5	0,7	A
Tijolo	11.323,5	24,1	A
Totais	46.933,4	100,0	

Tabela 6 - Classificação e caracterização dos resíduos provenientes dos RCD no em Passo Fundo (15 cargas analisadas)

Classes de resíduos	Massa (kg)	Porcentagem
Classe A	44.355,1	94,5
Classe B	1.436,7	3,1
Classe C	1.141,7	2,4
Classe D	0,0	0,0
Total	46.933,4	100,0

Tabela 7 - Classificação conforme a Resolução nº 307 do CONAMA dos RCD no município de Passo Fundo nos meses da pesquisa

Conclusões

Com base nos resultados obtidos nesta pesquisa foi possível formular as seguintes conclusões:

- (a) em massa, as quantidades de RCD e RSU coletados em Passo Fundo são muito semelhantes, reforçando a necessidade de criação de uma área de disposição final para resíduos provenientes de construção e demolição, conforme exige a Resolução nº 307 do CONAMA;
- (b) dos 14 tipos de RCD identificados, os que representaram os maiores percentuais foram os provenientes de argamassa e tijolos, que, somados, chegaram a aproximadamente 76% dos resíduos coletados; esses resíduos, classificados como Classe A, remetem à importância da implantação

do Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção para o município de Passo Fundo, pois, na sua totalidade, são passíveis de reaproveitamento e reciclagem, diminuindo as áreas de disposição final e, assim, causando menor impacto ao meio ambiente; e

(c) na classificação dos RCD do município de Passo Fundo, de acordo com a Resolução nº 307 do CONAMA, observou-se que do total coletado o maior percentual foi o Classe A, com 94,8%; depois, o Classe B, com 3,1%, e o Classe C, com 2,1%; esses dados também justificam uma política de reaproveitamento e reciclagem dos RCD do município, visto que mais de 94% podem ser reutilizados ou reciclados.

Referências

ÂNGULO, S. C.; ULSEN, C.; KAHN, H.; JOHN, V. M. Desenvolvimento de novos mercados para a reciclagem massiva de RCD. In: SEMINÁRIO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E A RECICAGEM NA CONSTRUÇÃO CIVIL – CT 206 IBRACON, 5., 2002, São Paulo. **Anais...** São Paulo, 2002. CD-ROM.

ARAÚJO, N. M. C.; MEIRA, A. R.; MEIRA, G. R.; NOBREGA, C. C. Potencialidades dos resíduos sólidos oriundos de canteiros de obras: um estudo multicaso na cidade de João Pessoa. In: CONFERÊNCIA LATINO-AMERICANA DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL, 1., ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 10., São Paulo. **Anais...** São Paulo, 2004.

BRASIL, Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. **Resolução nº 307, de 5 de julho de 2002.** Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, nº 136, de 17 de julho de 2002. Seção 1, p. 95-96.

CARNEIRO, A. P.; SAMPAIO, T.; QUADROS, B.; COSTA, D. B.; ALBERTE, E. P. V. Caracterização do entulho de Salvador visando a produção de agregado reciclado. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 8., 2000, Salvador. **Anais...** Salvador: UFBA, 2000. 1 CD.

CARNEIRO, F. P. **Diagnóstico e ações a atual situação dos resíduos de construção e demolição na cidade do Recife.** 2005. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa.

CARNEIRO, F. P.; MELO, A. B.; SOUZA, P. C. M. Resíduos de construção e demolição na Região Metropolitana do Recife – RMR: um estudo de caso. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO – ENTAC 2004 – Construção Sustentável, 10., 2004, São Paulo. **Anais...** São Paulo, 2004. CD-ROM.

JOHN, M.; ANGULO, S. C.; AGOPYAN, V. Sobre a necessidade de metodologia de pesquisa de desenvolvimento para reciclagem PCC - Departamento Engenharia de Construção Civil da Escola Politécnica. EP USP. In: FÓRUM DAS UNIVERSIDADES PÚBLICAS PAULISTAS - CIÊNCIA E TECNOLOGIA EM RESÍDUOS, 1., Lindóia. **Anais...** Lindóia - SP, 2003.

JOHN, V. M. **Reciclagem de resíduos na construção civil:** contribuição à metodologia de pesquisa e desenvolvimento. 2000. 102 f. Tese (Livre-Docência em Engenharia Civil) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.

KARPINSKI, L. A. **Proposta de gestão de resíduos sólidos da construção civil para o município de Passo Fundo-RS.** 2007. 154 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia). Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo.

KARTAM, N.; AL-MUTAIRI, N.; AL-GHUSAIN, I.; AL-HUMOUD, J. Environmental management of construction and demolition waste in Kuwait, **Waste Manage**, v. 24, p. 1049-1059, 2004.

KAZMIERCZAK, C. S.; KULAKOWSKI, M. P.; BOITO, D.; GARCIA, A. C. A. Estudo comparativo da geração de resíduos de construção e demolição em São Leopoldo e Novo Hamburgo – RS. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO – ENTAC 2006, 11., 2006, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis, 2006. CD-ROM.

LEVY, S. M. **Reciclagem do entulho da construção civil, para utilização como agregados para argamassas e concretos.** 1997. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.

LUCENA, L. F. L.; NEVES, G. A.; NASCIMENTO, J. D.; OLIVEIRA, D. F. Diagnóstico da geração de resíduos da construção civil no Município de Campina Grande. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO, 4., ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO, 1., Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre, 2005.

MARCONE, M. A.; LAKATOS, E. M. **Técnicas de pesquisa.** 5. ed. São Paulo: Atlas, 2002. 282 p.

MATTEI, G.; ESCOSTEGUY, P. Composição gravimétrica de resíduos sólidos aterrados. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental** - ABES, 2007. (pré-print).

PINTO, T. P. **Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção civil.** 1999. 209 f. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, São Paulo.

PINTO, T. P.; GONZÁLES, J. L. L. **Manejo e gestão de resíduos da construção civil.** v. 1. Brasília: CAIXA, 2005. 196 p.

SINDUSCON-MG. Comissão de Meio Ambiente do Sinduscon-MG e Parceiros. 2. ed.

Gerenciamento de resíduos sólidos da construção civil, Belo Horizonte, 2005.

XAVIER, L. L.; BRITO, L. A.; CAVALCANTE, J. R.; CHERIAF, M. Diagnóstico do resíduo de construção civil da Região de Florianópolis e sua potencialização como agregado graúdo para a confecção de novos concretos In: ENTAC 2002, **Anais...** Foz do Iguaçu, PR.

XAVIER, L. L. **Diagnóstico do resíduo da construção civil na cidade de Florianópolis**. 2001. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001.

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

Agradecimento

Ao CNPq, pela bolsa PQ (processo 303200/2005-7) concedida ao segundo autor.