

### **III-069 - POTENCIAL DE RECICLAGEM DOS RESÍDUOS SÓLIDOS DOMICILIARES EM DOIS PERÍODOS NA REGIÃO SUL DE MINAS GERAIS**

**Camila Silva Franco**<sup>(1)</sup>

Engenheira Ambiental pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP), em Sorocaba. Mestre em Recursos Hídricos em Sistemas Agrícolas pela Universidade Federal de Lavras (UFLA). Doutoranda em Recursos Hídricos em Sistemas Agrícolas pela Universidade Federal de Lavras (UFLA).

**Luiz Fernando Coutinho de Oliveira**<sup>(2)</sup>

Eng. Agrícola (UFLA); M. Sc. em Engenharia de Água e Solo (UFLA); D. Sc. em Engenharia Agrícola (UFV). Professor adjunto do núcleo didático científico de água e solo na Universidade Federal de Lavras (UFLA)

**Antônio Marciano da Silva**<sup>(3)</sup>

Eng. Agrônomo (UFLA); M. Sc. em Recursos Hídricos e Saneamento (IPH/UFRGS); D. Sc. em Engenharia Hidráulica (EESC/USP). Professor Titular do núcleo didático científico de água e solo na Universidade Federal de Lavras (UFLA)

**Ronaldo Fia**<sup>(4)</sup>

Eng. Agrícola e Ambiental (UFV); D. Sc. em Engenharia Agrícola (UFV). Professor Adjunto do núcleo didático científico de água e solo na Universidade Federal de Lavras (UFLA)

**Rosângela Francisca de Paula Vitor Marques**<sup>(5)</sup>

Engenheira Florestal pela Universidade Federal de Lavras (UFLA). Mestre em Recursos Hídricos em Sistemas Agrícolas pela Universidade Federal de Lavras (UFLA). Doutoranda em Recursos Hídricos em Sistemas Agrícolas pela Universidade Federal de Lavras (UFLA).

**Endereço**<sup>(1)</sup>: Universidade Federal de Lavras – Campus universitário - Lavras - MG - CEP: 37200-000 - Brasil - Tel: +55 (35) 98252612 - e-mail: [camilasf@posgrad.ufla.br](mailto:camilasf@posgrad.ufla.br).

#### **RESUMO**

O crescimento acelerado da população demanda pela produção de bens e serviços, que à medida que são consumidos, geram resíduos sólidos. Neste contexto, ocorre o destino incorreto dos RSU, causando riscos à saúde pública e ambiental. Como forma de promover a redução dos RSU encaminhados à destinação final, a coleta seletiva de materiais recicláveis é realizada no Brasil desde a década de 80. Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi o de identificar o potencial de reciclagem contido no resíduo sólido domiciliar (RSD). Para tanto, foram realizadas 385 coletas do RSD, em 20 cidades da região Sul de Minas Gerais, que foram selecionadas estatisticamente segundo um plano amostral, de forma a proporcionar uma margem de erro de 5%. Dentro do plano amostral os municípios foram sorteados, abrangendo sete macrorregiões e cinco portes diferentes, levando em consideração três classes econômicas (A, B e C). As coletas ocorreram de porta em porta durante em dois períodos do ano, ou seja, no inverno e no verão. Do total em massa de RSD gerado na região, 16% no inverno e 15% no verão são recicláveis com potencial para serem comercializados, compostos, principalmente por plásticos e papéis. Foram observadas entre os dois períodos, diferenças de média a um nível de significância de 5% para as gerações per capita de papelão, papel fino, plástico filme e metais não ferrosos. Estes resultados podem ser considerados no planejamento de programas de coleta seletiva, dependendo apenas a participação da população e da capacidade de coleta e venda na região.

**PALAVRAS-CHAVE:** Gestão de resíduos sólidos, composição gravimétrica, coleta seletiva, materiais recicláveis.

#### **INTRODUÇÃO**

O crescimento acelerado da população demanda pela produção de bens e serviços, que à medida que são consumidos, geram resíduos sólidos. No Brasil, foi registrado de 2009 a 2010 um crescimento de 5,3% na geração per capita de resíduos sólidos urbanos (RSU), totalizando 60,9 milhões de toneladas por ano (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS, 2010). Essa crescente geração de RSU dificulta sua gestão, principalmente em cidades de pequeno porte, dada a falta de informação e de recursos financeiro, como é caso da região Sul de Minas Gerais que é composta por 178 municípios, dos quais 93,33% possuem população abaixo de 50.000 habitantes (IBGE, 2008).

Neste contexto, ocorre o destino incorreto dos RSU, causando riscos à saúde pública e ao meio ambiente. No âmbito do Estado de Minas Gerais, ocorrem diferentes formas de disposição final do RSU, sendo que em número de municípios, 30,61% são atendidos com vazadouros a céu aberto, 17,86% com aterros controlados, 45,87% com aterros sanitários e 5,44% com Unidades de Triagem e Compostagem (FUNDAÇÃO ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE, 2010).

A política nacional de resíduos sólidos (Lei 12.305/2010) é exemplo da preocupação do governo federal brasileiro com melhorias nesse setor. A legislação prevê a caracterização dos serviços e demandas, como o primeiro passo para a construção dos planos de gestão de resíduos sólidos. A coleta seletiva é considerada como forma de destinação final adequada pela legislação (BRASIL, 2010).

Como forma de promover a redução dos RSU encaminhados à destinação final, a coleta seletiva de materiais recicláveis é realizada no Brasil desde a década de 80. Em 2004 foram estimados mais de 500 mil catadores de materiais recicláveis, responsáveis por 90% dos materiais que chegam às recicladoras. Em 2010, 57,6% dos municípios brasileiros indicaram a existência de coleta seletiva. Destaca-se neste contexto a necessidade da articulação entre as prefeituras e os catadores, uma vez que ambos prestam serviço de limpeza urbana (INSTITUTO BRASILEIRO DE ADMINISTRAÇÃO MUNICIPAL, 2004; IBGE, 2008).

Alumínio, papel, plástico e vidro são os principais materiais responsáveis pelas atividades de reciclagem pós-consumo no país. Estimativas de 2004 mostraram que foram reciclados no Brasil cerca de 98% das latas de alumínio, 46% dos papéis de escritório, 80% do papelão, 47% das embalagens de vidro, 21,2% dos plásticos e 49% das latas de aço (CEMPRE, 2011).

Embora estes números indiquem que a coleta seletiva é capaz de desviar uma grande parcela dos resíduos da disposição final, muito ainda é enterrado. A caracterização gravimétrica é o estudo mais utilizado para identificar o potencial de reciclagem de um município ou região. Quanto mais detalhada for a caracterização, mais interessante será para estudos sobre reciclagem, como foi realizado por Matos & Schalch (2007) na cidade de São Carlos.

Em vista do exposto, este trabalho teve como objetivo a Identificar o potencial de reciclagem dos Resíduos Sólidos Domiciliares (RSD) da região atendida pela Superintendência Regional de Meio Ambiente (SUPRAM) Sul de Minas Gerais nos períodos de inverno e verão.

## MATERIAIS E MÉTODOS

O Sul do Estado de Minas Gerais corresponde a 178 municípios que ocupam uma área de 49.523.893 km<sup>2</sup> (IBGE, 2010). A base utilizada como referência para o planejamento amostral foi composta por 152 municípios localizados inteiramente nas sete macrorregiões que compõem a Superintendência Regional de Meio Ambiente (SUPRAM) Sul de Minas Gerais.

O número de domicílios (N = 385) a serem entrevistadas e amostrados foi determinado pelo emprego da equação 1 para uma margem de erro de 5% (E).

$$N = \frac{Z_{\alpha/2}^2 \cdot p \cdot q}{E^2} \quad \text{equação (1)}$$

em que:

N = número de indivíduos na amostra (domicílios);

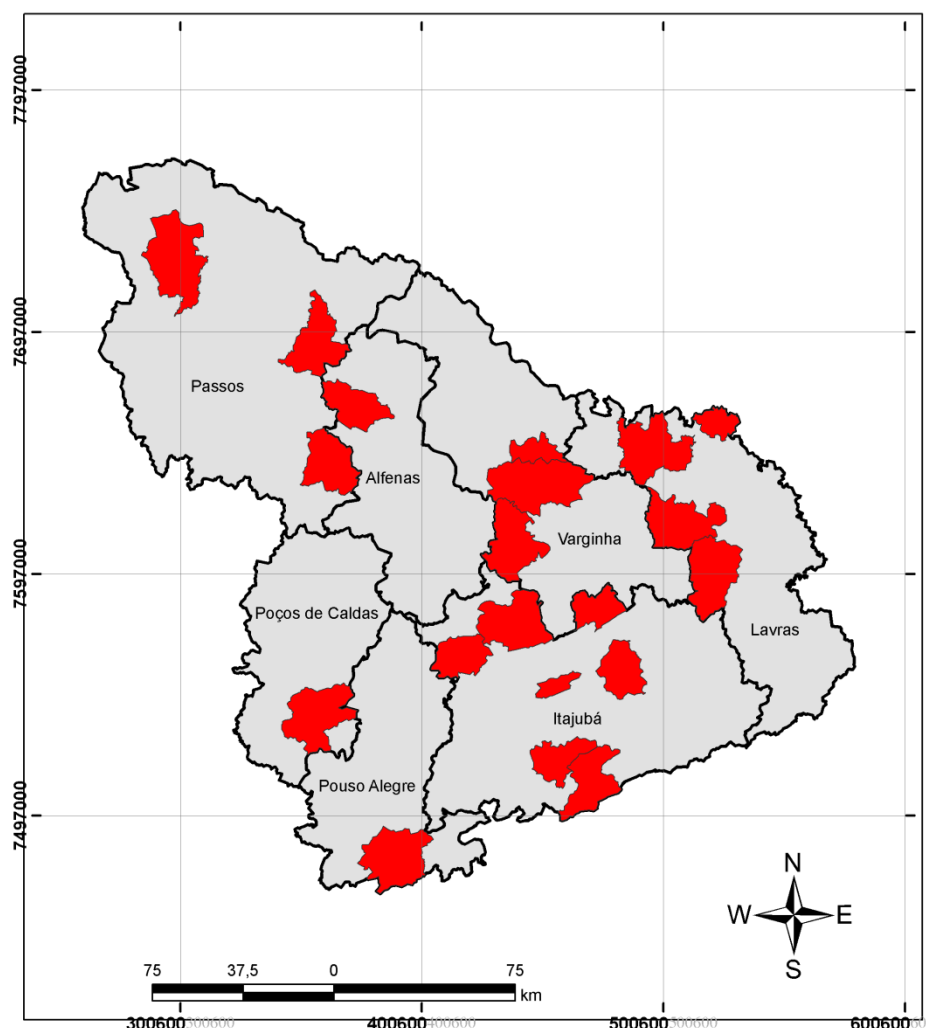
$Z_{\alpha/2}$  = variável padronizada da distribuição normal para o nível de significância  $\alpha$  de 5%;

p = proporção populacional de indivíduos que pertencem à categoria de interesse;

q = proporção populacional de indivíduos que não pertencem à categoria de interesse;

E = margem de erro, que implica na diferença máxima atribuída entre a proporção amostral e a proporção populacional, fixado em 5%.

Com a distribuição percentual das cidades por porte, segundo estimativas do IBGE (2007) e fixando-se o número de municípios em 20, foi possível calcular o número de municípios, sorteados de forma aleatória. Para distribuição espacial destes municípios considerou-se as sete macrorregiões apresentadas na Figura 1.



**Figura 1: Distribuição espacial dos municípios sorteados nas sete macrorregiões sob jurisdição da SUPRAM Sul de Minas.**

A coleta abrangeu domicílios de três classes econômicas diferentes. A estratificação foi realizada utilizando as informações do Critério de Classificação Econômica – Brasil (CCEB), criado e adotado pela Associação Brasileira das Empresas de Pesquisa - ABEP (2008). O CCEB consiste em um sistema de pontuação padronizado para estimar a capacidade de consumo de produtos e serviços acessíveis a uma parte significativa da população brasileira, assumindo que a classe econômica é uma característica familiar e passível de ser aplicado em diferentes períodos. Segundo a ABEP (2008), as três classes econômicas A, B e C, representam em Minas Gerais respectivamente 5%, 31,4% e 63,6%.

O número de domicílios distribuídos entre os municípios foi calculado de forma proporcional ao tamanho da população e à estratificação econômica para Minas Gerais (Tabela 1).

**Tabela 1: Estratificação por classe econômica e por município sorteado**

MUNICÍPIO	NÚMERO DE DOMICÍLIOS
Conceição das Pedras	10
Ibituruna	11
Delfim Moreira	14
Santana da Vargem	12
Luminárias	9
Silvianópolis	11
Conceição da Aparecida	7
Monte Belo	10
Carmo de Minas	10
Cruzília	15
Alpinópolis	16
Cássia	16
Cambuquira	12
Camanducaia	16
Elói Mendes	23
Ouro Fino	29
São Gonçalo do Sapucaí	21
Itajubá	55
Lavras	55
Três Pontas	33
<b>TOTAL</b>	<b>385</b>

A coleta foi realizada no sistema porta-porta em apenas um dia em cada cidade, nos períodos de inverno (nos meses de junho, julho e agosto) e verão (janeiro, fevereiro e março). Foi estabelecida uma rota paralela e anterior à oficial, cerca de uma hora antes da coleta convencional, os RSD foram recolhidos, assim, foi possível recolher o que realmente seria coletado pelo veículo de limpeza urbana. Foram evitados segundas feiras e feriados, nos quais há variações nas rotinas das famílias e, portanto, na geração de RSD.

No momento da coleta, a participação dos moradores na pesquisa foi voluntária, sua identificação não foi questionada e seu endereço desconsiderado, a fim de preservar sua privacidade. Os RSD coletados foram identificados apenas por um número, classe econômica do domicílio e número de moradores.

Após a coleta, foi realizada a análise gravimétrica do material. A análise do RSD foi realizada de forma individual (por domicílio), a fim de permitir análises estatísticas dos resultados. Nessa etapa, a equipe foi devidamente protegida com luvas de raspa e de borracha, aventais, máscaras e óculos de proteção.

O RSD foi então analisado com enfoque no potencial de reciclagem de seus componentes tais como: papelão, papel fino; embalagens de longa vida; plásticos filmes e rígidos; vidro incolor e colorido; metais ferrosos e não ferrosos. Cada um destes itens possui valor diferenciado no mercado de sucatas.

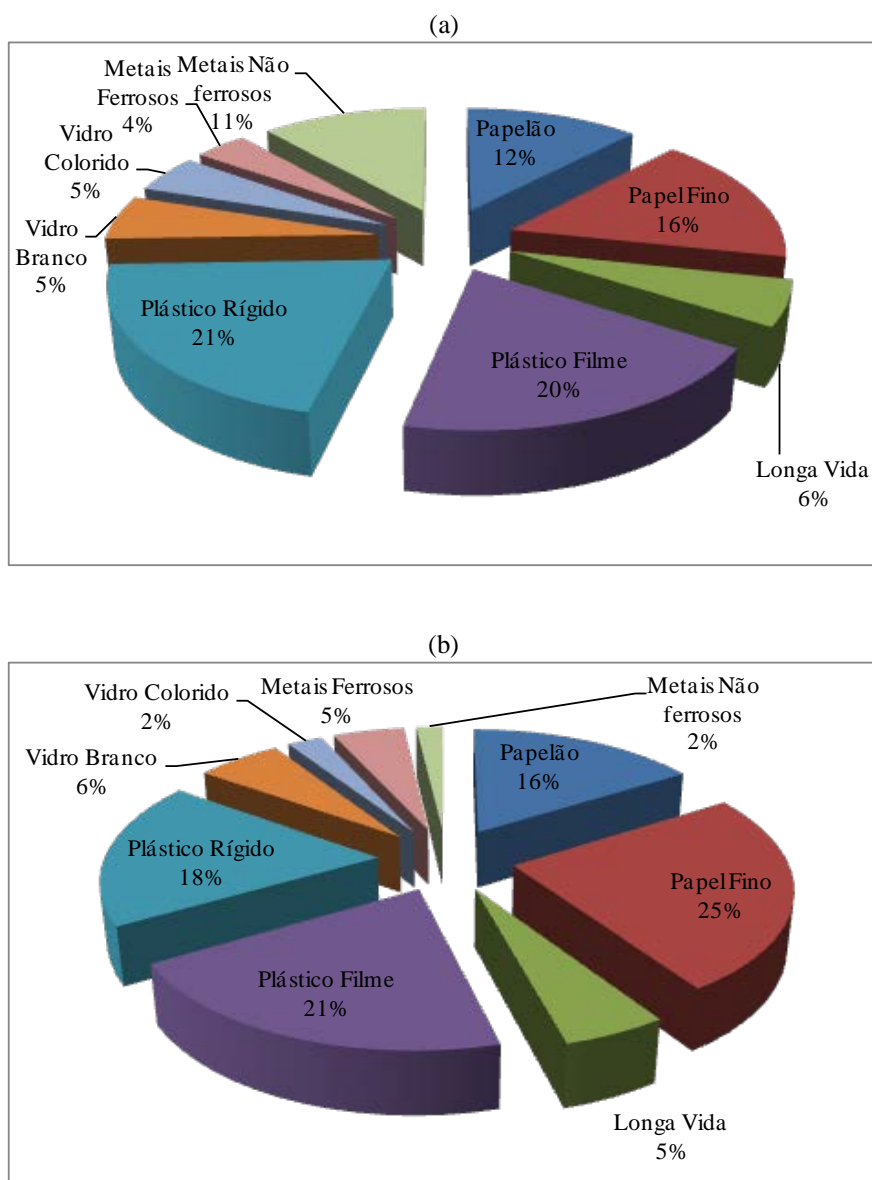
Após a análise gravimétrica, foi possível encontrara a geração *per capita* dos resíduos recicláveis, orgânicos e rejeitos. Essas informações em massa foram relacionadas pelos testes F e com o período do ano pelo o programa estatístico Statistical Package for the Social Science (SPSS) 16.0.

## RESULTADOS

Do total em massa de RSD gerado na região, 16% no inverno e 15% no verão são recicláveis e poderiam ser foco de coleta seletiva e comercialização, favorecendo o trabalho formal de catadores. O desvio destes materiais do aterramento poderia aumentar a vida útil das áreas de disposição final, uma vez que representam cerca de 190 ton dia<sup>-1</sup> no inverno e 220 ton dia<sup>-1</sup> no verão para uma população de 2566278 habitantes.

Porém, só é possível encaminhar os materiais para reciclagem, se forem separados dos orgânicos. Isto ocorre por que o alto teor de restos de alimentos e de umidade prejudica a recuperação do material. Em prática

semelhante, Zhuang et al. (2008) reporta a eficiência financeira da coleta separada, em comparação com a coleta convencional observada na cidade de Hangzhou, China. A Figura 1 mostra a composição dos materiais com reciclagem desenvolvida



**Figura 2: Composição dos materiais com recicláveis nos períodos de (a) inverno e (b) verão.**

Essa composição representa o potencial de reciclagem no Sul de Minas. Caso um programa de coleta seletiva seja instalado num município, os materiais com maior potencial de comercialização serão os plásticos e os papéis. A Tabela 2 apresenta a quantidade provável a ser comercializada na região e o valor a ser arrecadado, considerando o preço de venda do material reciclável na cidade de Lavras (CEMPRE, 2012).

**Tabela 2: Quantidade de materiais recicláveis gerados nos 152 municípios do Sul de Minas e valores a serem arrecadados com a venda**

MATERI-AL	PREÇO/TON (R\$)	INVERNO				VERÃO			
		MÉDIA* (kg hab <sup>-1</sup> dia <sup>-1</sup> )	DESVIO PADRÃO (kg hab <sup>-1</sup> dia <sup>-1</sup> )	TOTAL (ton dia <sup>-1</sup> )	PREÇO TOTAL (R\$)	MÉDIA* (kg hab <sup>-1</sup> dia <sup>-1</sup> )	DESVIO PADRÃO (kg hab <sup>-1</sup> dia <sup>-1</sup> )	TOTAL (ton dia <sup>-1</sup> )	PREÇO TOTAL (R\$)
Papelão	210,00	0,010 <sup>a</sup>	0,021	24,553	5156,07	0,015 <sup>b</sup>	0,039	38,755	8138,60
Papel fino	350,00	0,013 <sup>a</sup>	0,060	32,972	11540,17	0,023 <sup>b</sup>	0,081	59,553	20843,61
Longa vida	150,00	0,004	0,009	11,392	1708,82	0,005	0,017	12,410	1861,48
Plástico filme	850,00	0,015 <sup>a</sup>	0,017	39,694	33739,96	0,019 <sup>b</sup>	0,025	50,015	42512,48
Plástico rígido	850,00	0,017	0,027	42,354	36000,72	0,017	0,026	44,259	37619,83
Vidro incolor	150,00	0,004	0,028	11,301	1695,21	0,006	0,022	14,231	2134,62
Vidro colorido	–	0,004	0,021	9,638	–	0,002	0,018	5,873	–
Metais ferrosos	240,00	0,003	0,036	7,403	1776,68	0,005	0,020	11,972	2873,29
Metais não ferrosos	2600,00	0,009 <sup>a</sup>	0,032	23,393	60822,02	0,002 <sup>b</sup>	0,008	4,452	11574,70

\* Valores médios seguidos por letras diferentes na horizontal diferem-se pelo teste F

Observa-se diferença de média significativa a 5% de erro entre as quantidades per capita de papelão, papel fino e plástico filme, ou seja, pode-se dizer que a geração destes materiais é dependente do período do ano. Estes materiais possuem suas massas aumentadas pela umidade devido à maior incidência de chuvas no verão, portanto, as diferenças encontradas podem estar relacionadas com a umidade do material. Alterações nos hábitos e padrões de consumo das famílias entre os dois períodos, também podem influenciar na geração de RSD. Um estudo neste sentido pode justificar a diferença de média encontrada na geração de metais não ferrosos.

Estes valores per capita podem auxiliar as cidades da região a calcular o valor bruto a ser arrecadado na venda dos materiais, dependendo da participação da população na coleta seletiva. As alterações entre os dois períodos também deve ser considerada neste planejamento. Observa-se a possibilidade de arrecadação bruta de cerca de R\$130 000,00 por dia em toda região, considerando o preço de venda do material reciclável na cidade de Lavras (CEMPRE, 2012).

Esta informação é de extrema importância no que diz respeito ao planejamento de programas de coleta seletiva e cooperativa de catadores. Existe atualmente na região, a intenção da criação de uma Cooperativa Rede Regional Sul de Minas pelo Instituto Nenuca de Desenvolvimento Sustentável (INSEA, 2013), neste sentido, este estudo é capaz e auxiliar na análise de mercado para venda conjunta destes materiais na região.

## CONCLUSÕES

De todo o RSD produzido na região atendida pela SUPRAM Sul de Minas, 16% no inverno e 15% no verão são passíveis de ser comercializados para reciclagem e seu desvio poderia contribuir para o aumento da vida útil dos aterros.

Destes materiais, os plásticos e os papéis são encontrados em maior quantidade. A geração de plásticos filme, papéis fino, papelão e metais não ferrosos possui diferença de média significativa, ou seja, seu valor em massa varia de acordo com o período do ano.



Estes resultados podem ser considerados no planejamento de programas de coleta seletiva, dependendo apenas a participação da população e da capacidade de coleta e venda no município.

Recomenda-se um estudo semelhante em cada cidade, considerando o volume dos componentes do RSD e abrangendo áreas comerciais, para melhor entendimento da realidade local.

## AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa do estado de Minas Gerais – FAPEMIG;  
À Fundação Estadual de Meio Ambiente – FEAM;  
Ao Sérgio Nascimento, Rafael Villaça e Vinícius Oliveira.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABEP - Associação Brasileira de Empresas de Pesquisas. **Critério de classificação econômica Brasil – CCEB**. 2008. Disponível em: <[http://www.abep.org/codigosguias/Criterio\\_Brasil\\_2008](http://www.abep.org/codigosguias/Criterio_Brasil_2008)>. Acesso em: 10 dez. 2010.
2. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil**. 2010. Disponível em: <[http://www.abrelpe.org.br/panorama\\_apresentacao.cfm](http://www.abrelpe.org.br/panorama_apresentacao.cfm)>. Acesso em: 15 jan. 2011.
3. BRASIL. Lei n. 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 3 ago. 2010. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm)>. Acesso em: 23 jan. 2011.
4. COMPROMISSO EMPRESARIAL PARA A RECICLAGEM. **Preço do material reciclável**. 2011. Disponível em: <[http://www.cempre.org.br/servicos\\_mercado.php](http://www.cempre.org.br/servicos_mercado.php)>. Acesso em: 24 ago. 2012.
5. FUNDAÇÃO ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE. **Situação do tratamento e/ou disposição final dos resíduos sólidos urbanos de Minas Gerais**. 2010. Disponível em: <<http://www.feam.br/minas-sem-lixoes>>. Acesso em: 30 ago. 2011.
6. INSTITUTO BRASILEIRO DE ADMINISTRAÇÃO MUNICIPAL. **O poder público municipal e as organizações de catadores**. Rio de Janeiro, 2004. p. 72
7. IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2007. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias>>. Acesso em: 10 jan. 2012
8. IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico**, 2008. Disponível em: <[http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaodevida/pnsb2008/PNSB\\_2008.pdf](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaodevida/pnsb2008/PNSB_2008.pdf)>. Acesso em: 21 nov. 2011.
9. INSEA - Instituto Nenuca de Desenvolvimento Sustentável. **Projeto Novo Ciclo**. 2013. Disponível em: <<http://www.insea.org.br/projeto-novo-ciclo-sul-de-minas/>>. Acesso em 28/03/2013.
10. MATOS, T. F. L.; SCHALCH, V. Composição dos resíduos poliméricos, pós-consumo, gerados no município de São Carlos, SP. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, Rio de Janeiro, v. 17, n. 4, p. 346-351. 2007.
11. ZHUANG, Y., WU, S.W., WANG, Y.L., WU, W.W. CHEN, Y.X. **Source separation of household waste: A case study in China**. Waste Management. 28, 2022-2030. 2008.