



III-078 - ANÁLISE DA GERAÇÃO DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO NO MUNICÍPIO DE BATATAIS PARA IMPLANTAÇÃO DE GERENCIAMENTO INTEGRADO

Wellington Costa Freitas⁽¹⁾

Engenheiro civil pelo Centro Universitário Moura Lacerda de Ribeirão Preto, mestrando em Tecnologia Ambiental pela Universidade de Ribeirão Preto. Engenheiro da Secretaria de Obras e Planejamento da Prefeitura Municipal da Estância Turística de Batatais-SP.

Reinaldo Pisani Júnior⁽²⁾

Engenheiro Químico pela Universidade Federal de São Carlos. Mestre em Engenharia Química pela Universidade Federal de São Carlos. Doutor em Engenharia Química pela Universidade Federal de São Carlos. Docente do Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Ambiental da Universidade de Ribeirão Preto.

Endereço^(1,2): Avenida Costábile Romano, nº 2201 – Ribeirânia – Ribeirão Preto – SP – CEP:14096-380 – Brasil Tel. (016) 3603 6784 - e-mail: pisanijr@terra.com.br

RESUMO

A construção civil se mostra como grande consumidora dos recursos naturais do planeta. É preocupante não só os impactos gerados com esse consumo, mas também aqueles resultantes dos resíduos gerados. O conhecimento de todo o ciclo que envolve a cadeia produtiva desses resíduos, tais como; geração, composição, coleta e disposição final, se manifesta como importante ferramenta no processo de minimização dos impactos. Nesse sentido foi elaborado o diagnóstico da geração de resíduos de construção e demolição (RCD) para o município de Batatais-SP, caracterizado como estudo de caso. Durante a pesquisa foram identificados os atores que participam do processo, o resíduo gerado no município analisado gravimetricamente; calculado a geração de RCD pelos parâmetros da área licenciada, pelo movimento de carga dos coletores e pelo monitoramento das disposições no aterro. Constatou-se que 99,11% desse resíduo é de classe A, com predominância da fração mineral, fato que contribui para que a reciclagem se torne uma atividade lucrativa para o setor interessado. A geração per capita do município é de 1,20 kg/hab.dia, situando-se um pouco abaixo dos índices de alguns municípios citados na literatura e que os RCD gerados representam 57% dos resíduos sólidos urbanos do município.

PALAVRAS-CHAVE: Resíduos sólidos, Resíduos de Construção e Demolição RCD, Gerenciamento de resíduos.

INTRODUÇÃO

A construção civil é uma das mais importantes atividades para o desenvolvimento econômico e social, comporta-se também como grande geradora de impactos ambientais, quer seja pelo consumo de recursos naturais, pela modificação da paisagem ou pela geração de resíduos.

Hoje, a preocupação com o meio ambiente tem importância global, sendo evidente a gravidade de uma crise ambiental, que possa ocorrer nos anos futuros se não forem tomadas providências quanto a essa questão nos dias atuais.

Desde meados dos anos 90, é crescente o problema ambiental gerado pela deposição irregular de resíduos de construção e demolição (RCD) nas cidades brasileiras. Principalmente nas cidades em processo mais dinâmico de expansão. A presença dos resíduos da construção civil (RCC) no sistema de transporte e coleta dos resíduos sólidos domiciliares (RSD), somada as retiradas de depósitos clandestinos, incide no custo final da limpeza urbana dos municípios brasileiros. A situação de degradação ambiental, nesse quadro de intensa geração, vinha sendo agravada pela ausência de políticas públicas permanentes de gerenciamento, e a partir daí, iniciou-se uma crescente regulamentação ambiental com o objetivo de controlar a poluição ambiental, visando o desenvolvimento sustentável.



A situação das áreas destinadas à disposição final desses resíduos, tanto as regulamentadas quanto as clandestinas, e os problemas que possam causar ao meio ambiente trazem a necessidade de uma intervenção que viabilize tanto a busca de soluções para o problema da disposição, quanto a adoção de práticas de redução e implementação do processo de reciclagem e a utilização dos seus produtos.

A produção de resíduos de construção e demolição (RCD) em uma determinada região esta ligada as suas particularidades econômicas, sociais, culturais e construtivas. Para se definir políticas públicas há que se conhecerem essas características que, de várias formas interferem na quantidade e tipo do resíduo produzido. O conhecimento de todo o ciclo que envolve a cadeia produtiva desses resíduos se manifesta como uma importante ferramenta no processo de minimização do impacto causado ao meio ambiente. Pinto (1999) pesquisou a geração *per capita* de alguns municípios brasileiros (Tabela 1).

Diante da necessidade de políticas de controle, recolhimento, eliminação e viabilidade do uso dos RCD, foi criada a Resolução CONAMA 307/2002, que estabeleceu diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil, atribuindo aos geradores a responsabilidade sobre os resíduos produzidos pelas atividades de construção, de reforma, reparos e demolições, além daqueles oriundos da remoção de vegetação e escavação de solos, no sentido de segregar e dispor esses resíduos de acordo com uma classificação sugerida.

Na intenção de regulamentar as diretrizes de utilização desses resíduos, a Associação Brasileira de Normas Técnicas ABNT publicou algumas normas que orientam a classificação e traçam diretrizes para projetos de: áreas de transbordo e triagem, aterros de inertes, áreas de reciclagem e dispõem sobre os procedimentos para utilização de resíduos em alguns serviços na indústria da construção civil (ABNT NBR 15112/2004, ABNT NBR 15113/2004, ABNT NBR 15114/2004, ABNT NBR 15115/2004 e ABNT NBR 15116/2004)

Os RCD têm elevado potencial de reciclagem, podendo ser utilizados como matéria-prima para produção de materiais de construção. Zordan (1997) cita como a forma mais simples de reciclagem a sua utilização em pavimentação (base, sub-base ou revestimento primário) na forma de brita corrida, mas também pode ser utilizado como agregado para concreto, agregado para confecção de argamassas, cascalhamento de estradas, confecção de blocos de vedação, etc.

O objetivo específico do presente estudo foi elaborar um diagnóstico da deposição irregular de RCD no município de Batatais-SP, de forma a obter indicadores de geração de RCD para o município suficientes para elaborar uma proposta para regularização dessa deposição.

Tabela 1 Parcela de RCD nos RSU e taxa de geração *per capita* (PINTO, 1999)

Município	População	RSU			RDC (t/hab.ano)	% RCD/ RSU	RCD (kg/hab.dia)
		Resíduos domiciliares	Outros	RCD (t/dia)			
Santo André-SP	625.500	674	181	1013	0,51	54	1,61
São José do Rio Preto-SP	323.600	302	198	687	0,66	58	2,12
São José dos Campos-SP	486.500	278	79	733	0,47	67	1,51
Ribeirão Preto-SP	456.300	257	186	1.043	0,71	70	2,29
Jundiaí-SP	293.400	314	125	712	0,76	62	2,43
Vitória da Conquista-BA	242.200	-	-	310	-	-	1,28
Campinas-SP	850.000	700	307	1.800	0,62	64	1,48
Florianópolis-SC	285.300	-	-	636	-	-	2,23

METODOLOGIA

Esse trabalho teve como primeiro passo a identificação dos agentes envolvidos com a geração, coleta e transporte dos resíduos, identificando as áreas de descarte irregular, de forma a avaliar a dimensão do



problema, em seguida a realização de um inventário indicativo das quantidades (massas e volumes) de resíduos gerados localmente, e por fim o estudo das alternativas para elaboração de uma proposta de gestão integrada. A metodologia empregada foi a proposta por Marques Neto (2005) e Elias (2006) com adaptações ao estudo de caso, as quais podem ser resumidamente descritas.

Caracterização da área de estudo e indicadores básicos do Município, através de levantamentos bibliográficos e índices estatísticos nos órgãos municipais, sobretudo no que diz respeito à população e as áreas licenciadas no período de dois anos no município.

Composição dos RCD - O método adotado para caracterização qualitativa foi o desenvolvido por Marques Neto (2005) que consiste na separação e pesagem dos materiais oriundos de, pelo menos, três caçambas descartadas nos aterros municipais. Já a análise gravimétrica foi realizada por meio de separação e pesagem dos materiais. O método consiste em:

- Seleção de três caçambas de 3 m³, de origens diferentes, descartadas no depósito;
- Coleta de cinco amostras de 18 litros de cada caçamba;
- União das cinco amostras em uma amostra de 90 litros por caçamba;
- Separação dos componentes;
- Peneiramento dos componentes menos graúdos. Peneiras utilizadas: Coro Telas malha 4, malha 3/4" e Peneiras São Jorge, malha 40 (feijão) e 60 (arroz);
- Medição de volume e massa;
- Somatório das três caçambas, com total de 270 litros amostrados e considerados amostra representativa da composição dos RCD;
- Cálculo da massa unitária;
- Cálculo porcentual da composição dos materiais contidos nos RCD;
- Cálculo da densidade aparente.

Estimativa da quantidade RCD gerada no município - A geração foi analisada a partir da caracterização quantitativa e aplicação de métodos que levaram a criação de indicadores baseados em três parâmetros (MARQUES NETO, 2005):

a) Cálculo da Geração de RCD pelo Parâmetro das Áreas Licenciadas

Para o cálculo do indicador da geração de RCD pelo parâmetro de *áreas licenciadas*, os dados necessários foram levantados junto a Secretaria de Obras e Planejamento da Prefeitura. Através dos alvarás de licença para construções referentes ao período de julho de 2006 a junho de 2008 foi possível organizar as áreas licenciadas nos seguintes grupos: Obras novas residenciais e obras novas comerciais; Inclusões residenciais e inclusões comerciais. As inclusões referem-se às ampliações efetuadas no corpo principal das construções que já possuíam o Habite-se e, dessa forma passam a ampliar a área construída da mesma.

Para quantificação da massa de RCD foram adotadas as seguintes diretrizes:

- Levantamento das áreas licenciadas durante um período de dois anos, de julho de 2006 a junho de 2008 através dos Alvarás de Construção, Demolição e Legalização;
- Levantamento de informações e dados referentes a geração de RCD em doze obras com diferentes características do município;
- Determinação de valores-padrão do volume gerado nessas obras em relação à sua área construída (Tg_m);
- Cálculo da massa total produzida pelas áreas licenciadas por meio da Equação 1.

$$TG_{AL} = \frac{(A1 + A2 + A3)}{1.000 \cdot 12 \cdot 24} \cdot Tg_m \quad \text{Equação (1)}$$

Na qual; TG_{AL} é a provável geração pelo parâmetro das áreas licenciadas em t/dia; Tg_m a taxa de geração média unitária calculada a partir de levantamento em campo e expressa em kg/m²; $(A1 + A2 + A3)$ a área licenciada média referente a construções novas licenciadas no município, a ampliações e legalizações de construções e a área relativa a demolições ocorridas no período em estudo.



b) Cálculo da Geração de RCD Pelo Movimento de Carga das Empresas Coletoras

O cálculo da geração pelo movimento de carga dos coletores, foi efetuado através de entrevistas nas empresas, por meio de questionário, no qual se estimou:

- Número de caçambas/dia coletadas e transportadas até a sua disposição final;
- Numero de caçambas/mês coletadas e transportadas até a sua disposição final;
- Avaliação da capacidade volumétrica das caçambas;
- Cálculo do volume total/mês por meio do número de caçambas coletadas e pela sua capacidade volumétrica;
- Cálculo do volume total/dia pela divisão do volume coletado/mês por 24 dias (considerando mês de 24 dias).
- Cálculo da massa total/dia pelo movimento de cargas das empresas coletoras, por meio da relação volume/massa obtida da massa específica aparente do resíduo depositado nas caçambas oriunda da composição dos RCD.

O volume e a massa total de RCD apurados na análise do movimento de carga das empresas coletoras são calculados pelas Equações 2 e 3 com suas respectivas taxas de geração expressas em m³/dia e t/dia.

$$TG_{EC} = \frac{V_{EC}}{(12.24)} \quad \text{Equação (2)}$$

$$TG_{EC} = \frac{M_{EC}}{(12.24)} \quad \text{Equação (3)}$$

Na qual; TG_{EC} é a taxa de geração apurada pela movimentação de carga junto aos coletores; V_{EC} o volume coletado no período de um ano e M_{EC} a massa de resíduos coletados no período de um ano.

c) Cálculo da geração de RCD pelo monitoramento das disposições no aterro sanitário

O cálculo baseia-se em levantamentos *in loco* feito manualmente, por meio da análise de anotações sobre a quantidade e a capacidade dos veículos que descartam os resíduos. O estudo dos dados permitiu calcular o volume anual descartado inclusive a parcela que é coletada pela Prefeitura nos “bota-foras” que nas planilhas está indicada por outros. O levantamento *in loco* foi efetuado com o seguinte roteiro:

- Determinação do período de amostragem de dois anos;
- Levantamento dos volumes diariamente descartados, por meio da quantificação do numero de caçambas e de seus volumes;
- Cálculo do volume total/mês pela somatória dos volumes descartados diariamente;
- Cálculo da massa total/mês pela relação volume/massa unitária obtida da massa unitária proveniente da composição dos RCD.

$$TG_{MD} = \frac{M_{MD}}{(12.24)} \quad \text{Equação (4)}$$

Onde: TG_{MD} é a taxa de geração apurada pela movimentação de carga junto aos coletores expressa em t/dia e M_{MD} a massa de resíduos coletados no período de um ano.

O aterro conta com um funcionário que exerce a função de apontador se incumbido de anotar todas as viagens de resíduos que entram (RSU e RCD) e saem (terra proveniente da escavação da vala). As anotações são efetuadas em um livro na guarita de recepção que contém os seguintes dados: hora da entrada, nome do motorista, tipo do resíduo e placa do veículo. De posse dessas anotações, foi possível apurar o volume total dos resíduos recebidos no aterro no período abrangido pelo estudo, das empresas coletoras, dos pequenos geradores e também os recolhidos pela Prefeitura nos “bota-foras” uma vez que, esses últimos representam um volume relativamente reduzido e seu destino final é nos fundos do aterro sanitário.



d) Provável Geração Total de RCD e Geração *per capita* do Município

A relação entre as três bases de cálculo forneceu a geração mais provável de RCD no município e sua produção *per capita*. Pelo parâmetro das áreas licenciadas do município, a geração total é a somatória das massas gerada pelas áreas licenciadas de obras novas, inclusões e demolições. O parâmetro movimento de carga dos coletores confere as empresas coletoras a responsabilidade pelos dados da geração. E o parâmetro do monitoramento das disposições traduzido pelo dados compilados no aterro, os quais somados a massa coletada pela administração municipal, por particulares e empresas diversas, formaram o quadro da produção total. A provável geração total é dada pela média aritmética da soma das gerações calculadas pelos três parâmetros analisados, sendo calculada pela Equação 5.

$$\text{Geração média} = \frac{(TG_{AL} + TG_{EC} + TG_{MD})}{3} \quad \text{Equação (5)}$$

Sendo que: Geração média é a geração total de RCD no município de Batatais – SP. (t/dia); TG_{AL} a taxa de geração pelo parâmetro das área licenciadas (t/dia); TG_{EC} a taxa de geração pelo parâmetro do movimento de carga (t/dia); TG_{MD} a taxa de geração pelo parâmetro do monitoramento das disposições (t/dia).

Relação com RSU

Paralelamente ao monitoramento das disposições de RCD no aterro, pôde ser avaliada a geração dos resíduos sólidos urbanos - RSU. Os dados relativos às entradas de resíduos sólidos no aterro sanitário do município estão dispostos nos seguintes grupos de anotações:

- Numero de caçambas contendo RCD e descartadas pelas empresas coletoras na área indicada no fundo do aterro;
- Numero de caminhões de RSU descartados pelo serviço de coleta pública do município no aterro sanitário;
- Número de viagens de resíduos sólidos descartados por carroças de tração animal, caminhonetes, caminhões com caçamba basculante ou de madeiras, automóveis e pequenos utilitários.

A massa específica aparente do RSU foi determinada pela média aritmética dos pesos líquidos dos caminhões aferidos durante 10 (dez) dias.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

São apresentados a seguir os resultados obtidos durante a elaboração do estudo de caso.

Caracterização da área de estudo

O município de Batatais possui uma área de 29,2 km² (zona urbana) e 821,8 km² (zona rural), topografia ondulada, situada entre 2 colinas, altitude de 862 m, clima tropical (ameno) com inverno seco. Chove principalmente de novembro a março, temperatura máxima de 34°C, mínima de 8°C e média de 21°C, população de 53.525 hab., PIB per capita de R\$ 13.815,00, IDH de 0,825 e taxa de alfabetização de 93,2%. A economia do município tem como sua principal atividade o setor de serviços, em seguida a indústria e agropecuária. Possui também um tradicional parque industrial com ênfase na produção de máquinas agrícolas destacando-se também como grande gerador de empregos principalmente no setor de usinagens (IBGE, 2006).

Composição do RCD

A Tabela 2 mostra os resultados obtidos na análise gravimétrica dos resíduos provenientes das três caçambas estudadas em campo. Analisando a tabela pode-se observar a grande quantidade de resíduos classe A presentes na composição dos resíduos do município, com predominância da fração mineral, isso contribui para que a reciclagem se torne uma atividade lucrativa para o setor interessado, tanto do ponto de vista econômico como ambiental. A massa específica aparente calculada após a análise gravimétrica do resíduo foi de 1.157 kg/m³.



Tabela 2 Composição gravimétrica dos RCD do município de Batatais

Classe	Material	Quant. (kg)	(%) do Total	(%) Classe em relação ao total
A	Concreto	117,96	37,75	99,11
	Areia/solo	101,10	32,36	
	Cerâmica vermelha	60,10	19,24	
	Argamassa	19,75	6,32	
	Cerâmica polida	10,77	3,45	
B	Madeira	1,70	0,54	0,81
	Aço	0,61	0,20	
	Papel	0,18	0,06	
	Plástico	0,04	0,01	
C	Gesso	0,14	0,04	0,04
D	Asfalto	0,10	0,03	0,03
Total		312,45	100,00	100,00

Geração de RCD no Município

O RCD no Município de Batatais é gerado principalmente a partir da construção de edificações novas (residenciais, comerciais, industriais e institucionais), das reformas e ampliações de edificações, das demolições de edificações, de obras de infra-estrutura urbana executadas por empresas particulares ou públicas e descartes de resíduos produzidos por depósitos de materiais de construção.

A coleta de RCD no Município é efetuada por empresas particulares de coleta que, para esse fim se utilizam de caçambas metálicas estacionárias removidas por caminhões tipo poliguindaste, por caminhões particulares com caçambas basculantes ou de carrocerias de madeira, carroças de tração animal, por caminhões da Prefeitura que efetuam a limpeza desses resíduos nas áreas de deposição irregulares e, também por pequenos geradores que o fazem por meio de veículos particulares.

a) Cálculo da geração de RCD pelo parâmetro das áreas licenciadas

Após pesquisa junto ao Departamento de Planejamento da Prefeitura Municipal, foram levantados os dados relativos às áreas licenciadas no município no período de dois anos – julho de 2006 a junho de 2008. As áreas identificadas na Tabela 3 por Obras novas, Inclusões e Demolições, estão também indicadas na Equação 1 como A1, A2 e A3 respectivamente.

Tabela 3 Áreas licenciadas no período de estudo

	2º. Sem. 2006 (m²)	1º. Sem. 2007 (m²)	2º. Sem. 2007 (m²)	1º. Sem. 2008 (m²)	Total (24meses) (m²)	Total (%)
Obras Novas (A1)	19.281,28	18.180,79	30.312,70	44.474,63	112.249,40	76,27
Inclusões (A2)	11.042,91	6.468,99	6.142,39	10.349,51	34.003,80	23,10
Demolições (A3)	405,00	102,00	408,00	0	915,00	0,63
SOMA	30.729,19	24.751,78	36.863,09	54.824,14	147.168,20	100,00
Total Anual	55.480,97		91.687,23			
Média anual (A1 + A2 + A3)	73.584,10					



Para apuração da taxa de geração média (Tg_m), foram acompanhadas doze obras com várias características, as quais estão descritas na Tabela 4. O indicador unitário de geração por áreas licenciadas, apurado em campo, é obtido dividindo a massa total coletada pela área que sofreu intervenção.

Tabela 4 RCD retirado das obras analisadas em campo

Construções analisadas	Obra	Tipo	Caçambas Retiradas	Área (m ²)	Massa coletada (kg)
1	Reforma	Residencial	5	158,50	15.098,00
2	Reforma	Residencial	7	154,10	21.138,39
3	Reforma	Residencial	2	45,00	6.039,54
4	Reforma	Comercial	11	224,00	33.217,47
5	Reforma	Comercial	1	10,00	3.019,77
6	Construção	Comercial	2	30,00	6.039,54
7	Construção	Comercial	4	123,60	12.079,08
8	Construção	Residencial	5	136,42	15.098,85
9	Construção	Residencial	6	154,75	18.118,62
10	Construção	Residencial	8	69,65	24.158,16
11	Construção	Residencial	8	80,00	24.158,16
12	Ampliação	Residencial	11	207,30	33.217,47
Totais			70	1.393,32	211.383,05

Após quantificação e apuração dos resultados foi obtida a taxa de geração média unitária (Tg_m) de 151,71 kg/m², valor próximo a 150 kg/m² sugerido por Pinto (1999). Substituindo esse valor e os valores constantes da Tabela 2 na Equação 1 obtem-se o indicador de geração pelo parâmetro das áreas licenciadas (TG_{AL}) de 11.163,44 t/ano; considerando mês com 24 dias resulta uma geração em massa diária de 38,76 t/dia.

b) Cálculo da geração de RCD pelo movimento de carga das empresas coletoras

A coleta de RCD no Município é efetuada por 04 (quatro) empresas particulares de coleta, identificadas nesse estudo como empresa A, B, C e D. O preço desse serviço é praticado em média de R\$ 40,00 a R\$ 50,00 por caçamba.

Na Tabela 5 são apresentados os valores levantados através de entrevista junto às empresas coletoras que forneceram os dados relativos ao período de julho de 2007 a junho de 2008. Os dados coletados referem-se ao período de um ano, intervalo para os quais as quatro empresas de coleta dispunham de dados em registro. Duas empresas não possuíam os dados completos do período de análise desse estudo, as outras não separaram em seus registros o número de caçambas coletadas em obras novas das coletadas em reformas e demolições.



Tabela 5 Número de caçambas coletadas pelas empresas no período analisado

MÊS	Empresa A		Empresa B		Empresa C		Empresa D	
	RCD Obra nova	RCD Reforma e demolição	RCD Obra nova	RCD Reforma e demolição	RCD Obra nova	RCD Reforma e demolição	RCD Obra nova	RCD Reforma e demolição
jul/07	120	145	149	-	110	30	-	-
ago/07	138	160	156	-	90	40	12	-
set/07	125	143	184	-	120	30	22	-
out/07	113	135	182	-	90	50	-	-
nov/07	130	156	205	-	100	25	-	-
dez/07	135	162	192	-	80	20	25	-
jan/08	150	180	216	-	50	22	10	-
fev/08	126	151	207	-	66	10	13	-
mar/08	137	164	230	-	90	30	56	-
abr/08	120	145	175	-	110	40	19	-
mai/08	145	174	183	-	130	25	10	-
jun/08	148	180	183	-	100	35	66	-
Soma	1.587	1.895	2.262		1.136	357	233	
TOTAL	3.482		2.262		1.493		233	
Total de caçambas coletadas em um ano							7.470	

Com o produto do volume diário coletado pela massa específica aparente foi possível determinar a massa diária coletada pelas empresas. Os resultados finais dos dados levantados estão descritos na Tabela 6, onde se observa também a parcela porcentual de contribuição de cada empresa especializada na coleta de RCD, em relação ao total coletado e transportado até o aterro. Na análise desses percentuais verifica-se que a empresa A lidera a coleta de resíduos com quase 50 % do total de RCD coletado.

Tabela 6 RCD Removido por coletores no município de Batatais

Empresas coletoras	Movimento de cargas					
	Nº de caçambas (mês)	Volume médio da caçamba (m³)	Volume coletado (V _{EC}) (m³/mês)	Volume coletado (V _{EC}) (m³/dia) ¹	Massa coletada (M _{EC}) (t/dia) ²	(%) do total
A	290	2,61	757,34	31,6	36,5	46,27
B	189	2,61	491,99	20,5	23,7	30,06
C	124	2,61	336,91	14,0	16,2	20,58
D	19	2,61	50,68	2,1	2,4	3,10
	627		1.636,91	68,2	78,9	100,00

¹Mês com 24 dias

²Massa específica aparente dos resíduos depositados na caçamba = 1,157 t/m³



Verifica-se na Tabela 5 que a empresa A e a empresa C registrou em separado, o número de caçambas coletadas em obras novas e o coletado em obras de reforma e demolição. Somando-se o número de caçambas provenientes de obras de reforma e demolição das duas empresas e calculando o valor porcentual em relação ao total coletado, pode se observar que o volume de resíduo produzido por esse tipo de obra representa 45% do total coletado pelas duas empresas, porcentual próximo aos pesquisados por Pinto (1999) que se situa entre 42% e 80%.

c) Cálculo da geração de RCD pelo monitoramento das disposições no aterro sanitário

O monitoramento das disposições no aterro permitiu determinar não só o volume transportado pelas empresas coletoras, mas também o volume que é descartado pelos pequenos geradores nos “bota-foras”, uma vez que a quase totalidade dos resíduos gerados no município tem como destinação o aterro sanitário.

Ressalta-se que a quantidade indicada como “outros” refere-se ao volume de resíduos coletados pelo poder público periodicamente nas áreas de deposição irregulares “bota-foras” e os descartados por coletores que esporadicamente efetuam coletas de RCD, empresas particulares, veículos particulares e veículos de tração animal.

A Tabela 7 mostra a massa de RCD coletada no município durante o período pesquisado. Pela aplicação da Equação 4 calculam-se os valores constantes na Tabela 7.

Tabela 7 RCD descartado no aterro sanitário de Batatais

Coletor	2º. Sem. 2006 (t)	1º. Sem. 2007 (t)	2º. Sem. 2007 (t)	1º. Sem. 2008 (t)	Total (t)	(%) Do Total
A	4.771,2	4.898,1	3.642,2	5.831,2	19.142,7	43,81
B	2.799,3	3.016,8	2.832,2	3.046,9	11.695,2	26,76
C	1.117,3	1.377,0	767,0	1.177,7	4.439,1	10,16
D	440,9	383,5	178,2	525,4	1.528,0	3,50
Outros	1.532,4	1.420,2	1.629,1	2.310,5	6.892,2	15,77
TOTAL	10.661,2	11.095,6	9.048,6	12.891,8	43.697,2	100,00
M_{MD}	21.756,8		21.940,5			
TG_{MD} (t/mês)	1.813,1		1.828,4			
TG_{MD} (t/dia)	75,5		76,2			

Como resultado final para a taxa de geração pelo parâmetro do monitoramento das disposições no aterro (TG_{MD}) obteve-se 75,85 t/dia que é a média aritmética dos dois períodos analisados. Comparando esse valor com o obtido pelo cálculo da geração pelo movimento de carga dos coletores de 78,9 t/dia, observa-se uma proximidade de valores. O volume de geração calculado pelo movimento de carga se apresenta um pouco mais elevado talvez em razão de descartes irregulares em terrenos de várzeas e aterramento de terrenos, traduzindo em volumes que não chegam ao aterro.

d) Provável geração de RCD e geração *per capita* do município

Os resultados da provável geração de RCD do município de Batatais obtidos pelos três parâmetros estudados e calculados pela Equação 5, estão apresentados na Tabela 8.



Tabela 8 Provável geração *per capita* do município de Batatais.

Parâmetros	Batatais		
	Geração total de RCD (t/dia)	População (2006)	Geração per capita (kg/hab x dia)
Áreas licenciadas	38,76	53.525	0,72
Movimento de cargas	75,85	53.525	1,42
Disposição no aterro	78,90	53.525	1,47
Média	64,50	53.525	1,20

Os resultados semelhantes obtidos nos parâmetros de movimento de carga e de disposição no aterro vem a confirmar que a quase totalidade dos resíduos gerados no município acabam diretamente ou indiretamente dispostos no aterro municipal.

Comparativamente ao indicador calculado pelo parâmetro das áreas licenciadas, os valores de geração provenientes do movimento de carga dos coletores e o das disposições no aterro, se mostram bem superiores. Isso se deve provavelmente ao fato do indicador das áreas licenciadas não contemplar na sua apuração as áreas relativas a autoconstrução, reformas e outros eventos em geral, que dificilmente são levadas a aprovação junto aos órgãos municipais e seus resíduos acabam descartados em deposições irregulares.

Relação com os Resíduos Sólidos Urbanos

Através dos dados levantados no aterro sanitário do município de Batatais foi possível separar os resíduos sólidos urbanos (RSU) dos resíduos de construção e demolição (RCD) fazendo a análise nas anotações fornecidas pelo operador do aterro. Selecionando e comparando essas informações foi possível quantificar a totalidade dos resíduos gerados nos dois anos de estudo (Figura 5).

Observa-se uma diminuição da geração de RCD no período de agosto a novembro de cada ano analisado, enquanto que a geração dos RSU se mantém constante durante todo o período analisado.

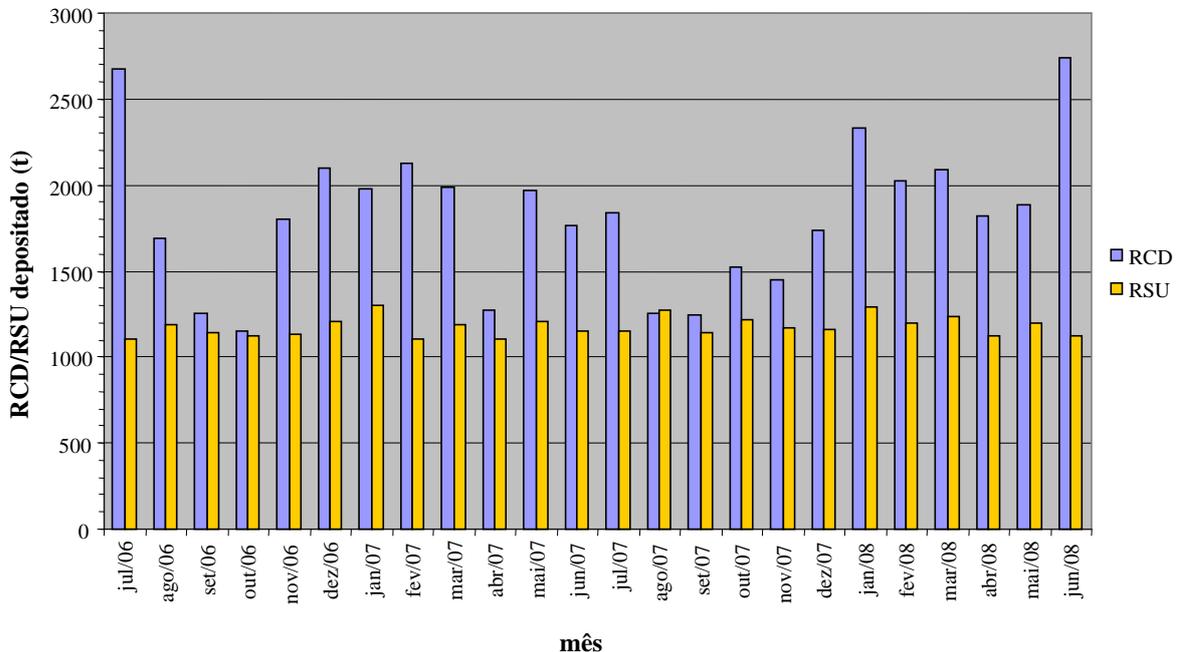


Figura 5 Geração de RSU e RCD do município de Batatais.

Finalmente, a Tabela 9 resume os principais indicadores de geração de resíduos sólidos para o município de Batatais, calculados em função dos dados apurados na pesquisa, que podem servir de base para os tomadores de decisão na elaboração de políticas voltadas para a solução dos problemas advindos da disposição irregular de resíduos.



Tabela 9 Indicadores da geração de resíduos sólidos

Resíduo	Mensal (t/ano)	Diário (t/dia)	Per capita (kg/hab/ano)	Per capita (kg/hab/dia)	(%) do Total
RCD	18.576,00	64,50	347,05	1,20	57
RSU	14.121,70	49,03	264,32	0,92	43
Soma	32.697,70	113,53	611,37	2,12	100

Analisando os dados da Tabela 9 observa-se a proporção média do RCD em relação ao RSU em torno de 57%, o que vem a confirmar o percentual estimado por Pinto (1999) que os resíduos produzidos pela indústria da construção civil situam-se numa faixa de 42% a 80% do total de resíduos produzidos em ambiente urbano.

Situação das Áreas de Descarte de RCD no Perímetro Urbano

Na Figuras 6 e na Tabela 10 são mostrados os locais de deposição irregular identificados no período da pesquisa. São utilizados pelos pequenos transportadores, principalmente carroças de tração animal. O custo pago para o transporte nesses veículos é inferior ao praticado pelas empresas transportadoras. Esses locais tornam-se atrativos para a deposição de outros tipos de resíduos como, resíduos orgânicos, resíduos volumosos, animais mortos, etc. Foi observada também a disposição RCD próximo a mananciais em áreas de preservação permanente. A área disponibilizada na região do Aterro Sanitário de Batatais é a única área autorizada para receber o RCD proveniente de qualquer fonte geradora, apesar de não ser licenciada. Existem 6 (seis) áreas identificadas como “bota-fora” que recebem pequenos volumes e continuam em atividade por falta de fiscalização e também pelo fato da área designada pela Prefeitura para deposição estar situada em local afastado (9 km do centro da cidade). Coletores que recolhem resíduos gerados no lado oposto ao Aterro Sanitário têm que percorrer em torno de 15 km para fazer o descarte. Não existe área de transbordo e triagem ou locais para reciclagem de RCD no município e não há qualquer tipo de monitoramento nas áreas de disposição irregular, verificando-se ainda o ciclo vicioso da disposição irregular, uma vez que logo após a Prefeitura promover a limpeza da área o resíduo é novamente descartado. Essa coleta além de mostrar-se ineficiente, onera os cofres públicos.

A implantação de uma usina de reciclagem promoveria o aproveitamento dos resíduos agregados, minimizando os impactos gerados e também tornaria esse tipo de atividade mais atrativa do ponto de vista econômico.



Figura 6 Município de Batatais – Localização de bota-foras
Tabela 10 Relação dos bota-foras identificados no Município de Batatais

Área	Local	Bairro	Córrego	Porte	Situação atual
BF 1	Rod.Rio Negro e Solimões	Batatais House-service		P	Ativo
BF 2	Estr.Munic. Pref. Geraldo Marinheiro	Jd. São Gabriel		P	Ativo
BF 3	Estr.Municipal Alyrio Lellis	Soc.Com. da Araras	Córrego dos Peixes	P	Ativo
BF 4	Estr.Municipal Alyrio Lellis			P	Ativo
BF 5	Estr. Municipal BTT 142			P	Ativo
BF 6	Rodovia Estadual Altino Arantes	Riachuelo		M	Ativo
DA	Aterro sanitário de Batatais			G	Ativo

- BF** Significa; Bota-fora (depósito clandestino)
DA Significa; Depósito autorizado pela prefeitura para recebimento de entulho e outros.
P Significa; Depósito clandestino pequeno – até 10 pilhas com 1,5m de altura.
M Significa; Depósito clandestino médio – entre 10 a 50 pilhas com 1,5m de altura.
G Significa; Depósito grande – acima de 50 pilhas com 1,5m de altura.

CONCLUSÕES

Pelos resultados obtidos no diagnóstico dos RCD em Batatais, pode-se concluir que:

- A taxa de geração média unitária de áreas licenciadas, analisadas em campo em obras com características diversas, ficou em 151,71 kg/m², valor próximo a 150 kg/m² sugerido por Pinto (1999).
- O RCD estudado apresentou em sua composição mais de 99% de resíduo classe A, predominando concreto, areia e materiais cerâmicos favorecendo, portanto o seu beneficiamento em usinas de reciclagem;



- A taxa de geração per capita do município é de 1,20 kg/habitante/dia, o que corresponde a 347,05 kg/habitante/ano e 64,50 toneladas de RCD gerados todos os dias no município. A geração per capita mostrou-se inferior a alguns municípios brasileiros.
- O RCD representa 57% dos resíduos sólidos gerados no município, o que vem a confirmar o percentual estimado por Pinto (1999), situando a geração de RCD entre 42% e 80% do RSU.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BRASIL, MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. Resolução no 307, de 05 de julho de 2002. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, nº 136, 17 de julho de 2002.
2. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15112: Resíduos da construção civil e resíduos volumosos - Áreas de transbordo e triagem - Diretrizes para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro, 2004.
3. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15113: Resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes - Aterros - Diretrizes para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro, 2004.
4. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15114: Resíduos sólidos da construção civil - Áreas de reciclagem - Diretrizes para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro, 2004.
5. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15115: Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil - Execução de camadas de pavimentação - Procedimentos. Rio de Janeiro, 2004.
6. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15116: Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil - Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural - Requisitos. Rio de Janeiro, 2004.
7. ELIAS, H. B. Q. Diagnostico dos resíduos de construção e demolição para elaboração da Gestão Integrada no município de Patrocínio-MG. Ribeirão Preto, 2006. Dissertação de mestrado – Universidade de Ribeirão Preto.
8. IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Estimativa de populações residentes, segundo os municípios. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 18 de março de 2008.
9. MARQUES NETO, J. C. Gestão dos resíduos de construção e demolição no Brasil. São Carlos: RIMA, 2005. 162p.
10. PMETB – PREFEITURA MUNICIPAL DA ESTANCIA TURÍSTICA DE BATATAIS. Dados geográficos e climáticos. Disponível em: <http://www.batatais.sp.gov.br/dados.asp>. Acesso em: 24 de maio de 2007.
11. PINTO, T. P.; Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana. 1999. 189p., Tese (Doutorado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo.
12. PINTO, T. P.; GONZÁLEZ, J. L, R (Coord.) Manejo e gestão de resíduos da construção civil. Manual de orientação: como implementar um sistema de manejo e gestão nos municípios. Vol. 01. Brasília – DF: Caixa, 2005. p. 177. Disponível em: <http://www.caixa.gov.br>. Acesso em 20/07/2007.
13. ZORDAN, S. E. A Utilização do Entulho como Agregado na Confecção do Concreto. Campinas: Departamento de Saneamento e Meio Ambiente da Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas. Dissertação (Mestrado), 1997.