

Coleta seletiva em condomínios residenciais verticalizados do município de Vitória (ES): características operacionais e de participação social

Selective collection in residential condominiums in the municipality of Vitória: operational and social characteristics

Jacqueline R. Bringhenti^[a] , Patrícia Dornelas Bassani^[b], Irene Thomé Rabello Laignier^[c], Florindo dos Santos Braga^[d], Wanda M. Riso Günther^[e]

[a] Instituto Federal do Espírito Santo (IFES), Coordenadoria de Engenharia Sanitária e Ambiental, Espírito Santo, ES, Brasil

[b] Secretaria Estadual de Saúde (SESA), Núcleo de Vigilância em Saúde, Espírito Santo, ES, Brasil

[c] Grupo de Estudos em Modelagem Ambiental e Sustentabilidade (GEMA), Espírito Santo, ES, Brasil

[d] Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), Centro Tecnológico, Espírito Santo, ES, Brasil

[e] Universidade de São Paulo (USP), Faculdade de Saúde Pública (FSP), Departamento de Saúde Ambiental, São Paulo, SP, Brasil

Como citar: Bringhenti, J. R., Bassani, P. D., Laignier, I. T. R., Braga, F. S., & Günther, W. M. R. (2019). Coleta seletiva em condomínios residenciais verticalizados do município de Vitória (ES): características operacionais e de participação social. *urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana*, 11, e20170223. <https://doi.org/10.1590/2175-3369.011.e20170223>

Resumo

A determinação das características operacionais e de participação social de iniciativas de coleta seletiva no município de Vitória, no Espírito Santo, Brasil, envolveu oito condomínios residenciais verticalizados. Para avaliar o comportamento da geração de resíduos sólidos/recicláveis, foram executadas 16 campanhas durante um mês. Em três delas, foi avaliado o gerenciamento por meio de: *checklist* das condições operacionais; entrevistas com roteiro semiestruturado; observações e registros de campo; e monitoramento do programa. O resíduo sólido mais representativo foi o papel (46,8%), e o menos observado, o eletroeletrônico (0,6%). Verificou-se alta taxa de rejeitos (18,1%), denotando falhas na segregação. A geração média *per capita* resultou em 0,07 kg/hab/dia com participação de 25,3% dos moradores, não sendo observada diferença significativa entre as semanas. Observou-se correlação negativa entre geração *per capita* e número de apartamentos, sugerindo que condomínios com mais residências têm dificuldades de disseminar a coleta seletiva, levando à baixa participação. Infraestrutura, coleta, rotatividade e ações de divulgação são gargalos operacionais.

Palavras-chave: Resíduos sólidos domésticos. Coleta seletiva. Composição gravimétrica de resíduos. Reciclagem. Condomínios residenciais.

Abstract

The determination of the operational and social characteristics of the selective collection initiatives of Vitória, Espírito Santo, Brazil, involved eight residential condominiums. To evaluate the behavior of solid/recyclable waste generation, throughout the month, 16 campaigns were carried out. In three of

JRB é engenheira, doutora em Saúde Pública, e-mail: jacquelineb@ifes.edu.br

PDB é bióloga, mestre em Engenharia Ambiental, e-mail: patriciadbassani@gmail.com

ITRL é engenheira, mestre em Engenharia Ambiental, e-mail: irene_laignier@yahoo.com.br

FSB é engenheiro, pós-doutor em Engenharia Sanitária, e-mail: florindo.braga@gmail.com

WMRG é engenheira, socióloga, pós-doutora em Geoquímica, e-mail: wgunther@usp.br



these campaigns, the management was evaluated using: checklist; semi-structured interview; observations; field records and programs monitoring. The most representative in weight was the paper (46.8%) and the most less observed was the electronic (0.6%). There was a high rate of refuse (18.1%), indicating segregation failures. The average per capita generation of dry waste resulted in 0.07 kg/person/day for the participation of 25.3% of residents, and no significant difference was observed between the weeks. There was a negative correlation between the generation and the number of apartments, suggesting that condominiums with more households have difficulties to spread the selective collection, leading to lower participation rates. Infrastructure, collection, turnover, and dissemination actions are operational constraints.

Keywords: Household solid waste. Selective collection. Waste composition. Recycling. Residential condominiums.

Introdução

O fenômeno da urbanização, em âmbito mundial, tem se intensificado ao longo dos anos. Em 2014, 54% da população mundial vivia em áreas urbanas, e as estatísticas de projeção apontam para 66% em 2050 (United Nations, 2014). No Brasil, a taxa de urbanização, em 1950, era de 36% (54 milhões de habitantes) e atingiu, em 2014, 85% (202 milhões de habitantes).

Nos centros urbanos de médio e grande porte, o fenômeno da urbanização vem acompanhado da verticalização, decorrente da demanda por espaço urbano para habitações, serviços e equipamentos indispensáveis ao atendimento da população. No Brasil, no início deste século (XXI), a proporção de pessoas que residem em apartamentos quase dobrou em mais de 1.500 municípios brasileiros (IBGE, 2010).

A verticalização das cidades impacta os serviços urbanos, sobrecarregando, em particular, o gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos (RSU). Em consequência, as etapas de coleta, transporte e transbordo são afetadas e necessitam ser periodicamente readequadas à nova realidade da geração de resíduos. A coleta seletiva (CS), com fins de reciclagem dos materiais, é alternativa para atenuar o impacto dos grandes volumes gerados, contribuindo para reduzir a geração de RSU, ao mesmo tempo que proporciona recuperação dos materiais recicláveis (MR), como matéria-prima secundária em processos industriais.

No entanto, a CS também pressiona os serviços de limpeza urbana com relação à sua operacionalização e aos seus custos, porém, mesmo já integrando o sistema de resíduos sólidos em muitos municípios brasileiros, ainda não alcançou a universalização (quanto à sua abrangência) nas áreas urbanas desses municípios. No cenário atual, a maior parte das iniciativas e das ações de CS no país ainda é informal. Apenas 22% dos municípios brasileiros operam programas com CS para promoção da reciclagem, o que corresponde a 1.227 experiências implantadas e em funcionamento, concentradas (87%) nas duas regiões mais desenvolvidas do país: Sul e Sudeste (CEMPRE, 2018).

Em 2010, foi editada a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) (Brasil, 2010), que instituiu a CS como um de seus instrumentos de gestão e estabeleceu metas de reciclagem para os setores público e produtivo, com participação social. Como importante desafio, o aumento da produtividade e a redução de custos são fatores determinantes para que o modelo de CS adotado se torne viável e menos dependente de subsídios (CEMPRE, 2013).

Entre os fatores que contribuem para a autossustentabilidade de iniciativas de CS, destaca-se a determinação das características físicas dos recicláveis, que deve ser agregada a informações operacionais e de participação social para uma análise mais contextualizada. Essas informações são importantes para a elaboração de planos de gerenciamento de resíduos, seleção de equipamentos específicos, estudo de rotas de coleta, dimensionamento de sistemas de triagem/armazenamento e obtenção de indicadores para gerenciamento. A caracterização e a quantificação permitem identificar os materiais que podem ser desviados do fluxo de resíduos, assim como as oportunidades de reciclagem em função das especificações dos compradores de MR (Tchobanoglous et al., 1993).

Vários autores realizaram estudos de caracterização de resíduos sólidos no mundo (Dennison et al., 1996; Gomez et al., 2008; Al-Khatib et al., 2010; Aphale et al., 2015; Miezah et al., 2015) e no Brasil (Fehr et al., 2000; Laignier, 2001; Morigaki, 2003; Rocha, 2005; Trazzi, 2005; Frésca, 2007; Mancini et al., 2007). Entretanto, dados direcionados a condomínios residenciais são escassos e restritos (Fehr et al., 2000; Bringhenti et al., 2009; Luna et al., 2010), mesmo considerando a verticalização urbana, o que evidencia a necessidade de pesquisas voltadas a essa categoria habitacional. Por outro lado, a relação entre comportamento da população e operação/desempenho de sistemas de reciclagem, a partir da CS, tem sido tema de várias pesquisas (Wang et al., 1997; McDonald & Oates, 2003; Timlett & Williams, 2008; Sidique et al., 2010a, 2010b).

A determinação das características e da qualidade dos MR e o conhecimento dos aspectos operacionais e da participação social na CS são fatores que contribuem para melhorar as práticas e as políticas adotadas, para atingir as metas de reciclagem e para a ampliação da quantidade de resíduos desviada dos aterros. Há, portanto, carência de investigação e discussão sobre essa temática, incluindo a abordagem de mecanismos para tornar a CS mais eficiente e eficaz.

Este artigo tem a finalidade de apresentar estudo de caso realizado em condomínios que receberam serviços do Programa Municipal de Coleta Seletiva (PMCS), situados em bairro populoso e de classe média, verticalizado e com alta densidade populacional de Vitória, no Espírito Santo, Brasil. Esse município situa-se em uma ilha com extensão de 98,5 km² e população de 319.163 habitantes (IBGE, 2010), além de possuir diversas áreas ambientalmente protegidas e enfrentar dificuldades em alocar espaço territorial para disposição final dos RSU. A limitação de espaço, associada a restrições urbanísticas, tem acelerado a verticalização da área urbana e a busca de alternativas para minimização de resíduos, como implantação da CS desde 1998. Ao longo das últimas décadas, diversos PMCS alternaram-se com cenários de descontinuidades, fato que direcionou a seleção de *condomínios verticais* como estudo de caso.

Material e métodos

Área de estudo

No período da pesquisa, o serviço municipal de limpeza urbana de Vitória operacionalizava a CS por meio das modalidades: a) *postos de entrega voluntária* (PEV), instalados em locais públicos; e b) *porta a porta*, exclusivo para escolas e condomínios interessados, mediante cadastro prévio e inspeção técnica para avaliação e orientação. Do total de 176 condomínios residenciais verticalizados, atendidos com CS porta a porta, oito (4,5%) localizavam-se no bairro selecionado como estudo de caso e compuseram a amostra da pesquisa. No bairro estudado, residiam 39.157 habitantes (IBGE, 2010).

Metodologia

O desenho experimental da pesquisa contou com duas linhas de investigação paralelas: 1) estudo de caracterização física e qualitativa dos MR, aplicado a cada um dos oito condomínios residenciais verticalizados participantes do PMCS no bairro estudado; e 2) estudo das características operacionais da coleta e da participação social, realizada em três experiências de CS extraídas da amostra inicial. Ao final, foram realizadas análise integrada e discussão conjunta dos resultados (Figura 1).

Para ambas as linhas de investigação, foram realizadas etapas prévias: revisão de literatura, contatos e visitas de inspeção aos locais de CS (condomínios) estudados para conhecimento das condições operacionais e obtenção de apoio logístico. Por sua vez, cada uma das linhas demandou subetapas específicas, também indicadas na Figura 1.

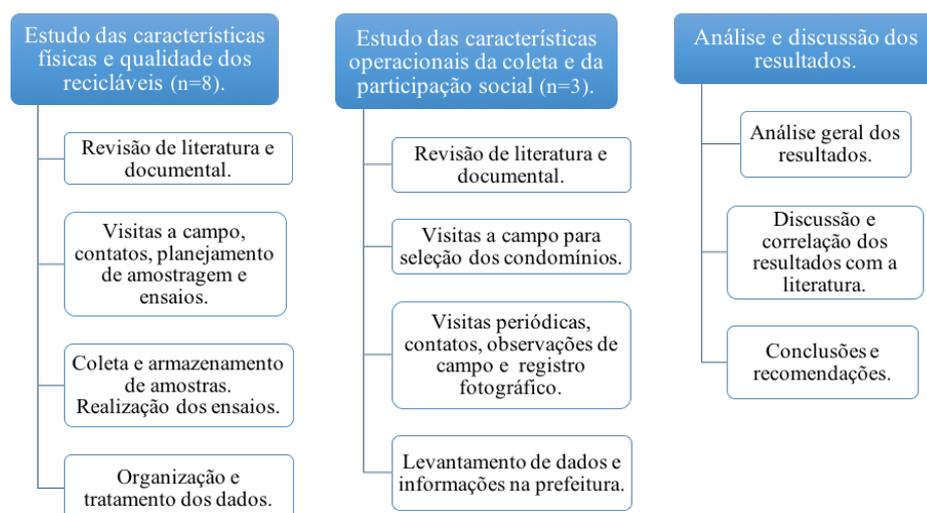


Figura 1 - Desenho experimental da investigação. Fonte: Elaborada pelos autores.

Os parâmetros físicos estudados foram: massa, volume, taxa de geração, peso específico aparente dos MR e composição gravimétrica. Foram realizadas duas campanhas de coleta e pesagem de MR, nos meses de novembro/2010 (campanha 1) e fevereiro/2011 (campanha 2), nos oito condomínios participantes do PMCS do bairro. Em cada campanha, foram coletadas oito amostras por condomínio (quatro semanas × duas coletas/semana), totalizando 64 coletas de amostras por mês considerado. Foram avaliadas quantidade e qualidade dos MR por condomínio, durante as quatro semanas de coleta de cada mês, conforme recomendado pela European Commission (2004). As amostras foram acondicionadas em bags (sacos de polietileno de 1 m³) lacrados e identificados com o local e a data da coleta. Para a análise gravimétrica do MR de cada condomínio, foi utilizada a amostra total de recicláveis coletados por campanha de amostragem (no mês considerado). A classificação adotada para esse ensaio de composição considerou estudos da literatura, o critério utilizado pelo programa municipal avaliado e o mercado local de recicláveis.

Os ensaios da análise gravimétrica foram realizados nas instalações do Galpão de Coleta Seletiva da Unidade de Transbordo da Prefeitura Municipal de Vitória pelos autores, auxiliados por funcionários da limpeza pública local, previamente capacitados e munidos de equipamentos de proteção individual (EPIs).

Para traçar o perfil dos condomínios avaliados quanto ao potencial de produção de resíduos sólidos e a recuperação de MR, a taxa de geração mensal de resíduos sólidos domiciliares gerados pelos condomínios estudados foi mensurada a partir da geração *per capita* de RSU do Estado do Espírito Santo (0,777 kg.hab⁻¹.dia), valor extraído de estudo bianual realizado pela Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública (ABRELPE, 2014), versão 2014.

O cálculo da taxa de geração de MR, estimada por condomínio, considerou o percentual de recicláveis presentes na composição gravimétrica média dos resíduos brasileiros (31,90%, segundo o IPEA, 2012). Por sua vez, a quantidade de MR efetivamente coletada e os rejeitos resultantes foram dados reais coletados durante a pesquisa.

O Índice de Recuperação de Materiais Recicláveis (IRMR), que, segundo Bringhenti et al. (2011), reflete indiretamente a adesão da população ao programa de CS, foi obtido pela Fórmula 1, enquanto a taxa de participação dos moradores foi estimada a partir da relação entre o total coletado e o total gerado de recicláveis (estimado), por condomínio, conforme Fórmula 2.

$$IRMR = \frac{(quantidade\ MR\ coletado - quantidade\ de\ rejeito\ R)}{(quantidade\ total\ de\ RSD\ gerada)} \times 100 \quad (1)$$

$$\text{Participação (\%)} = \frac{(\text{Total de resíduos recicláveis coletado})}{(\text{Total de resíduos recicláveis gerado})} \times 100 \quad (2)$$

Para o estudo das características operacionais e de participação social, foram selecionados três dos oito condomínios estudados, considerando diferentes estágios de funcionamento da CS: i) sem CS anterior (condomínio A, com 48 apartamentos); ii) com CS em funcionamento contínuo (condomínio D, com 60 apartamentos); e iii) com CS implantada, desativada e reiniciada (condomínio F, com 60 apartamentos). As informações foram coletadas por meio de: i) *checklist* das condições operacionais; ii) entrevistas com roteiro semiestruturado aplicadas à equipe operacional da CS da prefeitura e ao pessoal da limpeza, aos porteiros e aos zeladores dos condomínios; iii) observações de campo com anotação de pontos críticos; iv) registro fotográfico dos aspectos relevantes; e v) levantamento de dados de monitoramento com a Prefeitura Municipal. As visitas tiveram periodicidade quinzenal, ao longo de 12 meses.

Na terceira etapa de investigação, os dados obtidos foram sistematizados, submetidos a tratamento estatístico e avaliados em conjunto com as características operacionais e de participação social identificadas e com as informações da revisão de literatura. As análises estatísticas foram realizadas por meio dos programas SPSS 17 e EpInfo.

Resultados

Os oito condomínios selecionados possuíam entre 12 e 60 apartamentos, totalizando 358 domicílios estudados, com adesão ao PMCS variando de 34 e 42 meses. Os dados gerais que descrevem o perfil e desempenho referente às experiências de CS avaliadas se encontram na Tabela 1.

Tabela 1 - Perfil e desempenho das experiências de coleta seletiva avaliadas

Condomínio	Total	A	B	C	D	E	F	G	H
Nº de aptos	358	48	52	32	60	12	60	60	34
Nº de moradores (hab.)	942	126	137	84	158	32	158	158	89
Taxa de geração mensal de resíduos sólidos domiciliares (kg/mês)	21.958,0	2.937,1	3.193,5	1.958,0	3683,0	745,9	3.683,0	3.683,0	2.074,6
Taxa de geração mensal de resíduos recicláveis (kg/mês)	7.004,6	936,9	1.018,7	624,6	1.174,9	237,9	1.174,9	1.174,9	661,8
Taxa mensal de materiais recicláveis coletados (kg/mês)*	1.821,0	249,0	277,5	214,5	319,5	85,5	301,5	189,0	184,5
Taxa mensal de rejeitos da coleta seletiva (kg/mês)*	328,7	58,2	48,5	44,5	46,5	11,7	74,7	16,6	27,9
IRMR** (%)	6,8% médio	6,5% médio	7,2% médio	8,7% médio	7,4% médio	9,9% médio	6,2% médio	4,7% baixo	7,5% médio
Taxa de participação dos moradores (%)	25,9%	26,6%	27,2%	34,3%	27,2%	35,9%	25,7%	16,1%	27,9%

*Valores obtidos com base em dados operacionais e na análise gravimétrica realizada para cada condomínio estudado.

**IRMR = Índice de Recuperação de Materiais Recicláveis. Valores de referência para IRMR segundo FUNASA (2010):

Alto = acima de 11%; Médio = entre 5,1% e 10%; e Baixo = até 5%. Fonte: Elaborada pelos autores.

A operacionalização do programa de CS porta a porta implantado na área de estudo obedeceu aos seguintes requisitos, por parte da administração municipal: atendimento a pedidos voluntários de

grandes geradores (condomínios e escolas) para a instalação de coletor para acondicionar MR; realização da coleta dos recicláveis sem custo adicional; e fornecimento de material instrutivo, ficando a cargo do beneficiado as ações educativas com os moradores envolvidos. Nos condomínios onde esse esquema estava implantado, os participantes colaboravam fazendo a segregação dos MR na fonte geradora, com base na classificação resíduo *seco* e resíduo *úmido*, e os encaminhando até o local de armazenamento de uso coletivo, geralmente instalado em área próxima à garagem.

Para atender às premissas do programa, a Prefeitura Municipal, por meio de seus técnicos, desenvolveu seu próprio equipamento para acondicionamento de recicláveis, o qual resultou em estrutura metálica artesanal acoplada a bags removíveis, de baixo custo e fácil operação. A operação, baseada na troca de *bags* cheios por vazios, levou à otimização do serviço de coleta.

A coleta dos MR, segundo roteiro definido pela prefeitura, acontecia até duas vezes por semana, em função da demanda do condomínio, com utilização de veículo coletor sem compactação. Os resíduos eram pesados e doados às associações de catadores para a triagem e a comercialização dos materiais segregados, sendo os rejeitos enviados a aterro sanitário privado.

Avaliação comparativa de parâmetros físicos para o gerenciamento da coleta seletiva

Na determinação da composição gravimétrica e da taxa de geração de resíduos sólidos nas experiências avaliadas, foram triados 3.641,73 kg de MR, equivalentes a 53,52 m³, coletados em 97 *bags*. Em média, a operação foi realizada durante 6,26 horas.dia⁻¹, com rendimento de cerca de 93 kg.dia⁻¹ e 15 kg.hora⁻¹, totalizando 244 horas, ao longo de 39 dias.

A composição gravimétrica resultou, de forma decrescente, em: papel (46,8%), rejeitos (18,1%), plástico (17,3%), vidro (9,5%), metal (3,3%), têxteis (2,5%), madeira (1,9%) e REEE (0,6%). Esse parâmetro mostrou-se importante para a avaliação da possibilidade de escoamento e da qualidade dos MR.

O percentual de rejeitos decorre da separação ou do descarte incorreto dos resíduos recicláveis, que, muitas vezes, aparecem misturados à matéria orgânica e a papéis de origem sanitária. Durante as visitas aos condomínios, foi observado que algumas diaristas e empregadas domésticas depositavam sacolas amarradas, incluindo os MR, no mesmo local de descarte de resíduos comuns. Segundo porteiros e funcionários da limpeza, diversos moradores delegavam o acondicionamento/descarte dos resíduos a diaristas e empregadas domésticas, muitas vezes não informadas da necessária segregação dos resíduos, devido à alta rotatividade desses funcionários. Estudo de Bringhenti & Günther (2011) mostrou que moradores do município de Vitória afirmavam não ter tempo para reciclagem, por considerar atividade demorada em relação à rotina do dia a dia; o mesmo comportamento foi constatado em estudo sobre gestão de RSU em Berlim e em Singapura (Zhang et al., 2010).

A taxa de rejeito (18,1%) ficou abaixo da taxa média nacional (20%) e dentro da faixa dos valores encontrados para o município de Vitória (entre 10,8% e 26,5%) em estudos anteriores (Laignier, 2001; Morigaki, 2003; Bringhenti et al., 2009; CEMPRE, 2014). Essa variável deveria ser considerada nas ações educativas, uma vez que iniciativas de CS em condomínios possuem melhores condições de controle em relação a outras modalidades.

Da massa total de MR coletada, 42,3% foram provenientes da campanha 1 (novembro), enquanto 57,7%, da campanha 2 (fevereiro). As análises estatísticas (SPSS 17 e EpInfo) realizadas no estudo mostraram que essa diferença de 15,4% é estatisticamente significativa para o estudo. Foi também estatisticamente significativa a diferença de 3,2% observada entre a parcela de rejeito e o total de resíduos da primeira (17,5%) para a segunda campanha (20,7%). Para os demais materiais, nada se pode afirmar (p -valor > 0,050).

O papel foi o material segregado mais representativo por condomínio, correspondendo a 50,3% (96,9 kg) e 44,3% (116,2 kg), respectivamente, nas campanhas 1 e 2. O plástico, segundo colocado, apareceu com média de 17,5% (33,7 kg), seguido do *rejeito*, com 14,4% (27,8 kg), na campanha 1,

enquanto, na campanha 2, o rejeito apareceu como segundo material, com 20,7% (54,4 kg), seguido do plástico, com 17,1% (44,9 kg). Os REEE foram os menos representativos (< 1%).

Entre os tipos de papel separados, o que teve maior representatividade em peso foi o papelão (37,3%), ao passo que o Tetra Pak (6,5%) foi o menos observado. Para as diferentes famílias de plástico, o PET (25,7%) foi o mais expressivo, e o PEBD (0,5%), o menos observado. As latas ferrosas (40%) destacaram-se na categoria metal, enquanto o menos notado foi o metal amarelo (2,1%). Os diferentes tipos de vidro tiveram percentuais em pesos semelhantes entre si.

Analisando a variabilidade de materiais entre os condomínios estudados, apenas os REEE e a madeira tiveram alta dispersão de valores, com desvios-padrão altos em relação à média ou até superiores a essa medida em ambas as campanhas, indicando provável falta de informação da população participante a respeito do descarte correto desses resíduos.

Os registros das quantidades de resíduos segregados possibilitaram calcular valores referentes à taxa média *per capita* de geração de MR. Considerando o total de moradores dos condomínios estudados, o valor encontrado foi 0,069 kg.hab⁻¹.dia. Valor mais ajustado refere-se à taxa média de geração *per capita* calculada para a parcela que efetivamente participava da CS (25,3%), resultando no valor de 0,25 kg.hab⁻¹.dia.

Segundo Monteiro (2001), há indicativos de variação da taxa média de geração *per capita* entre semanas do mês, com maior consumo de supérfluos ocorrendo em período próximo ao recebimento do salário (fim e início do mês), assim como para os dias da semana, com maior consumo acontecendo aos finais de semana. Em novembro, a maior taxa média *per capita* foi observada na terceira semana, e a menor, na quarta semana, sendo a menor média entre os dois meses. Em fevereiro, observou-se maior média *per capita* na primeira semana, maior valor encontrado entre os dois meses estudados, enquanto a menor taxa média *per capita* foi verificada na quarta semana. Os desvios-padrão das duas campanhas foram altos, indicando alta variabilidade entre os valores *per capita* dos condomínios.

Não foi observada diferença significativa entre quantidade (em peso) e taxa média de geração *per capita* de MR gerados nas diferentes semanas dos meses (Figura 2), assim como não foi possível identificar um comportamento padrão na geração de recicláveis ao longo das semanas. Em termos dos dias de CS, as terças-feiras apresentaram uma média de geração de MR maior que as sextas-feiras, em peso e em volume, o que era esperado por absorver os resíduos do fim de semana. Entretanto, as taxas médias de geração *per capita* não apresentaram um padrão de distribuição fixo, sendo maiores, em algumas semanas, nas terças e, em outras, nas sextas-feiras, sem apresentar diferenças estatisticamente significativas.

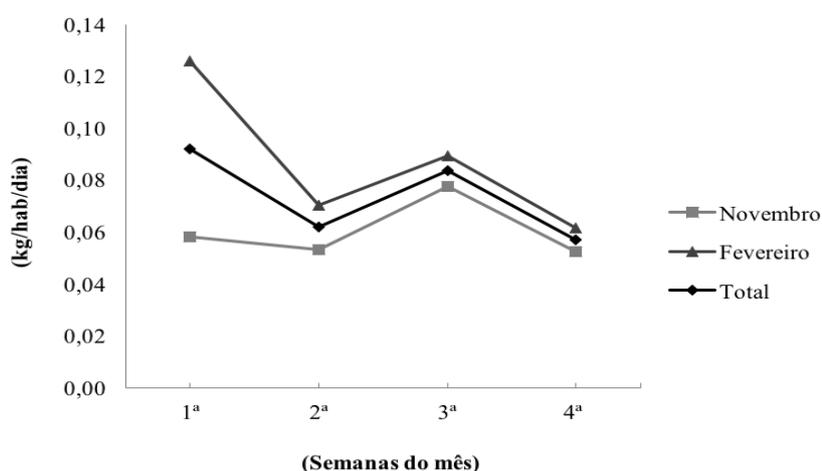


Figura 2 - Distribuição da taxa de geração média *per capita* dos oito condomínios estudados, por semana de coleta, campanhas de amostragem e total. Fonte: Elaborada pelos autores.

Tempo de adesão do condomínio ao Programa Municipal Coleta Seletiva (PMCS)

Apesar de o PMCS estar implantado há cerca de quatro anos, o prazo de adesão voluntária dos condomínios estudados foi diferente, variando de 2,42 a 3,50 anos, com média de 3,12 anos (37,38 meses). O tempo de adesão pode representar fator determinante para a participação da população. Quando há infraestrutura mínima de funcionamento da CS, à medida que o tempo passa a partir da data de adesão, verifica-se a internalização do novo comportamento, o que reflete na participação efetiva, independentemente de estímulos externos. Nesse caso, o tempo de adesão torna-se fator positivo. Entretanto, a inexistência de infraestrutura mínima e a descontinuidade de programas de CS induzem à desmotivação com o passar do tempo, reduzindo ou extinguindo a participação, sendo um fator negativo (Bringhenti & Günther, 2011). A correlação entre o tempo de adesão à CS e a taxa de geração *per capita* de recicláveis por condomínio foi avaliada.

Como algumas das variáveis não apresentaram distribuição normal, foi utilizado para análise o coeficiente de correlação de Spearman, não sendo possível estabelecer correlação estatisticamente significativa nas campanhas realizadas. Estudo anterior desenvolvido no mesmo município (Bringhenti & Günther, 2011) constatou que o tempo foi positivo para o desempenho de programas de CS. O tamanho da amostra estudada e o tempo de existência do PMCS talvez não tenham permitido respostas mais sólidas sobre esse aspecto.

Correlação entre número de apartamentos e total de recicláveis segregados

O número de unidades habitacionais variou de 12 a 60 nos oito condomínios estudados. Analisando-se as taxas médias de geração *per capita* de recicláveis desses condomínios, observa-se que, à medida que o número de apartamentos aumentou, houve uma tendência decrescente na geração de recicláveis segregados na fonte (Figura 3).

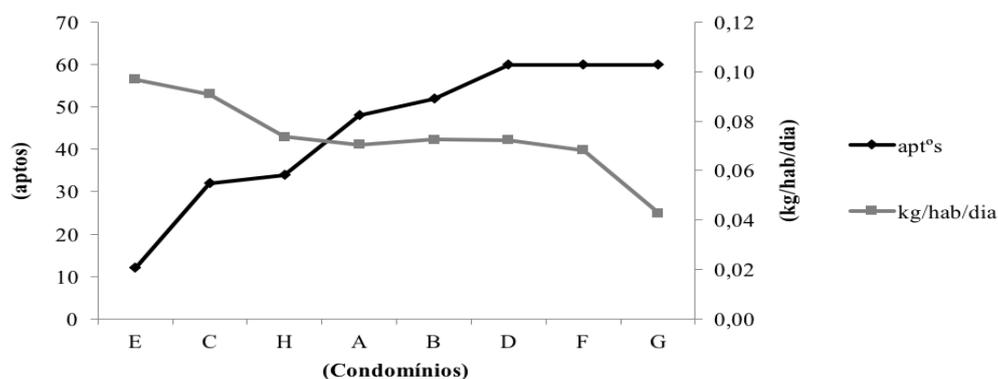


Figura 3 - Condomínios por número de apartamentos e por taxa de geração média *per capita* de MR. Fonte: Elaborada pelos autores.

Para averiguar essa tendência, foram realizados testes estatísticos aplicando-se o coeficiente de correlação de Spearman para a geração *per capita* total de resíduos e também por tipo de material. A partir dos testes estatísticos por tipo de MR, observou-se correlação estatisticamente significativa entre o número de unidades habitacionais do condomínio e as taxas médias de geração *per capita* de papel (material mais representativo na composição dos recicláveis), assim como alta correlação (coeficiente > 0,700) para o total de recicláveis. Porém, esses coeficientes são negativos, ou seja, à

medida que há mais apartamentos nos condomínios, a geração *per capita* de papel e a geração total de recicláveis segregados diminuem.

Com esses resultados, pode-se inferir que os condomínios de maior porte têm dificuldades de disseminar a CS aos moradores de todas as unidades habitacionais, levando a índices menores de participação. Pode-se considerar ainda que os condomínios com mais unidades habitacionais tendem a apresentar maior rotatividade de moradores, os quais não aderem de imediato à CS. Falta de conhecimento do programa, baixa frequência de divulgação e falta de campanhas de educação ambiental são fatores que contribuem para essa não adesão.

Avaliação dos aspectos operacionais e de participação por condomínio

Os principais aspectos operacionais e de participação dos moradores encontrados nos condomínios estudados estão correlacionados a citações da literatura (Quadro 1).

Dois condições restringiam a coleta dos MR pelo serviço municipal: recicláveis molhados (descartados como rejeito) ou coletor com menos de 50% de sua capacidade preenchida. Nesses casos, foram observados reflexos negativos nos finais de semana, período em que há maior geração e descarte, comprometendo a estética local e a participação social.

Instalação de coletores em tamanho e quantidade padronizados nos diferentes condomínios sem observar o volume de MR gerado e a capacidade dos recipientes também foi observada. De acordo com Monteiro (2001), a escolha do tipo de recipiente adequado para acondicionar resíduos deve ser orientada por variáveis, como: geração, características dos resíduos, frequência da coleta, tipo de edificação e custo do recipiente. Funcionários dos condomínios relataram que eventuais atrasos na coleta regular municipal (efetuada às segundas-feiras) levavam moradores a descartar resíduos comuns no equipamento destinado aos recicláveis, comprometendo a qualidade. Tal prática é incentivada pelo acúmulo de resíduos dos finais de semana e pela falta de espaço para acondicionamento nos apartamentos. Sidique et al. (2010a), ao estudarem o perfil de pessoas que utilizavam locais públicos de recebimento de recicláveis nos Estados Unidos, verificaram a tendência ao uso de tais espaços sempre que os envolvidos sentiam que a reciclagem era atividade prática e estavam familiarizados com os locais de entrega. Concluíram que o sucesso da CS dependia fortemente da participação das famílias nas atividades de segregação dos resíduos.

Quadro 1 - Aspectos operacionais e de participação social na coleta seletiva, segundo tipo, ocorrência nos condomínios avaliados e relação com a literatura

Aspecto	Tipo	Ocorrência nos condomínios	Citações bibliográficas
Segregação, acondicionamento e descarte dos MR sem instruções suficientes	○ e PS negativo	A, D e F	McDonald & Oates (2003), Sidique et al. (2010a)
Falta de sintonia entre frequência e regularidade de coleta e geração de MR	○ negativo	A, D e F	Eigenheer & Ferreira (2015)
Baixa qualidade dos MR	○ e PS negativo	A, D e F	Bringhenti & Günther (2011)
Infraestrutura inadequada e rotatividade dos funcionários	○ negativo	A, D e F	Bringhenti & Günther (2011), Eigenheer & Ferreira (2015), Martin et al. (2006)
Funcionários motivados	○ positivo	D e F	Eigenheer & Ferreira (2015)
Apoio da administração dos condomínios	○ e PS positivo	A, D e F	Fehr et al. (2010), Hennigen (2003)
Ações descontinuadas de divulgação e informação	PS negativo	A, D e F	Timlett & Williams (2008), Bringhenti & Günther (2011), Eigenheer & Ferreira (2015), Martin et al. (2006)

○ = aspectos operacionais; PS = participação social. Fonte: Elaborado pelos autores.

Outro aspecto com reflexo negativo no gerenciamento do PMCS avaliado refere-se à etapa de beneficiamento dos recicláveis. As associações de catadores, responsáveis pela triagem dos MR, não possuíam infraestrutura de armazenamento para longos períodos, o que tornava economicamente inviável a segregação de materiais cuja comercialização requer grandes quantidades ou beneficiamento prévio, como vidro e isopor.

As visitas de inspeção aos condomínios reforçaram a importância de se desenvolver medidas simples e de maior abrangência, como a disseminação de informações com temas de interesse do cotidiano pelo gestor público e pelos administradores dos condomínios, envolvendo moradores e equipe responsável pela coleta de recicláveis, conforme proposto por Timlett & Williams (2008).

Peso específico aparente dos recicláveis

Considerando que a informação sobre o peso específico aparente subsidia o dimensionamento de áreas e equipamentos de armazenamento, assim como a infraestrutura de transporte e a triagem, agregando aspectos de economia e sustentabilidade, foi realizado o cálculo para a condição dos recicláveis com e sem rejeito. O cálculo do peso específico aparente dos recicláveis (MR) enviados para CS chegou ao valor de $68,04 \text{ kg.m}^{-3}$ para o resíduo total. Desconsiderando-se o montante de rejeito resultante da triagem, o peso aparente dos recicláveis efetivamente recuperáveis resultou no valor de $62,58 \text{ kg.m}^{-3}$.

De acordo com o peso específico aparente por tipo de material, o vidro apresentou o maior valor, com $308,36 \text{ kg.m}^{-3}$, o qual é superior ao encontrado por Laignier (2001), que foi de $280,25 \text{ kg.m}^{-3}$. Na sequência, aparecem a madeira, com $295,94 \text{ kg.m}^{-3}$, e os REEE, com $237,85 \text{ kg.m}^{-3}$. O plástico foi o material que apresentou o menor valor para o peso específico, com $31,45 \text{ kg.m}^{-3}$, enquanto o papel chegou ao valor de $71,54 \text{ kg.m}^{-3}$, ambos superiores aos valores observados por Laignier (2001), respectivamente, de $17,32 \text{ kg.m}^{-3}$ e $49,03 \text{ kg.m}^{-3}$. Para o metal, chegou-se a $70,04 \text{ kg.m}^{-3}$, sendo o único com valor menor que o encontrado por Laignier (2001), que foi de $79,69 \text{ kg.m}^{-3}$. Os materiais têxteis chegaram a $134,85 \text{ kg.m}^{-3}$, enquanto o rejeito, a $112,77 \text{ kg.m}^{-3}$.

O valor do peso específico aparente, considerando o total de recicláveis para cada um dos oito condomínios estudados, manteve-se no intervalo de $59,11$ a $73,55 \text{ kg.m}^{-3}$. Porém, o valor atribuído ao condomínio E resultou discrepante devido a falhas de amostragem do sistema de coleta relacionadas a esse ponto, as quais podem ter contribuído para a descaracterização dele; logo, esse valor foi desprezado. O valor médio de peso específico aparente entre todos os condomínios resultou em $66,98 \text{ kg.m}^{-3}$.

Avaliação dos aspectos operacionais a partir da logística de coleta e transporte

Analisando o volume médio de MR gerado semanalmente por condomínio, verificou-se que o maior valor encontrado foi de $1,20 \text{ m}^3.\text{semana}^{-1}$ no condomínio D, ou seja, pouco mais que a capacidade de um único *bag* (1 m^3), sendo a frequência de coleta de MR de até duas vezes.semana⁻¹.

Para os condomínios C, G e H, respectivamente, com 32, 60 e 34 apartamentos, o volume médio coletado foi menor que 1 m^3 , sugerindo que o roteiro de coleta poderia ser revisto para frequência semanal, minimizando custos para a municipalidade. Estudo de Rodrigues et al. (2016) evidenciou que, nas capitais brasileiras com CS, o custo *per capita* de resíduos sólidos é maior, o que reforça a importância do controle dos custos para alcançar a sustentabilidade dos PMCS. Adicionalmente, o monitoramento dos parâmetros físicos pode fornecer elementos de apoio à tomada de decisão e efetivação de ajustes nos sistemas de CS implantados.

Por sua vez, ações e campanhas educativas e de incentivo à coleta seletiva, se adequadas, promovem o aumento da participação e o conseqüente incremento de materiais recicláveis, levando à necessidade de novos ajustes no roteiro de coleta, que é dinâmico e requer monitoramento e readequação periódica.

Conclusões

Diversos parâmetros para o gerenciamento da CS em condomínios residenciais verticalizados foram identificados, assim como suas características físicas, operacionais e de participação social. Parâmetros físicos de fácil obtenção e baixo custo (taxa de geração *per capita*, peso, volume e composição gravimétrica) podem subsidiar análises técnicas, tomadas de decisão e ações educativas, tornando as iniciativas de coleta seletiva em condomínios mais sustentáveis.

Em termos da composição dos MR coletados em condomínios residenciais, foi constatado que o papel apresentou maior quantidade em peso (46,8%), seguido do rejeito (18,1%). Tal fato é atribuído à má segregação dos resíduos e à inobservância de locais específicos de acondicionamento, o que reforça a importância e a necessidade de ações educativas contínuas.

A taxa média de geração *per capita* de recicláveis resultou em 0,07 kg.hab⁻¹.dia, abaixo do estimado para a população residente no município de Vitória (0,25 kg.hab⁻¹.dia), indicando potencial de ampliação da adesão ao PMCS para torná-lo sustentável.

O conhecimento do peso médio específico aparente dos MR subsidia a avaliação da infraestrutura de armazenamento e coleta, possibilitando a indicação de melhorias. No caso, foram obtidos valores de 68,04 kg.m⁻³ (total dos MR) e de 62,58 kg.m⁻³ (MR sem os rejeitos).

Infraestrutura de armazenamento dos resíduos recicláveis dos condomínios, frequência e regularidade da coleta, rotatividade de funcionários e existência de ações continuadas de divulgação, mobilização e informação representam os gargalos operacionais identificados, os quais interferem no desempenho da CS dos condomínios estudados.

Não foi observada influência da variação do poder aquisitivo da população ao longo do mês. Taxas médias de geração *per capita* para os diferentes dias e semanas do mês de recolhimento de recicláveis não apresentaram diferenças estatisticamente significativas, resultado associado ao momento socioeconômico do país no período estudado.

Resultados obtidos apontam para o fato de que condomínios com maior número de residências têm maior dificuldade de disseminar a CS em todos os domicílios, levando a índices menores de participação. O conhecimento dos parâmetros físicos dos MR por categoria de gerador, como é o caso dos condomínios residenciais verticalizados, contribui para o aprimoramento do planejamento, para a elaboração de projeto e para o gerenciamento de PMCS, com o intuito atender às diretrizes locais, nacionais e até mesmo globais sobre o tema.

Referências

- Al-Khatib, I. A., Monou, M., Abu Zahra, A. S., Shaheen, H. Q., & Kassinos, D. (2010). Solid waste characterization, quantification and management practices in developing countries: a case study: Nablus district - Palestine. *Journal of Environmental Management*, 91(5), 1131-1138. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2010.01.003>. PMID:20116162.
- Aphale, O. K. L., Thyberg, D. J. T., & Tonjes, D. J. (2015). Differences in waste generation, waste composition, and source separation across three waste districts in a New York suburb. *Resources, Conservation and Recycling*, 99, 19-28. <http://dx.doi.org/10.1016/j.resconrec.2015.03.008>.
- Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais – ABRELPE. (2014). *Panorama de resíduos sólidos no Brasil 2014*. São Paulo: ABRELPE. Recuperado em 15 de novembro de 2015, de www.abrelpe.org.br
- Brasil. (2010, 3 de agosto). *Lei n. 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos e dá outras providências*. Brasília: Diário Oficial da União.
- Bringhenti, J. R., & Günther, W. M. R. (2011). Participação social em programas de coleta seletiva de resíduos sólidos urbanos. *Revista Engenharia Sanitária e Ambiental*, 16(4), 421-430. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-41522011000400014>.

- Bringhenti, J. R., Laignier, I. T. R., Louzada, J. P., Brunetti, O. B., & Romano, E. B. (2009). Gerenciamento de programas de coleta seletiva de lixo em condomínios: um estudo de caso. In *Anais do Congresso Interamericano de Resíduos Sólidos da AIDIS*. Buenos Aires: AIDIS.
- Bringhenti, J. R., Zandonade, E., & Günther, W. M. R. (2011). Selection and validation of indicators for programs selective collection evaluation with social inclusion. *Resources, Conservation and Recycling*, 55(11), 876-884. <http://dx.doi.org/10.1016/j.resconrec.2011.04.010>.
- Compromisso Empresarial para Reciclagem – CEMPRE. (2013). *CEMPRE review*. São Paulo: CEMPRE. Recuperado em 5 de agosto de 2014, de www.cempre.org.br
- Compromisso Empresarial para Reciclagem – CEMPRE. (2014). *Pesquisa CEMPRE CICLOSOFT 2014*. São Paulo: CEMPRE. Recuperado em 10 de janeiro de 2016, de www.cempre.org.br
- Compromisso Empresarial para Reciclagem – CEMPRE. (2018). *Pesquisa CEMPRE CICLOSOFT 2018*. São Paulo: CEMPRE. Recuperado em 22 de março de 2019, de www.cempre.org.br
- Dennison, G. J., Dodd, V. A., & Whelan, B. (1996). A socio-economic based survey of household waste characteristics in the city of Dublin, Ireland. I. Waste composition. *Resources, Conservation and Recycling*, 17(3), 227-244. [http://dx.doi.org/10.1016/0921-3449\(96\)01070-1](http://dx.doi.org/10.1016/0921-3449(96)01070-1).
- Eigenheer, E. M., & Ferreira, J. A. (2015). Três décadas de coleta seletiva em São Francisco (Niterói/RJ): lições e perspectivas. *Revista Engenharia Sanitária e Ambiental*, 20(4), 677-684. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-41522015020040132994>.
- European Commission. (2004). *Methodology for the analysis of solid waste (SWA-tool): 5th Framework Program*. Vienna: European Commission. Recuperado em 20 de maio de 2010, de <http://www.wastesolutions.org>
- Fehr, M., Castro, M. S. M. V., & Calçado, M. R. (2000). A practical solution to the problem of household waste management in Brazil. *Resources, Conservation and Recycling*, 30(3), 245-257. [http://dx.doi.org/10.1016/S0921-3449\(00\)00063-X](http://dx.doi.org/10.1016/S0921-3449(00)00063-X).
- Fehr, M., Castro, M. S. M. V., & Calçado, M. R. (2010). Condominium waste management by private initiative: a report of a 10-year project in Brazil. *Waste Management & Research*, 28(4), 309-314. <http://dx.doi.org/10.1177/0734242X09344337>. PMID:19748942.
- Frésca, F. R. C. (2007). *Estudo da geração de resíduos sólidos domiciliares no município de São Carlos, SP, a partir da caracterização física* (Dissertação de mestrado). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Fundação Nacional de Saúde – FUNASA. (2010). *Programas municipais de coleta seletiva de lixo como fator de sustentabilidade dos sistemas públicos de saneamento ambiental na região metropolitana de São Paulo*. Brasília: Fundação Nacional de Saúde. Recuperado em 18 de outubro de 2013, de www.funasa.gov.br
- Gomez, G., Meneses, M., Ballinas, L., & Castells, F. (2008). Characterization of urban solid waste in Chihuahua, Mexico. *Waste Management*, 28(12), 2465-2471. <http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2007.10.023>. PMID:18248808.
- Hennigen, V. (2003). *Otimização da coleta seletiva em edifícios residenciais de Porto Alegre/RS: desafios e oportunidades* (Monografia). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. (2010). *Censo demográfico 2010*. Rio de Janeiro: IBGE. Recuperado em 25 de abril de 2016, de www.ibge.gov.br
- Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – IPEA. (2012). *Diagnóstico sobre catadores de resíduos sólidos*. São Paulo: IPEA. Recuperado em 22 de junho de 2016, de http://www.silvaporto.com.br/admin/downloads/CATADORES_BRASIL_IPEA_2012.pdf
- Laignier, I. T. R. (2001). *Caracterização gravimétrica e comercial dos resíduos sólidos urbanos recolhidos em Postos de Entrega Voluntária do Sistema de Coleta Seletiva da Prefeitura Municipal de Vitória – ES* (Dissertação de mestrado). Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória.
- Luna, Y. H. D. M., Athayde Júnior, G. B., Batista, M. M., & de Oliveira, M. M. (2010). Avaliação da eficiência da coleta seletiva em condomínio vertical de João Pessoa. In *Anais do Simposio Iberoamericano de Ingeniería de Resíduos da ABES*. João Pessoa: ABES.

- Mancini, S. D., Nogueira, A. R., Kagohara, D. A., Schwartzman, J. A. S., & Mattos, T. (2007). Recycling potential of urban solid waste destined for sanitary landfills in Brazil. *Waste Management & Research*, 25(6), 517-523. <http://dx.doi.org/10.1177/0734242X07082113>. PMID:18229746.
- Martin, M., Williams, I. D., & Clark, M. (2006). Social, cultural and structural influences on household waste recycling: a case study. *Resources, Conservation and Recycling*, 48(4), 357-395. <http://dx.doi.org/10.1016/j.resconrec.2005.09.005>.
- McDonald, S., & Oates, C. (2003). Reasons for non-participation in a kerbside recycling scheme. *Resources, Conservation and Recycling*, 39(4), 369-385. [http://dx.doi.org/10.1016/S0921-3449\(03\)00020-X](http://dx.doi.org/10.1016/S0921-3449(03)00020-X).
- Miezah, K., Obiri-Danso, K., Kádár, Z., Fei-Baffoe, B., & Mensah, M. Y. (2015). Municipal solid waste characterization and quantification as a measure towards effective waste management in Ghana. *Waste Management*, 46, 15-27. <http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2015.09.009>. PMID:26421480.
- Monteiro, J. H. P. (2001). *Manual de gerenciamento integrado de resíduos sólidos*. Rio de Janeiro: IBAM.
- Morigaki, M. M. (2003). *Indicadores de recuperação de material reciclável da Unidade de Triagem de Vitória - ES* (Dissertação de mestrado). Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória.
- Rocha, E. A. P. (2005). *Estudo de fatores sócio-econômicos intervenientes na geração e características do resíduo sólido doméstico da cidade de Vitória - ES* (Dissertação de mestrado). Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória.
- Rodrigues, W., Magalhães, L. N. L., Fo., & Pereira, R. S. (2016). Análise dos determinantes dos custos de resíduos sólidos urbanos nas capitais estaduais brasileiras. *urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana*, 9(1), 139-154.
- Sidique, S. F., Joshi, S. V., & Lupi, F. (2010a). The effects of behavior and attitudes on drop-off recycling activities. *Resources, Conservation and Recycling*, 54(3), 163-170. <http://dx.doi.org/10.1016/j.resconrec.2009.07.012>.
- Sidique, S. F., Joshi, S. V., & Lupi, F. (2010b). Factors influencing the rate of recycling: an analysis of Minnesota counties. *Resources, Conservation and Recycling*, 54(4), 242-249. <http://dx.doi.org/10.1016/j.resconrec.2009.08.006>.
- Tchobanoglous, G., Theisen, H., & Vigil, S. A. (1993). *Integrated solid waste management, engineering principles and management issues*. California: McGraw-Hill International Editions.
- Timlett, R. E., & Williams, I. D. (2008). Public participation and recycling performance in England: a comparison of tools for behaviour change. *Resources, Conservation and Recycling*, 52(4), 622-634. <http://dx.doi.org/10.1016/j.resconrec.2007.08.003>.
- Trazzi, Y. D. P. (2005). *Caracterização da participação social no Programa de Coleta Seletiva na modalidade Ecopostos no município de Vitória-ES* (Dissertação de mestrado). Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória.
- United Nations. (2014). *World urbanization prospects: the 2014 revision, highlights. (ST/ESA/SER.A/352)*. New York: United Nations. Recuperado em 8 de fevereiro de 2017, de <https://esa.un.org/unpd/wup/publications/files/wup2014-highlights.pdf>
- Wang, F. S., Richardson, A. J., & Roddick, F. A. (1997). Relationships between set-out rate, participation rate and set-out quantity in recycling programs. *Resources, Conservation and Recycling*, 20(1), 1-17. [http://dx.doi.org/10.1016/S0921-3449\(97\)01194-4](http://dx.doi.org/10.1016/S0921-3449(97)01194-4).
- Zhang, D., Keat, T. S., & Gersberg, R. M. (2010). A comparison of municipal solid waste management in Berlin and Singapore. *Waste Management*, 30(5), 921-933. <http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2009.11.017>. PMID:20022478.

Editor: Harry Bollmann

Recebido: Dez. 03, 2017

Aprovado: Nov. 26, 2018