



III-117 – IMPLANTAÇÃO DA RESOLUÇÃO CONAMA 307/02 EM UM CONJUNTO DE OBRAS DE PEQUENO PORTE

Alex Fabiane Fares da Silva

Engenheiro Civil (UFMG). Mestre em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos (UFMG).

Gustavo Ferreira Simões⁽¹⁾

Engenheiro Civil (UFMG), Mestre e Doutor em Engenharia Civil (PUC-Rio). Professor Associado do Departamento de Engenharia de Transportes e Geotecnia da Escola de Engenharia da UFMG.

Endereço⁽¹⁾: Escola de Engenharia da UFMG. Departamento de Engenharia de Transportes e Geotecnia. Av. do Contorno, 842 / 608 – Centro – Belo Horizonte – MG – CEP: 30110-060 – Brasil – Tel: +55 (31) 3409-1792 – Fax: +55 (31) 3409-1793 – e-mail: gustavo@etg.ufmg.br

RESUMO

A indústria da construção civil se caracteriza pelo grande consumo de recursos naturais associado às altas produções de resíduos. A disposição final desses resíduos vem se tornando um grande problema, devido aos elevados custos com transporte e à dificuldade na escolha de áreas que atendam aos requisitos ambientais. Dentro deste contexto, o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) criou a Resolução CONAMA nº. 307, publicada em 2002, que estabeleceu diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil, atribuindo aos municípios e aos grandes geradores a responsabilidade de segregar e dispor seus resíduos de acordo com uma classificação sugerida. Grande parte dos resíduos da construção civil gerados diariamente no Brasil provém de eventos informais: pequenas obras de construção, reformas e demolições. Sendo assim, os pequenos geradores se tornam responsáveis pela maior parcela dos resíduos gerados. O presente trabalho apresenta e discute os resultados obtidos com a implantação das diretrizes desta resolução em um conjunto de obras de pequeno porte na região de Belo Horizonte (MG). Foram escolhidas três construções novas (residencial, comercial e industrial). Todas elas foram monitoradas e, além da quantificação dos insumos e dos resíduos gerados, foram obtidos índices que podem ser utilizados na gestão de obras do mesmo tipo. Também foi apurado o custo de todas as etapas do gerenciamento. Os resultados indicaram a produção média de resíduos de 97,5 kg/m² de construção. A sua segregação no momento da geração proporcionou uma melhoria na organização, nas condições de higiene e segurança do trabalho, e facilitou a sua reciclagem e a correta disposição final. Pode-se destacar ainda a possibilidade de reaproveitamento de resíduos na própria obra, o baixo custo do seu gerenciamento (média de 0,23%) e o fato desta gestão não ter alterado o cronograma físico das obras estudadas.

PALAVRAS-CHAVE: Resíduos de Construção e Demolição, Resolução CONAMA 307/2002, gerenciamento, reciclagem

INTRODUÇÃO

Uma boa parte dos resíduos sólidos gerados é constituída por resíduos da construção civil que é reconhecida como uma das mais importantes atividades para o desenvolvimento econômico e social, e por outro lado, comporta-se ainda como grande geradora de impactos ambientais. Estima-se que a construção civil utilize entre 20 e 50% do total de recursos naturais consumidos pela sociedade (JOHN, 2000).

Dados nacionais revelam que, para cada tonelada de resíduo sólido urbano recolhido, são coletadas 2 toneladas de entulho proveniente da atividade de construção civil (BIDONE *et al.*, 2001).

O CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) estabeleceu diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil com a Resolução nº. 307, de 05 de Julho de 2002. Essa resolução atribuiu aos geradores a responsabilidade pelos resíduos gerados e a obrigatoriedade de segregar e dispor os resíduos de acordo com uma classificação sugerida.

A Resolução CONAMA nº. 307 sugere ações necessárias de forma a minimizar os impactos ambientais provocados pelos resíduos da construção civil considerando que:



- A disposição de resíduos da construção civil em locais inadequados contribui para a degradação da qualidade ambiental;
- Os resíduos da construção civil representam um significativo percentual dos resíduos sólidos produzidos nas áreas urbanas;
- 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;
- A viabilidade técnica e econômica de produção e uso de materiais provenientes da reciclagem de resíduos da construção civil;
- A gestão integrada de resíduos da construção civil deverá proporcionar benefícios de ordem social, econômica e ambiental.

Pela Resolução todos os resíduos da construção civil devem ser classificados como:

- Classe A: São os resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados, tais como: tijolos, concreto, argamassa, blocos, telhas, placas de revestimentos, solos provenientes de terraplanagem, etc.;
- Classe B: São os resíduos recicláveis para outras destinações, tais como: plásticos, papel/papelão, metais, vidros, madeiras e outros;
- 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;
- 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, bem como telhas e demais objetos que contenham amianto e outros produtos nocivos à saúde (CONAMA, 348/2004).

O objetivo deste trabalho é apresentar os resultados obtidos com a implantação das diretrizes e dos procedimentos da resolução citada acima em um conjunto de obras de pequeno porte. O estudo envolveu a avaliação dos custos do gerenciamento, a quantificação dos insumos utilizados e dos resíduos gerados e a obtenção de índices que possam ser utilizados em obras semelhantes.

MATERIAIS E MÉTODOS

Os estudos foram feitos em três tipos de obras: comercial, industrial e residencial.

A obra comercial avaliada foi um edifício de dois pavimentos, situado na grande BH, com área de 222,50 m² com as seguintes características:

- Fundação direta (profundidade inferior a 3 metros); alvenaria de tijolos cerâmicos; laje maciça de concreto; revestimento interno e externo com reboco, com exceção da fachada frontal (revestimento cerâmico); piso cerâmico; cobertura de madeira e telhas de fibrocimento.

A obra industrial foi um galpão com área de 161,50 m² com as seguintes características:

- Fundação direta (profundidade inferior a 2,5 m); alvenaria de blocos de concreto; revestimento interno e externo com reboco; piso de concreto armado; cobertura metálica.

A obra residencial foi construída em uma cidade da grande BH, com área de 239 m² com as seguintes características:

- Fundação direta (profundidade inferior a 3 metros); alvenaria de tijolos cerâmicos; laje pré-moldada (tipo treliçada) de concreto; revestimento interno e externo com reboco; piso cerâmico em toda a área interna ao lote; cobertura de madeira e telhas cerâmicas.



Todos os funcionários responsáveis pela segregação e acondicionamento dos resíduos na obra foram treinados e orientados sobre a importância do gerenciamento e suas vantagens. Um resumo da Resolução CONAMA nº. 307 foi fornecido para cada funcionário.

Em todas as obras foram determinados locais para acondicionamento temporário dos resíduos. Devido às particularidades encontradas em cada obra, foram adotadas alternativas diferentes para o armazenamento.

A expectativa de uma maior geração de resíduos no início de todas as obras determinou que os resíduos Classe A, provenientes da fundação, fossem quantificados e separados dos demais resíduos, também Classe A, das outras fases da obra. Isso possibilitou a quantificação em separado do resíduo proveniente da fundação.

Para a avaliação dos insumos utilizados em cada obra, foi executado um controle de peso de todos os materiais que entravam no canteiro de obra o que forneceu o peso total das construções. A metodologia para a quantificação dos pesos dos insumos é apresentada em Silva (2007). Essa quantificação possibilitou a obtenção de um índice referente ao peso dos resíduos gerados em relação ao peso total da obra.

RESULTADOS

Os resultados apresentados a seguir, complementam os apresentados por Silva e Simões (2005).

• Obra comercial

Essa obra foi iniciada em outubro de 2005 e terminada em setembro de 2006 com custo final de R\$ 105.620,00. Esse valor refere-se somente ao valor gasto com a construção.

A quantificação do peso total da obra e do peso de todos os resíduos é apresentada nas Tabelas 1 e 2, respectivamente.

Na Tabela 2 os resíduos provenientes da fundação foram materiais escavados para acerto de terreno e estruturas de fundação. Como o prédio era de dois pavimentos foram construídos blocos de fundação com estacas brocas escavadas com profundidade de três metros.

Os resíduos Classe B foram separados em quatro grupos para facilitar sua disposição final. Os papéis e papelões foram provenientes de sacos de cimento, cal, argamassa e caixas de embalagens de revestimento cerâmico, embalagens de louça etc. Os metais foram provenientes de restos de ferragem e restos de ferramentas utilizadas na obra. A madeira foi proveniente da execução de formas e escoramentos e o plástico, proveniente de restos de embalagens de rejunte e metais, restos de tubulações de PVC utilizadas na rede hidráulica



Tabela 1 – Insumos (Materiais) da obra comercial

INSUMOS (MATERIAIS) DA OBRA COMERCIAL						
Item	Quantidade	Unidade	Discriminação	Peso Unitário	Unidade	Peso total (kg)
1	60	m ³	areia	1400	kg/m ³	84000
2	31	sc	argamassa	20	kg	620
3	320	ud	bloco 40x20x20	15	kg	4800
4	36	m ³	brita 1	1450	kg/m ³	52200
5	120	sc	cal	15	kg	1800
6	561	sc	cimento	50	kg	28050
7	15	m ³	concreto usinado	2300	kg/m ³	34500
8	35	m ²	esquadrias metálicas	10	kg/m ²	353
9	1	ud	ferragem	4280	kg	4280
10	7	m ²	granito espessura = 2 cm	54	kg/m ²	370
11	20	m ²	ladrilho hidráulico	40	kg/m ²	800
12	0,5	m ³	madeira (telhado, marcos e portas)	1400	kg/m ³	742
13	227	m ²	piso cerâmico 40 x 40 cm	16	kg/m ²	3725
14	25	sc	rejunte	5	kg	123
15	124	m ³	revestimento de parede	15	kg/m ²	1863
16	151	m ²	telha de fibrocimento	12	kg/m ²	1858
17	1000	ud	tijolos 30x20x10	4	kg	3900
18	5950	ud	tijolos 30x20x15	6	kg	34808
19	1	ud	tintas	261	kg	261
20	16	m ²	vidro	7	kg/m ²	117
Peso total dos insumos (kg)						259.170

Tabela 2 – Resíduos gerados na obra comercial

RESÍDUOS GERADOS NA OBRA COMERCIAL			
Item	Quantidade	Unidade	Discriminação
1	14449	kg	entulho classe A (fundação)
2	6300	kg	entulho classe A (obra)
3	169	kg	papel / papelão
4	139	kg	metais
5	99	kg	madeira
6	25	kg	Plástico e vidro
7	9	litros	verniz, thinner, selador
21.190			Peso total dos resíduos (kg)

Os custos relacionados com o gerenciamento dos resíduos são apresentados na Tabela 3. Nela estão destacados os serviços de separação, acondicionamento temporário, transporte e disposição final dos resíduos. A mão de obra utilizada foi de funcionários do empreiteiro responsável pela obra.

Tabela 3 – Custo do Gerenciamento na obra comercial

CUSTO DO GERENCIAMENTO NA OBRA COMERCIAL						
Item	Função	Serviço Executado	Quantidade	Unidade	Valor Unitário	Valor Total
1	Servente	Segregação / Disposição Final	4	dia	R\$ 46,20	R\$ 184,80
2	Transportador	Transporte de resíduos	3	verba	R\$ 25,00	R\$ 75,00
Custo total do gerenciamento						R\$ 259,80

• Obra Industrial

Essa obra foi iniciada em agosto de 2006 e terminada em Outubro de 2006 com custo final de R\$ 95.100,00. Esse valor refere-se somente ao valor gasto com a construção.



A quantificação do peso total da obra e do peso de todos os resíduos é apresentada nas Tabelas 4 e 5, respectivamente.

Tabela 4 – Insumos (Materiais) da obra industrial

INSUMOS (MATERIAIS) DA OBRA INDUSTRIAL						
Item	Quantidade	Unidade	Discriminação	Peso Unitário	Unidade	Peso total (kg)
1	32	m³	areia lavada grossa	1400	kg/m³	44800
2	10	m³	brita 1 e pedra de mão	1450	kg/m³	14500
3	2100	ud	bloco concreto 40x20x15 cm	13	kg	26376
4	70	sc	cal	15	kg	1050
5	135	sc	cimento	50	kg	6750
6	38	m³	concreto usinado	2300	kg/m³	87400
7	1	ud	estrutura metálica	2872	kg	2872
8	1	ud	ferragem (barras e telas)	1899	kg	1899
9	350	ud	tijolo 30x20x10	4	kg	1365
10	1	ud	tintas	164	kg	164
Peso total dos insumos (kg)						187.176

Tabela 5 – Resíduos gerados na obra industrial

RESÍDUOS GERADOS NA OBRA INDUSTRIAL			
Item	Quant.	Unidade	Discriminação
1	10.500	kg	entulho classe A (fundação)
2	5.390	kg	entulho classe A (obra)
3	217	kg	metais
4	56	kg	madeira
5	49	kg	papel e papelão
6	11	kg	plástico
7	8	litros	esmalte, thinner e tinta
16.231			Peso total dos resíduos (kg)

Os custos relacionados com o gerenciamento dos resíduos são apresentados na Tabela 6.

Tabela 6 – Custo do Gerenciamento na obra industrial

CUSTO DO GERENCIAMENTO NA OBRA INDUSTRIAL						
Item	Função	Serviço Executado	Quant.	Unidade	Valor Unitário	Valor total
1	Servente	Segregação/Disposição Final	3	dia	R\$ 46,20	R\$ 138,60
2	Transportador	Transporte/Disposição Final	2	dia	R\$ 45,00	R\$ 90,00
Custo total						R\$ 228,60

• Obra Residencial

Essa obra foi iniciada em setembro de 2006 e terminada em setembro de 2007 com custo final de R\$ 146.950,00. Esse valor refere-se somente ao valor gasto com a construção.

A quantificação do peso total da obra e do peso de todos os resíduos é apresentada nas Tabelas 7 e 7, respectivamente.



Tabela 7 – Insumos (Materiais) da obra residencial (Fonte: Dados coletados na obra)

INSUMOS (MATERIAIS) DA OBRA RESIDENCIAL						
Item	Quantidade	Unidade	Discriminação	Peso Unitário	Unidade	Peso total (kg)
1	88	m ³	areia	1400	kg/m ³	123200
2	38	sc	argamassa	20	kg	760
3	68	ud	bloco 40x20x20	15	kg	1020
4	55	m ³	brita 1	1450	kg/m ³	79750
5	137	sc	agrofilito	18	kg	2466
6	645	sc	cimento	50	kg	32250
7	1	ud	esquadrias metálicas/madeiras	1165	kg	1165
8	1	ud	ferragem	1622	kg	1622
9	6	m ²	granito espessura = 2 cm	56	kg/m ²	336
10	6	m ³	madeira (telhado, marcos e portas)	1400	kg/m ³	8400
11	304	m ²	piso cerâmico 40 x 40 cm	17	kg/m ²	5244
12	39	sc	rejunte	1	kg	39
13	121	m ³	revestimento de parede	15	kg/m ²	1821,9
14	4030	ud	telha cerâmica	3	kg/m ²	12090
15	1	ud	materiais hidráulicos	262	kg	262
16	3425	ud	tijolos 30x20x15 cm	6	kg	20550
17	175	m ²	laje pré-moldada	75	kg/m ²	13125
18	1	ud	tintas	474	kg	424
19	15	m ²	vidro	7,5	kg/m ²	115,2
Peso total dos insumos (kg)						304.690

Tabela 8 – Resíduos gerados na obra residencial (Fonte: Dados coletados na obra)

RESÍDUOS GERADOS NA OBRA RESIDENCIAL			
Item	Quantidade	Unidade	Discriminação
1	12.980	kg	entulho classe A (fundação)
2	9920	kg	entulho classe A (obra)
3	55	kg	metais
4	138	kg	madeira
5	166	kg	papel e papelão
6	14	kg	plástico
7	14	kg	vidro
8	19	litros	verniz, thinner, selador e tinta
23.306			Peso total dos resíduos (kg)

Os custos relacionados com o gerenciamento dos resíduos são apresentados na Tabela 9.

Tabela 9 – Custo do Gerenciamento na obra residencial (Fonte: Dados coletados na obra)

CUSTO DO GERENCIAMENTO NA OBRA RESIDENCIAL						
Item	Função	Serviço Executado	Quantidade	Unidade	Valor Unitário	Valor Total
1	Servente	Segregação / disposição final	4	dia	R\$ 46,20	R\$ 184,80
2	Transportador	Transporte disposição final	3	verba	R\$ 30,00	R\$ 90,00
Custo total do gerenciamento						R\$ 274,80



• Índices obtidos nas obras avaliadas

Com os resultados obtidos, foram calculados índices que relacionam as quantidades de resíduos gerados com as áreas das construções e com os insumos utilizados (Tabelas 10 e 11). Embora apresentem finalidades diferentes, o conjunto de obras estudado apresenta índices semelhantes.

Tabela 10 – Resíduos Gerados / m² construído (Fonte: Dados coletados na obra)

ÍNDICE DE RESÍDUOS GERADOS / M ² CONSTRUÍDO				
Item	Obra	Área (m ²)	Resíduos Gerados (kg)	Resíduos / Área (kg/m ²)
1	Comercial	222,5	21.190	95,24
2	Industrial	161,5	16.231	100,50
3	Residencial	239,0	23.306	97,51

Tabela 11 – Resíduos Gerados / insumos (Fonte: Dados coletados na obra)

ÍNDICE DE RESÍDUOS GERADOS / INSUMOS (MATERIAIS)				
Item	Obra	Resíduos gerados (kg)	Insumos (kg)	Resíduos / Insumos
1	Comercial	21.190	259.170	0,082
2	Industrial	16.231	187.176	0,087
3	Residencial	23.306	304.690	0,076

O percentual de custo do gerenciamento em relação ao custo da obra é apresentado na Tabela 12.

Tabela 12 – Custo do gerenciamento CG / Custo da obra - CO (Fonte: Dados coletados na obra)

ÍNDICE DO CUSTO DO GERENCIAMENTO (CG) / CUSTO DA OBRA (CO)				
Item	Obra	CG	Custo da obra (CO)	Índice CG / CO
1	Comercial	R\$ 259,80	R\$ 105.620,00	0,25%
2	Industrial	R\$ 228,60	R\$ 95.100,00	0,24%
3	Residencial	R\$ 274,80	R\$ 145.790,00	0,19%

A Tabela 13 apresenta alguns índices relacionados aos resíduos classe A. Os resultados indicam que os resíduos classe A representaram em média 98% de todos os resíduos gerados nas obras estudadas. Além disso, observa-se que os resíduos classe A produzidos nas etapas iniciais das obras estudadas (terraplenagem e fundação) representaram, em média, 62% dos resíduos totais produzidos.

Tabela 13 – Representatividade dos resíduos classe A (RCA)

Item	Obra	RCA gerados na fundação (kg)	RCA gerados nas outras etapas (kg)	Total de RCA (kg)	Total de resíduos gerados (kg)	RCA fundação / Total de RCA (%)	RCA / Total de resíduos gerados (%)
1	Comercial	14.449	6.300	20.749	21.190	69,64	97,92
2	Industrial	10.500	5.390	15.890	16.231	66,08	97,90
3	Residencial	12.980	9.920	22.900	23.306	56,68	98,26

CONCLUSÕES

Embora as obras estudadas apresentem particularidades que as diferem de outras construções semelhantes, os índices obtidos fornecem dados que podem auxiliar em comparações com obras equivalentes.

Observou-se que os resíduos recicláveis para outras destinações (classe B = metais, papel, madeira etc.) representam um percentual muito pequeno em relação ao peso total dos resíduos gerados: 2,01% no caso da obra comercial, 2,05% na obra industrial e 1,66% na obra residencial. Esse fato facilita a sua separação e



posterior destinação adequada, antes da mistura com os resíduos classe A, que representam mais de 97,5% do peso total de resíduos em todas as obras avaliadas.

Na avaliação do custo do gerenciamento os valores foram muito baixos, representando em média 0,23% do custo final das obras. Esses valores ainda poderiam ser menores caso os serviços fossem executados em horários normais. Em todas as obras, o serviço de gerenciamento foi feito em horas extras, o que dobrou o custo final da mão de obra.

Além do baixo custo, a implantação das diretrizes da Resolução CONAMA nº. 307/02 no conjunto de obras de pequeno porte estudado foi muito bem aceita pelos operários e proporcionou uma melhoria significativa na organização e nas condições higiene e segurança do trabalho nos canteiros.

Os resíduos classe A, que apresentam grande potencial para reciclagem e produção de agregados, representaram em média 97,5% dos resíduos totais produzidos. Destaca-se ainda, que as etapas iniciais das construções, que envolvem as atividades de terraplenagem e fundação, foram responsáveis, em média, por 62% de todo o resíduo produzido. Considerando as características dos resíduos dessas etapas, que são constituídos basicamente de solos, que podem ter uma destinação final menos onerosa ou mesmo serem utilizados em outras obras, os índices de geração de resíduos obtidos no conjunto de obras estudado seriam reduzidos de forma significativa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BIDONE, F.A.R. et al. *Resíduos sólidos provenientes de coletas especiais: reciclagem e disposição final*. Rio de Janeiro. 240 p. 1ª edição. Projeto PROSAB. 2001.
2. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. *Resolução nº 307, de 05 de Julho de 2002*. Diário Oficial da União, de 30 de agosto de 2002, seção I, p. 17.241.
3. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. *Resolução nº. 348, de 16 de Agosto de 2004*. Diário Oficial da União, de 17 de agosto de 2004, seção I, nº. 158.
4. JOHN, V. M. *Reciclagem de resíduos na construção civil: Contribuição à metodologia de pesquisa e desenvolvimento*. São Paulo, 2000. Tese de livre docência – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 102p.
5. SILVA, A.F.F. (2007). *Gerenciamento de resíduos da construção civil de acordo com a resolução conama Nº. 307/02 – Estudo de caso para um conjunto de obras de pequeno porte*. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos, UFMG, 117.
6. SILVA, A.F.F. e SIMÕES, G.F. (2005). Avaliação do gerenciamento de resíduos na construção civil de acordo com a resolução CONAMA Nº. 307/02. *Anais do 24º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental*, Belo Horizonte, MG.