

TRIBUNAL DE CONTAS DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO

ESCOLA DE CONTAS E GESTÃO DO TCE-RJ

PROGRAMA DE PESQUISA

**ECONOMICIDADE DOS SERVIÇOS DE COLETA E
TRANSPORTE DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS**

Igor Soares Pinheiro

João Alberto Ferreira

Rio de Janeiro

2017

Igor Soares Pinheiro
João Alberto Ferreira

ECONOMICIDADE DOS SERVIÇOS DE COLETA E TRANSPORTE DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

Relatório Final do Programa de Pesquisa da
Escola de Contas e Gestão do Tribunal de
Contas do Estado do Rio de Janeiro.

Área de concentração: Desenvolvimento
Urbano e Infraestrutura.

Tema: Saneamento Básico.

Rio de Janeiro
Escola de Contas e Gestão do TCE-RJ
2017

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	3
1.1. IMPORTÂNCIA DO TEMA	4
1.2. OBJETIVOS.....	5
1.2.1. Objetivos específicos.....	6
1.3. METODOLOGIA	6
1.4. ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO	6
2. RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS.....	8
2.1. CLASSIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS	9
2.1.1. Quanto à Origem.....	9
2.1.2. Quanto à Periculosidade.....	13
3. GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS.....	16
3.1. GERAÇÃO	17
3.1.1. Cálculo da Quantidade de RSU	18
3.2. MANUSEAMENTO E ACONDICIONAMENTO	23
3.3. COLETA E TRANSPORTE DE RESÍDUOS.....	23
3.3.1. Regularidade da Coleta	26
3.3.2. Frequência e Horários da Coleta.....	27
3.3.3. Veículos.....	29
3.3.4. Mão de Obra	31
3.3.5. Itinerário de Coleta	31
3.4. ESTAÇÃO DE TRANSFERÊNCIA OU TRANSBORDO.....	33
3.5. PROCESSAMENTO, TRATAMENTO E DISPOSIÇÃO FINAL	34
3.5.1. Processamento e Tratamento.....	34
3.5.2. Destinação Final	35
4. ASPECTOS DA ECONOMICIDADE DOS SERVIÇOS DE COLETA E TRANSPORTE DE RSU	38
4.1. CONCEITOS DE ECONOMICIDADE.....	38
4.2. CUSTOS.....	41
5. ESTUDOS DE CASO	49

5.1.	A EXPERIÊNCIA DA CAT	50
5.2.	ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE LIMPEZA PÚBLICA (ABLP)	56
5.3.	TRIBUNAL DE CONTAS DO ESTADO DE MINAS GERAIS (TCE-MG)	61
5.4.	TRIBUNAL DE CONTAS DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO (TCE-ES)	68
5.5.	TRIBUNAL DE CONTAS DO MUNICÍPIO DO RIO DE JANEIRO (TCM-RJ).....	71
5.6.	TRIBUNAL DE CONTAS DOS MUNICÍPIOS DO ESTADO DE GOIÁS (TCM-GO).....	78
5.7.	EMPRESA DO SETOR DE LIMPEZA URBANA	83
5.8.	PREFEITURA MUNICIPAL DE JUIZ DE FORA.....	87
6.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	91
7.	LIMITAÇÕES DA PESQUISA.....	95
8.	SUGESTÕES PARA FUTUROS TRABALHOS.....	96
9.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	97

1. INTRODUÇÃO

O ser humano, ao longo de sua existência, tem ocupado e transformado a superfície terrestre de acordo com suas necessidades de moradia, alimentação, higiene, entre outras, impondo modificações ao meio ambiente.

Essas alterações tornaram-se maiores, mais rápidas e significativas com o advento da Revolução Industrial. Iniciada na Inglaterra, em meados do século XVIII, estendeu-se a outros países da Europa, Japão e Estados Unidos durante o século XIX e caracterizou-se pela substituição da energia física pela energia mecânica, da ferramenta pela máquina e da manufatura pela fábrica no processo produtivo.

A transição nos meios de produção fez com que as populações abandonassem o campo, migrando para os centros urbanos à procura de oportunidades, acelerando o crescimento das cidades.

Tal comportamento continuou acentuando-se com o advento da segunda Revolução Industrial, a partir de 1860, que introduziu a linha de montagem em série, revolucionando o parque industrial.

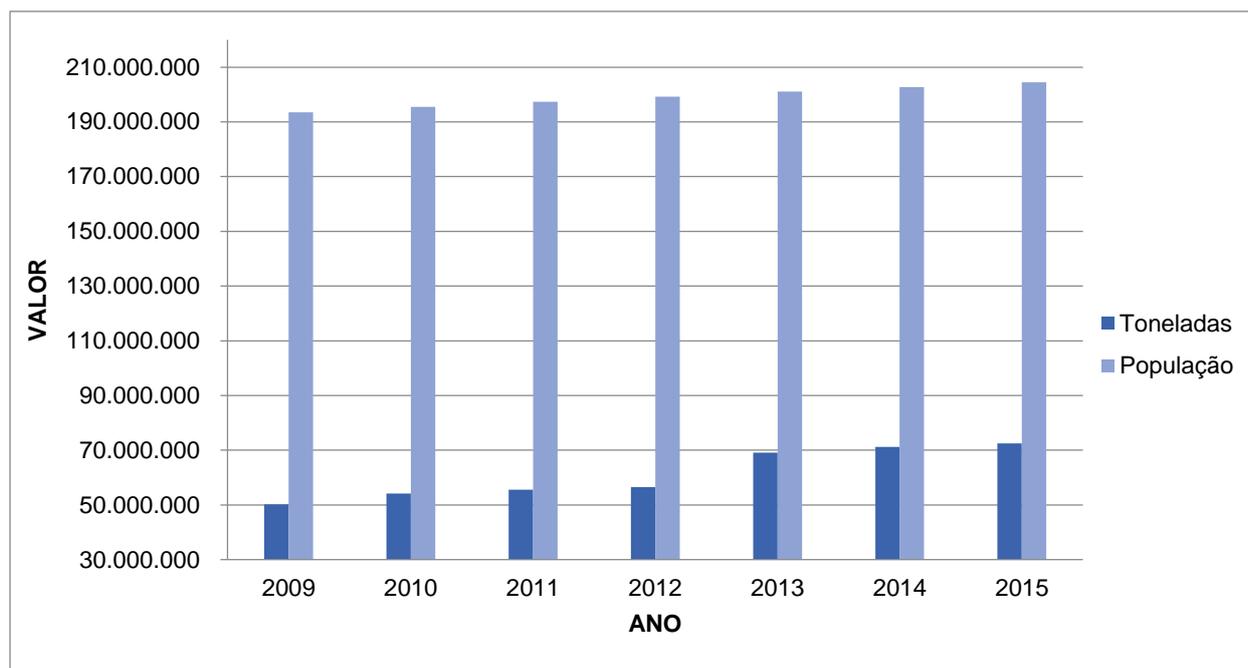
Com o conseqüente aumento da produção e barateamento de bens de consumo, as mercadorias atingiram padronização e quantidades impensáveis, gerando posteriormente o fenômeno da superprodução. Começava aí o estímulo ao consumo.

Todos esses aspectos impactaram no crescimento da produção de resíduos sólidos urbanos (RSU).

De acordo com a Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais – ABRELPE, o Brasil coletou em 2015 cerca de 72,5 milhões de toneladas de RSU. Desse total, a região Sudeste responde por cerca de 53% e apresenta o maior percentual de cobertura dos serviços de coleta do país.

O gráfico 1 apresenta a evolução da quantidade anual de RSU coletada no Brasil, no período entre 2009 e 2015.

Gráfico 1 - População Brasileira x RSU Coletada



Fonte: Adaptado de (ABRELPE, 2009-2015)

1.1. IMPORTÂNCIA DO TEMA

A coleta, o transporte, o tratamento e a destinação final de resíduos sólidos, particularmente para resíduos gerados em centros urbanos, se tornaram um problema difícil de resolver. O problema é mais crítico nos países em desenvolvimento, cujos recursos financeiros são geralmente mais escassos.

A gestão de resíduos abrange diversos aspectos técnicos da relação Homem X Meio Ambiente em que vive. Deve-se não somente entender os processos envolvidos, mas também implantá-los e monitorá-los, buscando uma relação favorável entre custos e benefícios.

Além dos problemas ambientais inerentes à geração e ao manejo de resíduos sólidos, existem também os aspectos socioeconômicos. A pressão social e legal para o correto gerenciamento de resíduos sólidos urbanos vem demandando aos municípios um crescimento, e melhora de qualidade, na oferta de serviços de limpeza urbana, com forte efeito econômico nas despesas municipais.

Os serviços de limpeza pública urbana são considerados essenciais, com impactos diretos na saúde pública e meio ambiente (D'ALMEIDA *et al.*, 2000; BRASIL, 2010).

Os Tribunais de Contas têm como papel fundamental a fiscalização da aplicação dos recursos públicos em diferentes áreas, tais como educação, saúde e meio ambiente e, em particular, o gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos, controlando as receitas e despesas de estados e municípios.

É mister acompanhar a legalidade e economicidade das contratações que envolvem a limpeza pública urbana, face ao impacto que essas despesas têm no orçamento público.

A forma tradicional adotada pelo Tribunal de Contas do Estado do Rio de Janeiro (TCE-RJ) na análise da economicidade das contratações de obras e serviços de engenharia se baseia na comparação de planilhas orçamentárias estimativas com sistemas de custos conhecidos e adotados pela Corte de Contas. Todavia, observa-se que tais sistemas de custos não alcançam plenamente os principais itens comumente observados na orçamentação de serviços de limpeza pública urbana, como, por exemplo, caminhões compactadores.

Outra dificuldade inerente aos trabalhos de auditoria em temas ligados ao manejo de resíduos sólidos urbanos diz respeito à escassez e à qualidade de indicadores de desempenho e produtividade dos serviços de limpeza urbana.

Um grande número de pesquisadores tem abordado o tema da coleta e transporte de resíduos sólidos urbanos, deixando de fora, entretanto, os aspectos que dizem respeito aos custos desses serviços, provavelmente face às dificuldades inerentes.

1.2. OBJETIVOS

Examinar os principais aspectos que envolvem a economicidade das contratações de serviços de coleta e transporte de resíduos sólidos urbanos (RSU), comparando as experiências e metodologias de outros Tribunais de Contas com aquelas utilizadas pela Coordenadoria de Análise Técnica de Atos e Contratos de Obras e Serviços de Engenharia (CAT) e Coordenadoria de Auditoria de Obras e Serviços de Engenharia (CAO), objetivando aperfeiçoar a atual metodologia utilizada pela Subsecretaria de Auditoria e Controle de Obras e Serviços de Engenharia (SSO) na execução de auditorias e na análise de atos e contratações inerentes ao tema.

1.2.1. Objetivos específicos

- Levantar os indicadores usuais de projeto e controle da coleta domiciliar de resíduos sólidos;
- Identificar metodologias de avaliação de economicidade da coleta domiciliar de outros Tribunais de Contas para comparações e aprimoramento;
- Trazer subsídios para o aperfeiçoamento da análise de atos e contratos de serviços de coleta e transporte de resíduos sólidos pelo TCE-RJ.

1.3. METODOLOGIA

A pesquisa será realizada por meio de levantamento bibliográfico em livros, periódicos, trabalhos e anais de congresso, além de pesquisas na internet.

Também serão realizados trabalhos de campo, com utilização de formulários e/ou questionários específicos para coleta de informações, complementadas com visitas aos órgãos selecionados após avaliação dos papéis de trabalho.

1.4. ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

No capítulo 2 é apresentada uma revisão dos conceitos teóricos básicos sobre resíduos sólidos urbanos.

O capítulo 3 apresenta os principais elementos que compõem o sistema de gerenciamento de resíduos sólidos urbanos, abordando aspectos teóricos e práticos sobre as etapas descritas.

No capítulo 4 são apresentados conceitos e definições sobre economicidade e custos dos serviços de coleta e transporte de RSU, com apresentação de indicadores e discussão sobre a sua pertinência como instrumento de avaliação de contratos sobre o tema.

O capítulo 5 apresenta os resultados do estudo, por meio do levantamento das metodologias e experiências aplicadas pelo TCE-MG, TCE-ES, TCM-GO, TCM-RJ, ABLP, uma empresa privada do setor de limpeza urbana e uma prefeitura municipal,

com as contribuições para aperfeiçoar os métodos de análises do TCE-RJ sobre a economicidade de contratos de coleta e transporte nos municípios.

No capítulo 6 são feitas as considerações finais, abordando as perspectivas trazidas ao longo da pesquisa, além das críticas finais às informações apresentadas.

O capítulo 7 mostra as limitações da pesquisa.

O capítulo 8 faz sugestões para trabalhos futuros e ampliação do debate indiciado.

No capítulo 9 são elencadas as referências bibliográficas utilizadas na pesquisa.

2. RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

As palavras lixo e resíduos sólidos (e suas derivações) são comumente usadas como sinônimos, mescladas e/ou substituídas.

A palavra lixo é derivada do termo latino *lix*, que significa "cinza". Na atualidade, a palavra é utilizada para denominar todo e qualquer resíduo sólido resultante das atividades diárias do homem em sociedade (LIXO. CONSULTING, 2016). Pode ser encontrado nos estados sólido, líquido e gasoso. Como exemplo de lixo, temos as sobras de alimentos, embalagens, papéis, plásticos e outros.

A definição de lixo como material inservível e não aproveitável, num contexto atualizado, pode ser considerada relativa, pois um resíduo poderá ser inútil para algumas pessoas e, ao mesmo tempo, considerado como aproveitável para outras.

Resíduos sólidos, de acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), são:

“Resíduos nos estados sólidos e semissólidos, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes dos sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam, para isso, soluções técnicas e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível” (NBR 10004/2004 – ABNT, 2004).

Observa-se que tal definição é ampla, podendo ser aplicada a vários tipos de resíduos, o que mostra a complexidade do tema proposto para este trabalho na abordagem da coleta e transporte dos Resíduos Sólidos Urbanos.

Existem diversas definições dos Resíduos Sólidos Urbanos aplicadas por estudiosos da área, e, mais recentemente, o Governo Federal instituiu, por meio da Lei nº 12.305/2010, a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), que também trouxe suas próprias definições, como veremos a seguir.

2.1. CLASSIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS

2.1.1. Quanto à Origem

Uma das formas de classificar os resíduos sólidos é quanto à sua origem. Embora existam diferentes definições e classificações acadêmicas para os resíduos, para efeito neste trabalho, usaremos as definições a seguir:

De acordo com a PNRS (grifo nosso):

Art. 13. Para os efeitos desta Lei, os resíduos sólidos têm a seguinte classificação:

I - quanto à origem:

a) resíduos domiciliares: os originários de atividades domésticas em residências urbanas;

b) resíduos de limpeza urbana: os originários da varrição, limpeza de logradouros e vias públicas e outros serviços de limpeza urbana;

c) resíduos sólidos urbanos: os englobados nas alíneas “a” e “b”;

d) resíduos de estabelecimentos comerciais e prestadores de serviços: os gerados nessas atividades, excetuados os referidos nas alíneas “b”, “e”, “g”, “h” e “j”;

e) resíduos dos serviços públicos de saneamento básico: os gerados nessas atividades, excetuados os referidos na alínea “c”;

f) resíduos industriais: os gerados nos processos produtivos e instalações industriais;

g) resíduos de serviços de saúde: os gerados nos serviços de saúde, conforme definido em regulamento ou em normas estabelecidas pelos órgãos do Sisnama e do SNVS;

h) resíduos da construção civil: os gerados nas construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, incluídos os resultantes da preparação e escavação de terrenos para obras civis;

i) resíduos agrossilvopastoris: os gerados nas atividades agropecuárias e silviculturais, incluídos os relacionados a insumos

utilizados nessas atividades;

j) *resíduos de serviços de transportes: os originários de portos, aeroportos, terminais alfandegários, rodoviários e ferroviários e passagens de fronteira;*

k) *resíduos de mineração: os gerados na atividade de pesquisa, extração ou beneficiamento de minérios;*

(...)

Parágrafo único. Respeitado o disposto no art. 20, os resíduos referidos na alínea “d” do inciso I do caput, se caracterizados como não perigosos, podem, em razão de sua natureza, composição ou volume, ser equiparados aos resíduos domiciliares pelo poder público municipal.

A inclusão de resíduos de estabelecimentos comerciais e prestadores de serviços comerciais na definição de RSU é reforçada pela Lei nº 11.445/2007, que em seu art. 6º explicita:

Art. 6º O lixo originário de atividades comerciais, industriais e de serviços cuja responsabilidade pelo manejo não seja atribuída ao gerador pode, por decisão do poder público, ser considerado resíduo sólido urbano.

A Lei n.º 3273, de 6 de setembro de 2001, que dispõe sobre a gestão do sistema de limpeza urbana no município do Rio de Janeiro, define resíduos sólidos ou lixo como:

“Qualquer substância ou objeto, com consistência sólida ou semisólida, de que o detentor se desfaz ou tem a intenção ou a obrigação de se desfazer”.

Segundo a mesma lei, os resíduos sólidos podem ser classificados em dois grupos: Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) e Resíduos Sólidos Especiais (RSE). Os RSU abrangem:

I - o lixo domiciliar ou doméstico produzido em habitação unifamiliar ou multifamiliar com características não perigosas, especialmente aquele proveniente das atividades de preparação de alimentos ou da limpeza regular desses locais;

II - os bens inservíveis oriundos de habitação unifamiliar ou multifamiliar, especialmente peças de mobília, eletrodomésticos ou assemelhados, cuja forma ou volume os impeçam de ser removidos pelo veículo da coleta domiciliar regular, conforme definida no art. 26;

III - os resíduos de poda de manutenção de jardim, pomar ou horta de habitação unifamiliar ou multifamiliar, especialmente troncos, aparas, galhadas e assemelhados, de acordo com as quantidades e periodicidade estabelecidas pelo órgão ou entidade municipal competente;

IV - o entulho de pequenas obras de reforma, de demolição ou de construção em habitação unifamiliar ou multifamiliar, especialmente restos de alvenaria, concreto, madeiras, ferragens, vidros e assemelhados, de acordo com as quantidades e periodicidade estabelecidas pelo órgão ou entidade municipal competente;

V - o lixo público, decorrente da limpeza de logradouros, especialmente avenidas, ruas, praças e demais espaços públicos;

VI - o lixo oriundo de feiras livres;

VII - o lixo oriundo de eventos realizados em áreas públicas; nomeadamente parques, praias, praças, sambódromo e demais espaços públicos;

VIII - os excrementos oriundos da defecação de animais em logradouros;

IX - o lixo que possa ser tipificado como domiciliar produzido em estabelecimentos comerciais, de serviços ou unidades industriais ou instituições/entidades públicas ou privadas ou unidades de trato de saúde humana ou animal ou mesmo em imóveis não residenciais, cuja natureza ou composição sejam similares àquelas do lixo domiciliar e cuja produção esteja limitada ao volume diário, por contribuinte, de cento e vinte litros ou sessenta quilogramas.

Desta forma, concatenando-se as definições da Lei 12.305/10, RSU são:

Resíduos sólidos originários de atividades domésticas em residências urbanas (resíduos domiciliares) e os originários da varrição, limpeza de logradouros e vias públicas e outros serviços de limpeza urbana (resíduos de limpeza urbana), incluídos, ainda, os resíduos de atividades comerciais caracterizados como não perigosos, que podem, em razão de sua natureza, composição ou volume, ser equiparados aos resíduos domiciliares pelo poder público municipal.

Ou seja, RSU é a soma dos resíduos sólidos domiciliares (RSD), públicos e comerciais, que podem ser assim resumidos:

- domiciliares: são aqueles gerados nas residências, oriundos da vivência diária. Geralmente compostos por uma gama diversa de resíduos, como: matéria orgânica (restos de alimentos), embalagens (plásticos, latas, vidros, filmes etc.), pilhas, metais etc.;
- comerciais: oriundos das atividades inerentes ao comércio de produtos e serviços (Bancos, lojas, shoppings, lanchonetes e restaurantes etc.);
- públicos: têm origem nos serviços de limpeza públicos urbanos e de áreas de feiras livres e eventos (varrição, limpeza de galerias, córregos etc.).

Resíduos comerciais serão de responsabilidade do gerador se:

- a) gerem resíduos perigosos;
- b) gerem resíduos que, mesmo caracterizados como não perigosos, por sua natureza, composição ou volume, não sejam equiparados aos resíduos domiciliares pelo poder público municipal.

Para Monteiro *et al.* (2001), “o regulamento de limpeza urbana dos municípios poderá definir precisamente os subgrupos de pequenos e grandes geradores”, podendo ser adotado como parâmetros:

- pequeno gerador de resíduos comerciais: é o estabelecimento que gera até 120 litros de lixo por dia;
- grande gerador de resíduos comerciais: é o estabelecimento que gera um volume de resíduos superior a esse limite.

Ainda de acordo com o autor, *“pequeno gerador de entulho” de obras é a pessoa física ou jurídica que gera até 1.000 kg ou 50 sacos de 30 litros por dia, ao passo que “grande gerador de entulho” é aquele que gera um volume diário superior a este. Geralmente, o limite estabelecido na definição de pequenos e grandes geradores de lixo deve corresponder à quantidade média de resíduos gerados diariamente em uma residência particular com cinco moradores.*

No Brasil, a maioria dos órgãos administrativos delega a execução do serviço de limpeza urbana a empresas privadas por meio do processo de licitação e posterior contratação pública, regulados pela Lei Federal nº 8.666/93. De acordo com o disposto no artigo 175 da Constituição Federal, *“incumbe ao poder público, na forma da lei, diretamente ou sob regime de concessão ou permissão, sempre mediante licitação, a prestação de serviços públicos”*, entre eles, a limpeza urbana.

2.1.2. Quanto à Periculosidade

Embora a Lei nº 12.305/10 também apresente uma classificação quanto à periculosidade, em sua gênese, é um resumo daquela apresentada pela NBR 10004/2004, que é a norma brasileira que classifica os resíduos sólidos de acordo com a periculosidade e riscos ambientais que representam. Essa norma tem como finalidade caracterizá-los, para que recebam um destino final suficiente às suas necessidades. Devido à sua natureza, os resíduos radioativos não se incluem nessa norma, tendo a CNEN (Comissão Nacional de Energia Nuclear) competência sobre eles.

Para os efeitos dessa Norma, os resíduos são classificados em:

- a) Resíduos Classe I - Perigosos;
- b) Resíduos Classe II – Não perigosos;
 - Resíduos Classe II A – Não inertes;
 - Resíduos Classe II B – Inertes.

Os resíduos que, segundo critérios técnicos ou econômicos, possuem características que não se enquadrem ou não possam ser determinados segundo a norma, deverão ter suas classificações garantidas por órgãos públicos estaduais ou federais com competência sobre o assunto.

Classe I – Perigosos

São resíduos que apresentam risco potencial significativo à saúde pública, aumentando a mortalidade ou incidência de distúrbios e doenças, ou que, se não manipulados, manuseados e destinados de forma correta, representem riscos ao meio ambiente. Caracterizam-se por possuir uma ou mais das propriedades abaixo:

- a) Inflamabilidade: característica físico-química relativa à capacidade de um determinado produto ou substância de produzir chama vigorosa e persistente, estimular reações de combustão, ou ainda, de intensificar o fogo, em temperaturas próximas ao do ambiente;
- b) Corrosividade: capacidade de transformar características de outro material através de interação química ou eletroquímica, geralmente levando-o à ruína e decomposição;
- c) Reatividade: representação do potencial de reação de uma substância, quando estas puderem reagir violentamente, causando explosões, liberando gases ou vapores tóxicos ou formando outras substâncias explosivas nas condições ambientes de temperatura e pressão;
- d) Toxicidade: capacidade de determinadas substâncias causarem o envenenamento de seres vivos, contendo qualquer um dos contaminantes em concentração maior que a permitida pela legislação;

- e) Patogenicidade: quando um resíduo possui microrganismos ou toxinas capazes de infectar e produzir doenças.

Classe II A – Não Inertes

"São aqueles que não se enquadram nas classificações de resíduos Classe I – Perigosos ou de Classe III – Inertes". Podem ter propriedades como Combustibilidade, Biodegradabilidade e Solubilidade em água.

Classe II B – Inertes

São os resíduos que, quando submetidos ao ensaio de solubilização, padronizados pela ABNT, não apresentam quaisquer de seus constituintes solubilizados à concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, excetuando-se os padrões de aspecto, cor, turbidez e sabor.

Dentro desta classificação os Resíduos Sólidos Urbanos são enquadrados como Classe II A.

3. GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

Barros (2012) define **limpeza pública** ou **limpeza urbana** como o “conjunto de atividades que permite o adequado estado de limpeza de um aglomerado humano, mais especificamente, de uma cidade”.

Os serviços de limpeza urbana são de responsabilidade dos municípios, podendo ser executados de diferentes formas:

- pela administração direta municipal;
- por empresa pública específica para este fim;
- por empresa de economia mista criada especificamente para essa função;
- por meio de empresas particulares contratadas na forma da lei.

Embora os elementos que compõem o sistema de gerenciamento de resíduos sólidos urbanos possam variar de acordo com países e regiões, as etapas principais são descritas por Tchobanoglous, Theisen e Vigel (1993), que afirmam que essas atividades podem ser agrupadas em seis elementos funcionais, conforme ilustra a Figura 1.

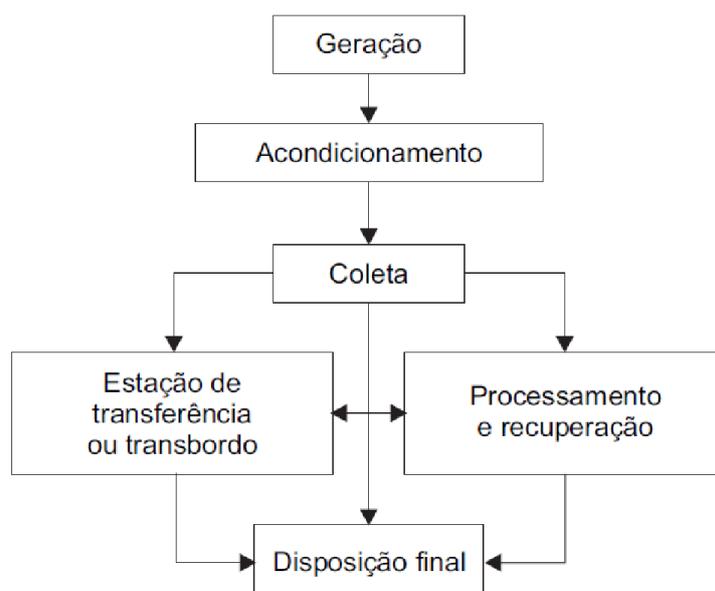


Figura 1 - Elementos funcionais do gerenciamento de resíduos sólidos

Fonte: Adaptado de Tchobanoglous, Theisen e Vigel, 1993.

3.1. GERAÇÃO

O primeiro elemento da gestão de RSU é a própria geração de resíduos, que consiste em etapa diversa da coleta, já que nem todo resíduo gerado é coletado. Isto acontece “*por diversos motivos, como a disposição irregular, coleta informal, ou insuficiência dos sistemas de coleta pública*” (IPEA, 2012).

A geração de resíduos engloba as atividades em que, após ser considerado sem valor, o material é dispensado, jogado fora ou eliminado.

Em que pese haver uma grande variação na quantidade e composição de resíduos gerados nas mais diversas regiões do globo, estudiosos consideram que existe uma relação direta entre a produção de resíduos e a economia.

Nesse viés, o Programa Ambiental das Nações Unidas (UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME – UNEP, 2005) diz que, apesar das variações, existem três tendências gerais.

A primeira tendência é sobre as quantidades. O estudo sugere que há aumento na geração de resíduos *per capita* paralelamente ao aumento do desenvolvimento econômico.

A segunda tendência diz respeito à concentração de papel no fluxo de resíduos. De acordo com os dados do estudo, o desenvolvimento de um país está intimamente acompanhado por um aumento na concentração de papel nos resíduos.

A terceira, e talvez a mais importante tendência, diz respeito aos resíduos sólidos biológicos, e relaciona-se com a quantidade de matéria putrescível (orgânico) e cinzas. A pesquisa indica que as quantidades de materiais putrescíveis e cinzas em RSU geralmente diminuem à medida que o desenvolvimento de um país avança.

Essas variações e tendências na quantidade, composição e outras características dos RSU persistem além de países e acontecem mesmo em nível de comunidades.

Desta forma, a geração de RSU é considerada um marcador de padrão de vida.

De forma geral, no Brasil, não há controle sobre a geração na fonte pelos gestores públicos. Contudo, há uma tendência de mudança sobre isto na medida em que se estabelecem maiores restrições de ordem legal, tendo em vista a preservação ambiental e a proteção à saúde pública. Assim, em diversos países desenvolvidos,

já se controla o que pode ou não ser apresentado como resíduo, e os custos estabelecidos pelas quantidades geradas, com multas e penalidades aplicadas quando se ultrapassa os limites previstos na legislação.

3.1.1. Cálculo da Quantidade de RSU

O cálculo da quantidade de resíduos gerados por uma dada população pode ser considerado o primeiro grande desafio no dimensionamento dos sistemas de coleta e transporte de RSU, já que sua estimativa varia de acordo com diversos fatores, como taxa de urbanização, renda *per capita*, estações do ano, desenvolvimento socioeconômico, educação, sazonalidades (férias, movimentos populacionais, trabalho) etc.

Faltam dados precisos sobre a quantidade de RSU gerados diariamente no Brasil. Isto ocorre, em parte, devido à disposição irregular, coleta informal e deficiências no sistema público de coleta, impedindo que parte dos resíduos gerados seja coletada e contabilizada. Portanto, os dados existentes não comungam de confiabilidade, o que dificulta uma estimativa precisa sobre o assunto. Barros (2012) acrescenta que:

“A enorme heterogeneidade da realidade recomenda prudência na mera aceitação de indicadores advindos de avaliações feitas sob condições desconhecidas ou muito particulares, cujas metodologias não foram explicitadas ou que dão margem a questionamentos. Estudos divulgados podem mostrar tendências e valores relativamente uniformes; ainda assim, cada caso precisa ser avaliado de forma isolada, dependendo dos objetivos a que se propõem tais estudos”.

Assim, é preciso ser cuidadoso quando se utilizam dados de geração de resíduos no Brasil, particularmente na elaboração de projetos dos sistemas de gerenciamento de resíduos sólidos urbanos.

O Governo Federal produz alguns dos dados sobre RSU e sua gestão, mais utilizados por profissionais e pesquisadores. Pode-se citar o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), do Ministério das Cidades, e a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (PNSB), realizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

O SNIS é um importante sistema de informações sobre o setor de saneamento no Brasil. Criado em 1996, inicialmente para coleta de dados sobre prestadores de serviços de água e/ou de esgotos, foi ampliado em 2002, ano em que passou a coletar informações referentes ao manejo de resíduos sólidos urbanos. O sistema constitui um banco de dados, contendo informações e indicadores gerenciais, financeiros, operacionais e de qualidade sobre os serviços de água e esgotos e de manejo de resíduos sólidos urbanos. As análises são criadas a partir das informações fornecidas voluntariamente pelos órgãos municipais encarregados pelos serviços de água, esgotos e resíduos sólidos urbanos. O uso desses dados deve levar em conta o fato de as informações poderem ter erros por falta de capacitação técnica e de pessoal nos municípios.

Dentre outras informações, o SNIS publica anualmente o documento intitulado “Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos” que representa um diagnóstico da situação da prestação de serviço na área. No Diagnóstico, o SNIS (2015) apresenta três indicadores para a massa coletada *per capita* de resíduos sólidos domiciliares (RDO) e resíduos sólidos públicos (RPU), conforme apresentado a seguir:

- **IN021 – Massa coletada de (RDO + RPU) *per capita* em relação à população urbana SNIS/IBGE:** *“Do universo de 3.765 municípios participantes desta edição do SNIS-RS, pode-se, após os procedimentos estatísticos para expurgos, contar com um conjunto de 3.636 municípios, o que corresponde a 66,3% do total de municípios do País e 96,6% de aproveitamento das informações do total de participantes desta edição. Isso também implica, em relação ao ano anterior, no acréscimo de mais 195 valores (sic) municípios que contribuem para o respaldo dos resultados”;*
- **IN022 – Massa de RDO coletada *per capita* em relação à população atendida (declarada pelo informante):** *“o qual investiga somente a parcela de resíduos domiciliares, calculado, obviamente, apenas para os municípios que têm a coleta de resíduos domiciliares distinta da de resíduos públicos”.*

- **IN028 – Massa coletada de (RDO + RPU) per capita em relação à população atendida (declarada pelo informante):** “Esse caso é parecido com o IN021, já que também utiliza no numerador a massa de (RDO+RPU). No entanto, relaciona a massa com a população atendida (campo Co164), informação essa carregada de imprecisão, dada dificuldades encontradas de obtenção/estimação pelos informantes, muitas vezes relatada durante o processo de coleta de dados”.

Após tratamento estatístico, em que foram descartados os municípios que apresentaram resultados entre 2,84 e 5,72 kg/hab./dia, o SNIS elaborou as tabelas apresentadas a seguir, sendo a tabela 1 com as faixas populacionais adotadas; e as tabelas 2 e 3, nas quais são agrupados os resultados do indicador IN021 por regiões geográficas e por faixas populacionais, respectivamente:

Tabela 1 - Faixas populacionais adotadas pelo SNIS

FAIXA POPULACIONAL (*)	INTERVALO DA FAIXA
1	Até 30 mil habitantes
2	De 30.001 a 100.000 habitantes
3	De 100.001 a 250.000 habitantes
4	De 250.001 a 1.000.000 de habitantes
5	De 1.000.001 a 3.000.000 de habitantes
6	Acima de 3.000.001 habitantes

(*) Faixas populacionais classificadas em função da população total 2015 estimada pelo IBGE, codificada no SNIS-RS como POP_TOT.

Fonte: Adaptado de SNIS, 2017.

Tabela 2 - Massa coletada (RDO+RPU) *per capita* dos municípios participantes do SNIS-RS 2015, em relação à população urbana (indicador IN021), segundo região geográfica.

REGIÃO	QUANTIDADE DE MUNICÍPIOS	MASSA COLETADA <i>PER CAPITA</i> (IN021) – ANO 2015		
		MÍNIMO	MÁXIMO	MÉDIO
		kg/habitante/dia		
NORTE	233	0,10	2,80	1,13
NORDESTE	786	0,10	2,83	1,22
SUDESTE	1.289	0,10	2,82	0,96
SUL	910	0,10	2,80	0,84
CENTRO-OESTE	248	0,11	2,69	0,97
TOTAL 2015	3.396	0,10	2,83	1,00
TOTAL 2014	3.636	0,10	2,71	1,05
TOTAL 2013	3.441	0,10	2,69	1,01

Fonte: Adaptado de SNIS, 2017.

Tabela 3 – Massa coletada (RDO+RPU) *per capita* dos municípios participantes do SNIS-RS 2015, em relação à população urbana (indicador IN021), segundo faixa populacional.

FAIXA POPUACIONAL	QUANTIDADE DE MUNICÍPIOS	MASSA COLETADA <i>PER CAPITA</i> (IN021) – ANO 2015		
		MÍNIMO	MÁXIMO	MÉDIO
		kg/habitante/dia		
1	2.592	0,10	2,83	0,90
2	549	0,10	2,81	0,95
3	157	0,25	2,82	0,89
4	82	0,51	2,63	1,01
5	14	0,61	2,34	1,15
6	2	0,92	1,38	1,09
TOTAL 2015	3.396	0,10	2,83	1,00
TOTAL 2014	3.636	0,10	2,71	1,05
TOTAL 2013	3.441	0,10	2,69	1,01

Fonte: Adaptado de SNIS, 2017.

Ainda de acordo com a pesquisa, esses valores são afetados pelos municípios que não fazem a pesagem rotineira dos resíduos com o uso de balança rodoviária, sobretudo nos pequenos municípios, que apresentam uma tendência de superestimar a quantidade.

Outros dados bastante usados para estimativas de geração de RSU no Brasil são as informações do “Panorama Dos Resíduos Sólidos No Brasil”. O Panorama é publicado anualmente desde 2003 pela Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE), que é associação voltada ao mercado de gestão de resíduos, em colaboração com os setores público e privado, formada por 43 empresas associadas ligadas ao setor de limpeza urbana. A publicação traz diversos dados consolidados baseados em informações coletadas junto aos associados, tabuladas em planilhas que relacionam os municípios que as disponibilizaram. De acordo com a ABRELPE, essas informações passam por um processo estatístico de análise de consistência, e, após o tratamento dos dados, são geradas tabelas estruturadas para as regiões e as respectivas unidades federativas que as compõem. A seguir, é apresentada a tabela 4 de quantidade de RSU coletada por regiões, e suas respectivas equações.

Tabela 4 - Quantidade de Resíduos Sólidos Urbanos Coletados nas Regiões do País, em 2015.

REGIÕES	2014	2015	
	RSU TOTAL (t/dia)	EQUAÇÃO	RSU TOTAL (t/dia)
NORTE	12.458	$RSU = 0,000283 (\text{pop tot} / 1000) + 0,614564$	12.692
NORDESTE	43.330	$RSU = 0,000105 (\text{pop tot} / 1000) + 0,738735$	43.894
CENTRO-OESTE	15.826	$RSU = 0,000145 (\text{pop tot} / 1000) + 0,903690$	16.217
SUDESTE	102.572	$RSU = 0,000144 (\text{pop tot} / 1000) + 0,873613$	104.631
SUL	21.047	$RSU = 0,000070 (\text{pop tot} / 1000) + 0,685906$	21.316
BRASIL	195.233		198.750

Fonte: ABRELPE, 2016.

Além de SNIS e ABRELPE, existem outras fontes para estimar a quantidade de resíduos sólidos urbanos gerados, dentre as quais destacamos os índices da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) e da Prefeitura Municipal do Rio de Janeiro, apresentados, respectivamente, pelas tabelas 5 e 6:

Tabela 5 - Índices estimativos de produção *per capita* de RSU, adotados em função da população urbana – Ano 2016.

POPULAÇÃO (HABITANTES)	PRODUÇÃO DE RSU (Kg/Hab.dia)
ATÉ 25.000	0,7
DE 25.001 A 100.000	0,8
DE 100.001 A 500.000	0,9
MAIOR QUE 500.000	1,1

Fonte: Adaptado de CETESB, 2017.

Tabela 6 – Índices estimativos de produção *per capita* de resíduos coletados na cidade do Rio de Janeiro – ANO BASE 2014

TIPO DE RESÍDUOS	PRODUÇÃO DE RSU (Kg/Hab.dia)
RESÍDUOS SÓLIDOS DOMICILIARES	0,76
RESÍDUOS PÚBLICOS	0,44
TOTAL DE RESÍDUOS	1,43

Fonte: Adaptado de Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS) da Cidade do Rio de Janeiro (RIO DE JANEIRO, 2014).

3.2. MANUSEAMENTO E ACONDICIONAMENTO

A segunda fase do gerenciamento de RSU, e primeira etapa do processo de remoção dos resíduos, é o manuseamento para acondicionamento.

Nessa etapa, os resíduos são manuseados até a sua disposição para coleta, podendo ser utilizados vasilhas e recipientes domiciliares, sacos plásticos, contêineres e outros.

Durante o manuseio pode ocorrer a separação dos resíduos com vistas à recuperação ou reciclagem (por meio da coleta seletiva).

Os resíduos devem ser bem acondicionados, pois, além de facilitar e reduzir o custo da coleta, previnem a poluição ambiental e problemas estéticos (odores, poluição visual etc.) e de saúde (contaminação, disseminação de doenças, proliferação de vetores etc.).

3.3. COLETA E TRANSPORTE DE RESÍDUOS

Coleta significa recolher os resíduos acondicionados por quem o produz para encaminhá-lo, mediante transporte adequado, a uma possível estação de transferência, a um eventual tratamento e à disposição final (BARROS, 2012; MONTEIRO *et. al*, 2001).

Os dados disponíveis para coleta de RSU mostram grandes diferenças entre si. O Compromisso Empresarial para Reciclagem (CEMPRE, 2013) diz que 19,7% dos resíduos gerados no Brasil não são recolhidos.

A ABRELPE (2015) afirma que o montante coletado em 2015, que foi de

72,5 milhões de toneladas, resultou em um índice de cobertura de coleta de 90,8% para o país, que varia conforme as regiões, de acordo com a tabela 7:

Tabela 7 - Índice de cobertura da coleta de RSU – 2015

REGIÃO	ÍNDICE DE COBERTURA DA COLETA DE RSU – 2015
NORTE	80,6%
NORDESTE	78,5%
SUDESTE	97,4%
SUL	94,3%
CENTRO-OESTE	93,7%
BRASIL	90,8%

Fonte: Adaptado de ABRELPE, 2015.

O SNIS também mostra a variação da taxa de cobertura da coleta entre as regiões do país, cujos valores diferem dos da ABRELPE, conforme mostrado pela tabela 8:

Tabela 8 - Taxa de cobertura do serviço de coleta de RDO dos municípios participantes, em 2015.

REGIÃO	QUANTIDADE DE MUNICÍPIOS	TAXA DE COBERTURA DA COLETA DOMICILIAR EM RELAÇÃO À POPULAÇÃO URBANA (IN016)		
		MÍNIMO	MÁXIMO	MÉDIO
		%		
NORTE	246	18,40	100,00	96,10
NORDESTE	841	16,90	100,00	96,90
SUDESTE	1.244	15,90	100,00	99,40
SUL	928	40,20	100,00	99,40
CENTRO-OESTE	261	46,20	100,00	98,80
TOTAL 2015	3.520	15,90	100,00	98,60
TOTAL 2014	3.765	14,50	100,00	98,60
TOTAL 2013	3.566	10,30	100,00	98,40

Fonte: Adaptado de SNIS, 2017.

Para Tchobanoglous, Theisen e Vigel (1993), a operação de coleta deve considerar quatro aspectos distintos: (i) os tipos de serviços de coleta disponibilizados; (ii) a mão de obra e os equipamentos necessários para o sistema de coleta utilizado; (iii) a análise do sistema de coleta, incluindo sua quantificação e; (iv) metodologia envolvida na determinação das rotas de coleta.

O planejamento da coleta e o dimensionamento da frota de veículos e demais equipamentos utilizados na coleta de RSU devem levar em conta diversos aspectos geográficos e socioeconômicos da cidade, tais como:

- população;
- área do município;
- topografia;
- taxa de urbanização;
- malha viária;
- pavimentação e calçamento de vias;
- zoneamento urbano (densidade populacional, uso e ocupação do solo);
- local de início;
- local de destinação final.

São vários os sistemas de coleta de resíduos sólidos urbanos utilizados mundo afora. No Brasil, os sistemas mais comuns são:

- **Regular ou Convencional:** os resíduos domiciliares e comerciais (quando comparável ao domiciliar) são coletados e encaminhados até o destino final, podendo ou não passar por estações de transferência e/ou transbordo;
- **Coleta especial:** coleta feita mediante demanda de escala ou solicitação do interessado. Como exemplo deste tipo de coleta, podemos incluir resíduos de feiras livres, de festas e comemorações públicas (religiosas, culturais, cívicas etc.) e entulho residencial em pequena quantidade;
- **Coleta seletiva:** os resíduos são separados na fonte ou em instalações de processamento próprias, conforme interesse comercial, e encaminhados para locais de tratamento e/ou recuperação;
- **Coleta pelo próprio gerador:** realizada pelo próprio produtor do resíduo, quando em grandes quantidades e/ou volumes, como resíduos de construção e demolição (RCD) de obras de engenharia e resíduos industriais. Neste caso, o gerador possui responsabilidade não só pela coleta, mas pela remoção, transporte, tratamento e destinação final.

A presente pesquisa ateuve-se à coleta regular (ou convencional) dos RSU, em função de ela representar o principal componente (mais de 50% dos custos operacionais) dos sistemas de limpeza urbana dos municípios. As coletas seletiva, especial e de grandes geradores não estão incluídas neste estudo face às suas características específicas que as diferenciam da coleta convencional.

De uma forma simplificada, a **coleta regular** pode ser dividida em dois tipos:

- **Coleta porta a porta:** o serviço municipal faz a coleta regular, em frequência determinada, dos resíduos domiciliares/comerciais embalados apropriadamente, e acondicionados em frente à residência/instalação comercial.
- **Coleta ponto a ponto:** os resíduos devem ser acondicionados em pontos específicos determinados pela municipalidade, em contentores próprios para essa finalidade, de onde são recolhidos pelo serviço de coleta.

A operação da coleta e transporte de RSU, em suma, é feita com a coleta do resíduo conforme disposto inicialmente, com uso de mão de obra e veículos (motorizados ou não), e o transporte até o local de descarregamento.

3.3.1. Regularidade da Coleta

A coleta do lixo domiciliar deve ser efetuada regularmente, sempre nos mesmos dias e horários, para que a população possa se habituar a colocar as embalagens do lixo nas calçadas, em frente aos imóveis, sempre nos dias e horários em que o veículo coletor irá passar.

Embora essa possa parecer uma premissa simples, o tempo de permanência do lixo no logradouro público é um assunto importante, em função dos aspectos estéticos, emissão de odores e atração de vetores e animais.

Em cidades que dispõem de controle do peso dos RSU coletados, é possível verificar a regularidade do serviço, comparando-se a pesagem deles em semanas consecutivas, já que para os mesmos dias da semana o peso não varia mais do que 10% (MONTEIRO *et al.*, 2001). De forma análoga, as distâncias percorridas

pelos veículos de coleta devem ser semelhantes, pois os itinerários a serem seguidos serão idênticos para cada rota.

3.3.2. Frequência e Horários da Coleta

A frequência pode ser definida como o número de vezes na semana em que é feita a coleta regular de RS, numa determinada localidade ou região da cidade.

Para Monteiro *et al.* (2001), devido ao clima tropical, a frequência mínima de coleta admissível em um país como o Brasil é de três vezes por semana. E, ainda, com vistas à redução dos custos, por meio da otimização da frota, a coleta deve ser realizada em dois turnos.

Assim, habitualmente a coleta é realizada nas cidades de médio e grande porte às segundas, quartas e sextas-feiras; ou às terças, quintas e sábados, de acordo com os roteiros estabelecidos em projeto, mantendo a regularidade do serviço em cada rota. A tabela 9 apresenta as vantagens e desvantagens das frequências na coleta de RSD:

Tabela 9 - Principais frequências de coleta de Resíduos Sólidos

FREQUÊNCIA	VANTAGENS	DESVANTAGENS
DIÁRIA (EXCETO DOMINGO)	Reduz a necessidade de armazenamento de resíduos pelo usuário Interessante do ponto de vista sanitário	Necessita de mais pessoal e mais combustível Desgasta mais os equipamentos É mais cara
TRÊS VEZES NA SEMANA	Ideal para o sistema (custo x benefício)	Exige armazenamento de lixo pelo usuário Pode acarretar problemas relacionados com odores e vetores Algum impacto visual
DUAS VEZES POR SEMANA	Frequência mínima admissível (sob ótica sanitária) Possibilita ampliação da cobertura do serviço É mais barata	Exige armazenamento de lixo pelo usuário Acarreta problemas relacionados com odores e vetores Maior impacto visual Intervalo de coleta superior ao recomendado para regiões com clima tropical

Fonte: Adaptado de BARROS, 2012.

Nas regiões residenciais, a coleta normalmente é realizada durante o dia, com vistas ao controle de ruídos causados pelos veículos de coleta, além dos sons oriundos da própria operação. Contudo, deve ser evitada a coleta em horários de grande movimento de tráfego.

Já em áreas comerciais, a coleta deve ser realizada no período noturno, com pouco movimento, e otimizando a frota.

Em áreas turísticas, pode-se adotar horários alternativos de coleta, fora dos períodos de pico de utilização.

A tabela 10 apresenta um comparativo entre os períodos e frequência de coleta, com o tipo de ocupação. Já a tabela 11 apresenta as vantagens e desvantagens entre os horários diurno e noturno da coleta de RSD.

Tabela 10 - Características da coleta de RSD

FREQÜÊNCIA	PERÍODO	TIPO DE ÁREA	OBSERVAÇÕES
DIAS ALTERNADOS	Diurno	Residencial	Diária em áreas mais adensadas e/ou centrais
DIÁRIA	Diurno / Noturno	Comercial / Industrial	O período dependerá do tamanho da cidade e da produção de resíduos
	Diurno	Favelas, áreas de urbanização desordenada e precária, terrenos acidentados	O planejamento dependerá das características e particularidades de cada área
EVENTUAL	Imediatamente após a realização do evento	Feiras, festas, locais de venda de pescado	A coleta deve começar logo após a varrição

Fonte: BARROS, 2012.

Tabela 11 - Principais frequências de coleta de RS

HORÁRIO	VANTAGENS	DESvantagens
DIURNO	<p>É, em geral, mais econômica</p> <p>Permite melhor fiscalização do serviço</p> <p>Melhor para os usuários, e também para a saúde pública pelo menor tempo de acumulação do lixo</p> <p>Maior segurança: ataque de cães, assaltos, maior visibilidade dos motoristas e garis</p>	<p>Interfere no trânsito</p> <p>Causa maior desgaste do trabalhador, e conseqüentemente, menor produtividade</p>
NOTURNO	<p>Indicada para áreas comerciais e turísticas</p> <p>Não interfere muito no trânsito</p> <p>Maior produtividade (maior velocidade média)</p> <p>Diminuição da frota (trabalho em 2 turnos)</p> <p>Os resíduos não ficam expostos (e eventualmente espalhados) durante o dia</p>	<p>Causa incômodo à população (ruído)</p> <p>Dificulta a fiscalização</p> <p>Maior custo da mão de obra</p> <p>Maior desgaste dos veículos (2 turnos)</p> <p>Maior risco de danos e de acidentes</p> <p>Maior possibilidade de furtos de recipientes</p>

Fonte: Adaptado de Barros, 2012 e Monteiro *et al.*, 2001.

3.3.3. Veículos

São vários os tipos de veículos que podem ser utilizados na coleta, incluindo:

- caminhões compactadores: podem reduzir em até $\frac{1}{4}$ o volume inicial dos resíduos coletados, sendo a densidade final no veículo de cerca de 400 a 550 kg/m³ (UNEP, 2005). De carregamento traseiro, fabricado em aço, com capacidade volumétrica útil que pode variar entre 6 m³ e 20 m³, montado em chassi com PBT compatível (9, 12, 14, 16 e 23t), podendo possuir dispositivo hidráulico para basculamento automático e independente de contêineres plásticos padronizados. Esses tipos de equipamentos destinam-se à coleta de lixo domiciliar, público e comercial, e a descarga deve ocorrer nas estações de transferência, usinas de triagem ou nos aterros sanitários. Por conta do peso próprio e à carga de RSU, esses veículos exigem vias com boas condições de pavimentação, sob pena do aumento dos gastos na manutenção do equipamento;
- caminhões basculantes: veículo sem compactação, onde a carga é vazada por meio do basculamento hidráulico da caçamba. É comumente usado na coleta de resíduos públicos (RPU) e no auxílio aos serviços de varrição;
- caminhões com carroceria de madeira aberta: para a coleta de RPU em locais de difícil acesso, como favelas, vilas e logradouros estreitos;
- caminhões baú: veículo sem compactação, é utilizado em comunidades pequenas, com baixa densidade demográfica. Também é empregado em locais íngremes. O volume de sua caçamba pode variar de 4 m³ a 12 m³;
- veículos poliguindastes: tem capacidade para transportar caixas estacionárias cheias. Para grandes volumes de lixo domiciliar, podem ser utilizadas várias caixas compactadoras, com capacidade de 10 m³ a 30 m³ de lixo solto;

- outros tipos: veículos utilitários de pequeno e médio porte, ou até veículos com tração animal (carroças).

Embora o tipo de veículo utilizado influencie nas etapas posteriores de gerenciamento, para Cunha e Caixeta Filho (2002), a escolha do veículo coletor ainda é feita de maneira bastante empírica no Brasil.

De acordo com o Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT, 2000), o dimensionamento da frota de coleta em cada setor pode ser feito com o uso da seguinte equação:

Equação [1]:

$$N_s = \left(\frac{1}{J}\right) \cdot \left[\left(\frac{L}{V_c}\right) + 2 \cdot \left(\frac{D_g}{V_t}\right) + 2 \cdot \left\{ \left(\frac{D_d}{V_t}\right) \cdot \left(\frac{Q}{C}\right) \right\} \right]$$

Onde:

N_s = número de veículos necessários para cada setor de coleta;

J = duração útil da jornada de trabalho da guarnição (em horas), desde a saída da garagem até o seu retorno, excluindo intervalos para refeições e outros tempos improdutivos;

L = extensão total das vias do setor de coleta (em km);

V_c : velocidade média de coleta (km/h);

D_g : distância entre a garagem e o setor de coleta (km);

D_e : distância entre setor de coleta e ponto de descarga (km);

V_t : velocidade média nos percursos de posicionamento e de transferência (km/h);

Q : quantidade total de lixo a ser coletada no setor (t ou m^3);

C : capacidade dos veículos de coleta (t ou m^3). Em geral, adota-se 70% da capacidade nominal, considerando-se a variabilidade da quantidade de RS coletada a cada dia.

Barros (2012) alerta que a frota total não é o mero somatório das frotas calculadas para todos os setores, já que a coleta não se realiza em todos ao mesmo tempo, mas sim, é aquela que corresponde ao maior número de veículos que precisam operar num mesmo dia e horário. E, ainda, é usual um acréscimo de 10% como reserva técnica, para reparos, manutenção e em casos de emergências.

3.3.4. Mão de Obra

No Brasil, dá-se o nome de guarnição ao conjunto de trabalhadores que recolhem e armazenam os RS no veículo de coleta. As guarnições variam de acordo com o tipo de veículo, com características geográficas e de topografia, com o volume a ser coletado na rota, dentre outros, variando de dois a cinco trabalhadores, destacando-se que o número mínimo de coletores pode ser uma exigência sindical da localidade da contratação.

Contudo, para caminhões compactadores, observa-se que há uma tendência de utilização de um motorista, mais três ou quatro coletores (garis). Já para os caminhões do tipo baú, são necessários mais um ou dois trabalhadores, conforme é apresentado pela tabela 12:

Tabela 12 - Número de operários para a coleta

TIPO DE CAMINHÃO	NÚMERO DE GARIS
CAMINHÃO COMPACTADOR	3 a 4
CAMINHÃO COM CAÇAMBA BASCULANTE (ATÉ 6 M ³)	2
CAMINHÃO COM CAÇAMBA BASCULANTE (MAIOR QUE 6 M ³)	4
CAMINHÃO COM CARROCERIA DE MADEIRA	3
CAMINHÃO COM POLIGUINDASTE	1

Fonte: Adaptado de Barros, 2012.

3.3.5. Itinerário de Coleta

Também chamado de roteiro ou rota, é o trajeto que o veículo de coleta deve percorrer dentro de um mesmo setor, num dado período, coletando e transportando o máximo de resíduos com o mínimo de percurso improdutivo, e o menor desgaste possível para uma guarnição. Percursos improdutivos são os trechos em que o veículo

não realiza coleta, servindo apenas para o deslocamento de um ponto a outro.

De acordo com a NBR 12980 (ABNT, 1993), setor é a “*subdivisão técnico-administrativa de uma área ou seção de coleta composta por um ou mais itinerários*”. Na prática, corresponde a regiões homogêneas da cidade em termos de geração *per capita* de RSU, de uso e ocupação do solo. É composto por um conjunto de itinerários, agrupados em seções ou regionais de coleta, conforme características operacionais e/ou administrativas, podendo ter frequências e horários diferentes.

Para definir um itinerário, é comum a elaboração de um roteiro gráfico, em mapa ou croqui, indicando os elementos do serviço, seu início e término, percurso, pontos de coleta manual (sem acesso ao veículo, sendo o lixo coletado e carregado pelos coletores), trechos com percurso “morto” e manobras especiais, tais como ré e retorno (D’ALMEIDA *et al.*, 2000). O mapa também deve indicar as características da área (topografia, declividade, tipo de pavimento, tráfego, uso e ocupação do solo etc.), além de conter lista dos logradouros, com respectivas extensões.

A taxa de urbanização é um fator de grande impacto no dimensionamento do roteiro, uma vez que, em áreas de grande concentração populacional, os garis carregam maior peso, em uma extensão menor de logradouro. Já em áreas de baixa concentração populacional ocorre o contrário, com os garis percorrendo uma extensão maior para coletar uma mesma quantidade de resíduos. Por isso, é de suma importância verificar com rigor técnico a geração de resíduos sólidos nos domicílios, nos estabelecimentos públicos e no comércio, pois esses dados serão utilizados no dimensionamento dos roteiros necessários à coleta regular de lixo.

Devido aos aspectos dinâmicos que compõem o serviço de coleta, o roteiro deve ser constantemente atualizado e redimensionado, em função do aumento ou diminuição da população, das mudanças de características de bairros, mudanças de tráfego etc. O dimensionamento deve equilibrar os itinerários, para que cada equipe colete uma mesma quantidade de resíduos.

A definição das rotas de coleta envolve uma série de desafios, uma vez que não existem regras que possam ser aplicadas a todas as situações. Contudo, diversos autores descrevem diretrizes e práticas que devem ser levadas em consideração, tais como:

- políticas existentes e regulamentos relacionados aos pontos de coleta e frequência devem ser identificados;
- as características do sistema existentes, tais como o dimensionamento da guarnição e os tipos de veículos, que devem ser compatíveis;
- sempre que possível, as rotas devem ser definidas de modo a iniciar e terminar próximo às estradas arteriais;
- sempre que possível, o início do roteiro deve ser o mais próximo possível da garagem;
- o término do itinerário deve ser o mais próximo possível da área de destino (estação de transferência, de transbordo ou destinação final);
- em vias íngremes, as rotas devem começar na parte de cota superior do itinerário, prosseguindo em direção à parte mais baixa, privilegiando a segurança e poupando a guarnição e o veículo;
- a coleta deve ser feita dos dois lados da rua, em percurso contínuo, resguardada a integridade física dos operários.

Autores como Tchobanoglous, Theisen e Vigel (1993) e Monteiro *et al.* (2001) descrevem algumas técnicas empíricas para elaboração de roteiros de coleta. Todavia, a presente pesquisa não tem a pretensão de esgotar o tema, e, portanto, tais discussões serão objeto de sugestão para futuros trabalhos.

3.4. ESTAÇÃO DE TRANSFERÊNCIA OU TRANSBORDO

Em cidades pequenas, por não representar grandes desafios, o transporte é feito diretamente até o ponto de destinação final. Mas em grandes cidades, onde a distância entre o ponto de coleta e o local de disposição final geralmente é superior a 24 km, o percurso tem implicações econômicas, podendo ser usadas estações de

transferência e/ou transbordo (TCHOBANOGLIOUS, THEISEN e VIGEL, 1993).

De acordo com Mansur & Monteiro (2001):

“As estações de transferência, ou transbordo, são locais onde os caminhões coletores vazam sua carga dentro de veículos com carrocerias de maior capacidade que seguem até o destino final. Têm como objetivo reduzir o tempo gasto de transporte e conseqüentemente os custos com o deslocamento do caminhão coletor desde o ponto final do roteiro até o local de disposição final do lixo”.

Este ciclo envolve duas etapas: (i) a transferência de resíduos de veículos de coleta para um equipamento maior (carreta) de transporte, e (ii) o subsequente transporte dos resíduos, geralmente através de longas distâncias, para o processamento ou disposição final.

3.5. PROCESSAMENTO, TRATAMENTO E DISPOSIÇÃO FINAL

3.5.1. Processamento e Tratamento

Quando o resíduo não permite reutilização, reaproveitamento ou reciclagem, é necessário aplicar as tecnologias existentes para um tratamento e/ou disposição final efetivamente seguro.

De acordo com Mansur e Monteiro (2001), em determinados casos, os resíduos sólidos podem sofrer algum tipo de processamento antes da disposição final, isto é, ocorre algum tipo de beneficiamento (compactação, trituração, incineração etc.), visando a melhores resultados econômicos, sanitários e/ou ambientais.

Embora do ponto de vista ambiental este seja um dos aspectos mais importantes do gerenciamento de resíduos sólidos, em face do foco da pesquisa, neste trabalho não detalharemos os diversos tipos de tratamento existentes.

3.5.2. Destinação Final

A destinação final é a última etapa do gerenciamento dos resíduos sólidos.

Embora haja diferentes tipos de destinação final de RSU, o mais comum no Brasil é aquele que envolve a disposição dos resíduos no solo (lixões, aterro controlado ou sanitário).

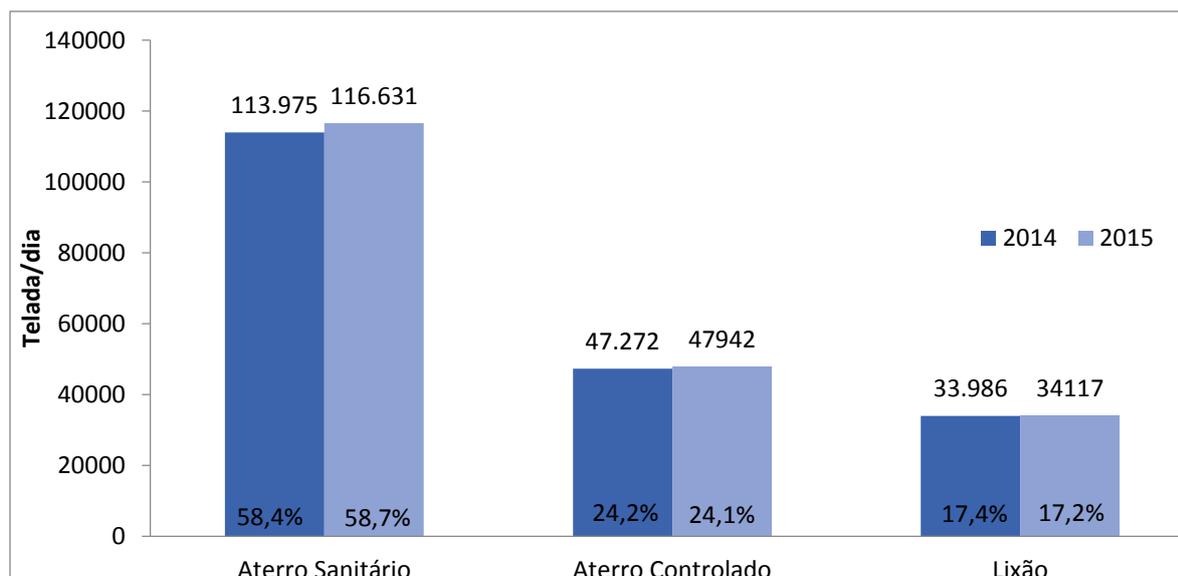
Lixão

É uma forma inadequada de dispor os RSU sobre o solo, que se caracteriza pela ausência dos parâmetros técnicos mínimos de proteção ambiental, tais como impermeabilização da fundação, sistema de coleta do líquido gerado dentro do lixo (denominado chorume), drenagem dos gases e cobertura diária do lixo, propiciando o aparecimento de vetores (ratos, moscas e baratas), comprometendo seriamente a saúde pública. Com isto a poluição do solo, das águas superficiais e dos lençóis freáticos inevitavelmente ocorre.

Além do descontrole do que é vazado no local, pode haver outros problemas associados aos lixões, como a presença de animais domésticos e pequenas criações (cães, gatos, porcos etc.) e de catadores (residentes ou não), além do risco de incêndios.

Embora a PNRS previsse a eliminação da destinação inadequada até 2014, o uso de lixões ainda é uma realidade brasileira, conforme mostrado no gráfico 2:

Gráfico 2 - Disposição final de RSU no Brasil por tipo de destinação (t/dia) – Ano 2015



Fonte: ABRELPE, 2015.

Aterros

Chama-se de aterro o enterramento planejado dos resíduos sólidos controlado tecnicamente quanto aos aspectos ambientais, de modo a evitar a proliferação de vetores e roedores e outros riscos à saúde (FUNASA, 2004). São dois os tipos de aterros, a saber:

- aterro sanitário: é o tipo de aterro mais adequado à destinação final de resíduos sólidos urbanos, devido às características técnicas empregadas em sua construção. Nesta modalidade, levam-se em conta aspectos geográficos e ambientais, como: localização, distância dos corpos hídricos e habitações e ventos dominantes. São observados também os aspectos técnicos construtivos e operacionais, como: compactação, cobrimento das camadas, cerca para impedir a entrada de pessoas e animais; guarita para controle de entrada de veículos; identificação do local; impermeabilização; coleta e tratamento do chorume, coleta de gases (se possível, com reaproveitamento energético) e reurbanização através de cinturão verde ao redor do aterro;

- *aterro controlado: é uma técnica de disposição que utiliza alguns princípios de engenharia para confinar os resíduos sólidos, fazendo cobertura do lixo com material inerte no final da jornada de trabalho. No entanto, nenhum sistema de impermeabilização da base, de drenagem de chorume, gases e águas superficiais são realizados. É um método preferível ao lixão, mas é de qualidade inferior ao aterro sanitário, implicando sérios danos à saúde pública e ao meio ambiente (RITTER, 2003).*

4. ASPECTOS DA ECONOMICIDADE DOS SERVIÇOS DE COLETA E TRANSPORTE DE RSU

4.1. CONCEITOS DE ECONOMICIDADE

O princípio da economicidade é citado expressamente pelo art. 70 da Constituição Federal de 1988, que determina que:

“A fiscalização contábil, financeira, orçamentária, operacional e patrimonial da União e das entidades da administração direta e indireta, quanto à legalidade, legitimidade, economicidade, aplicação das subvenções e renúncia de receitas, será exercida pelo Congresso Nacional, mediante controle externo, e pelo sistema de controle interno de cada Poder”.

Todavia, a Constituição Federal não definiu o conceito de economicidade, que é debatido por diversos autores, dentre os quais BUGARIN (2011), que diz:

O que se quer neste momento fixar é a ideia-chave de que economicidade reflete uma opção estratégica do constituinte de 1988 pela racional fundamentação das decisões politicamente motivadas concernentes à alocação do conjunto escasso de recursos públicos à disposição dos agentes delegados da sociedade, na sua primordial missão de atender, da melhor maneira possível, aos legítimos e urgentes anseios individuais e coletivos presentes em nossa perversa realidade socioeconômica.

Neste sentido, economicidade, num plano político-econômico, se vincula ao necessário, e ainda não consolidado, processo de avaliação das decisões públicas sob o prisma da análise de seus custos e benefícios para a sociedade, ou para a comunidade a que se refere.

O Tribunal de Contas da União, em seu *Vocabulário de Controle Externo* (BRASIL, 2015), define economicidade como:

“Minimização dos custos dos recursos utilizados na consecução de uma atividade, sem comprometimento dos padrões de qualidade. Refere-se à capacidade de uma instituição gerir adequadamente os recursos financeiros colocados à sua disposição”.

O Manual de Auditoria Governamental do Tribunal de Contas do estado do Rio de Janeiro (TCE-RJ, 2010) possui definição semelhante à do TCU, conforme segue:

“Economicidade: capacidade de minimizar custos dos recursos utilizados na consecução de uma atividade sem o comprometimento dos padrões de qualidade”.

A análise da economicidade das contratações que envolvem a limpeza urbana municipal é de extrema importância no âmbito do TCE-RJ, podendo ser abordada em três momentos distintos: editais, atos/contratos ou em auditorias. Cada uma dessas análises é de competência de uma Coordenadoria diferente, conforme Ato Normativo n.º 143, de 15 de setembro de 2014, que dispõe sobre as atribuições dos setores vinculados à Secretaria-Geral de Controle Externo (SGE), que traz (grifo nosso):

Art. 3º Integram a estrutura da SSO a Coordenadoria de Análise Técnica de Atos e Contratos de Obras e Serviços de Engenharia e a Coordenadoria de Auditoria de Obras e Serviços de Engenharia.

Art. 4º A Coordenadoria de Análise Técnica de Atos e Contratos de Obras e Serviços de Engenharia – CAT tem como atribuição básica examinar, instruir e revisar os processos referentes:

I – a atos, contratos e afins, relativos a obras e serviços de engenharia;

II – a consultas, denúncias, representações e solicitações diversas, em matéria de sua área competência.

Parágrafo único. A atuação da coordenadoria na instrução processual quanto à economicidade se realizará pelo exame dos atos administrativos demonstrados no processo e pela verificação de preços, sendo observadas as metodologias prescritas nos documentos técnico-normativos aplicáveis ao caso.

Art. 5º A Coordenadoria de Auditoria de Obras e Serviços de Engenharia – CAO tem como atribuições básicas:

I – realizar auditorias de obras e serviços de engenharia bem como elaborar os respectivos relatórios;

II – proceder à instrução e à revisão nos exames subsequentes às decisões plenárias proferidas nos processos referentes aos relatórios das auditorias de obras e serviços de engenharia de que trata o inciso I, inclusive nas tomadas de contas que decorram de conversão do processo de auditoria;

(...)

Art. 35. A *Coordenadoria de Exame de Editais – CEE* tem como atribuições básicas:

(...)

II – examinar, instruir e revisar os processos referentes:

- a) aos editais de licitação por concorrência e pregão, no valor de concorrência, remetidos de forma concomitante ao certame e às minutas contratuais correspondentes;*
- b) às denúncias, representações e solicitações diversas, em matéria de sua competência;*

III – realizar a análise econômico-financeira dos editais de licitação da concessão de serviço público de qualquer natureza;

(...)

VI – analisar os elementos dos projetos básico ou executivo dos editais de concorrência para obras e serviços de engenharia, bem como quanto à economicidade e aos aspectos ambientais associados, com base nos documentos técnico-normativos aplicáveis ao caso;

Assim, a atuação de cada uma dessas Coordenadorias, no que tange à análise da economicidade das contratações que envolvam limpeza pública urbana, pode ser resumida da seguinte forma:

- editais: realizada pela Coordenadoria de Exame de Editais (CEE), que promove a análise prévia dos aspectos legais e econômicos de editais encaminhados ao TCE-RJ, visando prevenir prejuízos antes que eles sejam consumados.
- contratações: realizada pela Coordenadoria de Análise Técnica de Atos e

Contratos de Obras e Serviços de Engenharia (CAT), que analisa a legalidade e economicidade de atos e contratos de envio obrigatório, no que tange às matérias de limpeza pública urbana e obras e serviços de engenharia.

- auditorias: realizadas pela Coordenadoria de Auditoria de Obras e Serviços de Engenharia (CAO), que é responsável pelo planejamento e execução de auditorias e inspeções em obras, serviços de engenharia e limpeza urbana.

4.2. CUSTOS

Conforme apresentado nos capítulos anteriores, o gerenciamento dos serviços de coleta e transporte de resíduos sólidos urbanos é uma tarefa complexa, formada por diferentes etapas, que carregam em si grande variabilidade. Nesse sentido, Tchobanoglous, Theisen e Vigel (1993) registram:

“A coleta de resíduos sólidos misturados ou separados em uma área urbana é difícil e complexa porque a geração de resíduos sólidos domiciliares, comerciais e industriais tem lugar em cada lar, em cada prédio de apartamentos, e em cada instalação comercial e industrial, bem como nas ruas, parques, e até mesmo em áreas vagas”.

(...)

“Conforme o padrão de geração de resíduos torna-se mais difuso e a quantidade total de resíduos aumenta, a logística da coleta torna-se mais complexa”.

Ainda de acordo com esses autores e com o Banco Mundial (World Bank, 2012), do total de gastos com a coleta, transporte e destinação final de resíduos sólidos, aproximadamente 50 a 70% são usados na fase de coleta, o que indica que um pequeno aprimoramento no sistema de coleta pode acarretar uma redução significativa de custos no geral.

Além disso, a gestão de RSU representa elemento de despesa contínua, com percentual elevado sobre a despesa corrente total dos municípios, com média de 3,9% no ano de 2015, conforme tabela 13.

Tabela 13 - Incidência de despesa com manejo de RSU em relação às despesas correntes da Prefeitura dos municípios participantes, segundo faixa populacional - Ano 2015.

FAIXA POPUACIONAL	QUANTIDADE DE MUNICÍPIOS	DESPESAS COM MANEJO DE RS NA DESPESA TOTAL CORRENTE DA PREFEITURA – ANO 2015 (IN003)		
		MÍNIMO	MÁXIMO	MÉDIO
		%		
1	2.492	0,5	13,3	2,2
2	554	0,6	13,0	2,8
3	149	0,6	12,8	3,2
4	78	0,7	11,3	4,1
5	13	1,8	11,7	4,3
6	2	5,8	8,0	6,6
TOTAL 2015	3.288	0,5	13,3	3,9
TOTAL 2014	1.454	0,5	13,1	4,8
TOTAL 2013	1.429	0,5	12,2	4,7

Fonte: SNIS, 2017.

Os custos dos serviços de limpeza urbana são, basicamente, calcados nos gastos em: (i) operação e manutenção dos veículos e equipamentos de coleta e transporte (Exemplo: combustível, pneus, lubrificantes, licenciamento e IPVA, seguros, depreciação, etc.); (ii) mão de obra de operação e administração (salários, leis sociais e benefícios); (iii) uniformes e equipamentos de segurança individuais (EPI).

Quando a execução é feita diretamente pelo poder público, devem ser incluídos nos gastos as despesas com a administração (Exemplo: aluguel de sede, contas de telefonia, de energia, água e esgoto, material para escritório e almoxarifado etc.). No caso de execução indireta, acrescentam-se os Benefícios e Despesas Indiretas (BDI).

A Associação Brasileira de Limpeza Urbana (ABLP), em seu documento intitulado “*Elaboração de Planilhas de Custos dos Serviços de Limpeza Urbana*”, apresenta um estudo sobre o tema, trazendo conceitos sobre os custos inerentes aos serviços de limpeza urbana, com a análise de planilhas de custos normalmente praticadas pelo setor.

Com base no trabalho da ABLP (2002), podem ser adotadas as seguintes subdivisões para custos de coleta de RSU:

- custos fixos: são gastos que independem da quantidade coletada;

- custos variáveis: no caso de RSU, são aqueles que mudam em função da quantidade coletada. São subdivididos em combustíveis, lubrificantes, rodagem (quilometragem) e peças (acessórios).

Tais gastos variam de acordo com as características geográficas do município (densidade demográfica, área, topografia, distância até o local de disposição final), mas também dependem do nível e qualidade do serviço ofertado pela municipalidade: coleta e transporte de resíduos volumosos, coleta seletiva, coleta de entulhos de pequenos geradores, frequência, cobertura da coleta etc.

Todos esses aspectos se manifestam na elaboração do projeto básico e do orçamento estimativo desses serviços, bem como na fiscalização da execução contratual desses objetos, havendo muita dificuldade em se obter custos unitários dos serviços de limpeza urbana, principalmente no que tange à coleta e transporte de resíduos sólidos.

Embora os custos unitários dos serviços de coleta e transporte de resíduos sólidos urbanos possam ser avaliados de outras formas (Exemplo: custo por distância, custo por habitante atendido pelo serviço de coleta etc.), esses serviços são normalmente medidos de duas formas diferentes:

- i. A primeira forma de medição é a que prevê o pagamento mensal de um valor fixo, determinado a partir da definição dos custos totais orçados para a coleta e transporte de uma quantidade estimada de RSU gerada pela população municipal. Ou seja, a administração municipal orça os serviços de acordo com a estimativa de geração de RSU pela população, baseando-se nas metodologias existentes, ou até no próprio histórico de coleta do município.
- ii. A segunda forma é baseada em um determinado valor que será pago pela tonelada de RSU coletada (R\$/t), que será destinada ao aterro sanitário, permitindo que a Administração pague pelos resíduos efetivamente coletados, que são aferidos por meio de balança instalada na portaria do aterro sanitário, que registra em boletins diários as informações de peso, horários de entrada e saída dos veículos prestadores do serviço, tipo de resíduos destinado etc.

A tentativa de criar indicadores sobre o assunto é importante sob o ponto de vista de acompanhar a relação da coleta de resíduos sólidos entre diferentes cidades, ao longo dos anos.

Para ressaltar as dificuldades de se estabelecer índices comparativos sobre coleta domiciliar, o mais usual (que é o custo por tonelada), é mais barato em áreas onde a densidade demográfica é maior (e, portanto, a concentração de geração de lixo também é maior); e mais caro em áreas de menor densidade demográfica. Contudo, sob circunstâncias específicas de cada município, pode haver inversão dessa tendência.

Todavia, devemos ter em mente que a generalização de indicadores é perigosa, visto que há grande variabilidade de elementos que influenciam no dimensionamento e execução dos serviços, com impactos diretos nos custos desses. A determinação dos custos reais dos serviços deve, sempre que possível, ser baseada nas peculiaridades de cada cidade ou região.

Os indicadores de custos mais comuns ligados aos serviços de coleta e transporte de RSU são expressos em valor por tonelada coletada/vazada (R\$/t). E, novamente, SNIS e ABREPLE são as principais fontes de informações disponíveis sobre o tema no Brasil, tendo seus indicadores apresentados na sequência, além de outras citações acadêmicas sobre o assunto.

SINIR/SNIS

O Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos (SINIR) é um dos instrumentos da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), cuja concepção envolve o Sistema Nacional de Informações sobre Meio Ambiente (SINIMA) e o Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento Básico (SINISA), atual Sistema Nacional de Informações de Saneamento (SNIS).

O SINIR oferece um sistema de consulta de indicadores sobre RSU das cidades brasileiras participantes, que compila e resume informações disponibilizadas pelo SNIS. As tabelas 14 e 15 trazem, respectivamente, alguns dos indicadores SINIR para as capitais da Região Sudeste e para as cidades do Estado do Rio de Janeiro (conforme disponibilidade dos dados), ambas para o ano de 2014:

Tabela 14 - Indicadores de despesas das capitais da Região Sudeste - Ano 2014

INDICADOR	CIDADE			
	RIO DE JANEIRO	SÃO PAULO	BELO HORIZONTE	VITÓRIA
I003 - INCIDÊNCIA DE DESPESAS COM RSU NA PREFEITURA	7,67%	5,07%	5,15%	6,98%
I006 - DESPESAS <i>PER CAPITA</i> COM RSU	R\$240,90/hab.	R\$121,63/hab.	R\$162,34/hab.	R\$246,34/hab.
I023 - CUSTO UNITÁRIO DA COLETA	R\$141,41/t	R\$165,18/t	R\$99,92/t	R\$224,89/t
I024 - INCIDÊNCIA DO CUSTO DA COLETA NO CUSTO TOTAL DO MANEJO	27,21%	61,54%	23,78%	34,47%

Fonte: SINIR.

Os dados de despesas *per capita* com RSU, da tabela 13, seguem a lógica de acompanharem a densidade demográfica dos municípios. Assim, em Vitória o valor é maior, seguido por Rio de Janeiro, Belo Horizonte e São Paulo com o menor valor. Esta lógica, no entanto, não se mantém para os custos da coleta, certamente em função dos outros fatores já referidos anteriormente, em especial pela amplitude da cobertura e qualidade dos serviços prestados.

Tabela 15 - Indicadores SINIR para cidades do Estado do Rio de Janeiro (ano 2014).

DADOS	I003 - INCIDÊNCIA DE DESPESAS COM RSU NA PREFEITURA	I006 - DESPESAS PER CAPITA COM RSU (R\$/HABITANTE)	I023 - CUSTO UNITÁRIO DA COLETA (R\$/TONELADA)	I024 - INCIDÊNCIA DO CUSTO DA COLETA NO CUSTO TOTAL DO MANEJO
ANGRA DOS REIS	10,00%	75,22	154,51	67,80%
ARARUAMA	7,74%	80,8	69,58	22,50%
BARRA DO PIRAÍ	3,79%	68,31	118,04	46,76%
BARRA MANSA		45,23	63,42	45,75%
BOM JESUS DO ITABAPOANA	8,79%	193	265,65	54,18%
COMENDADOR LEVY GASPARIAN			81,75	
CAMPOS DOS GOYTACAZES		199,64		
CANTAGALO		118,86	88,33	50,02%
CASIMIRO DE ABREU		369,04	224,64	32,36%
DUAS BARRAS	3,51%	99,92	51,54	39,41%
DUQUE DE CAXIAS		91,76	130,82	66,31%
IGUABA GRANDE	4,81%	132,98	192,14	40,91%
ITAPERUNA	3,50%	102,69	37,27	23,51%
JAPERI	5,77%	77,32		
MACAÉ		296,61	83,41	13,98%
MARICÁ		291,96	66,65	25,75%
MENDES	1,78%	57,2	137,73	72,85%
MIRACEMA		74,42	41,97	18,39%
NITERÓI	9,95%	347,99	120,47	13,02%
NOVA IGUAÇU		73,98	78,58	54,25%
PETRÓPOLIS	2,41%	72,95	56,86	55,33%
PORTO REAL		284,63	252,79	16,05%
QUATIS	3,08%	111,17	96,56	15,08%
QUEIMADOS		76,62	87,68	63,35%
RESENDE	8,21%	118,69	133,95	36,34%
RIO BONITO	3,85%	154,42	100,92	23,28%
RIO CLARO	7,32%	198,04	420	37,70%
RIO DAS FLORES	1,11%	95,5	53,89	33,86%
RIO DE JANEIRO	7,67%	240,9	141,41	27,21%
SANTA MARIA MADALENA	3,91%	356,75	94,65	7,84%
SÃO GONÇALO	7,92%	54,47	115,26	75,46%
SÃO JOÃO DE MERITI	8,83%	95,81	231,11	89,01%
SÃO JOSÉ DE UBÁ	3,42%	300,81	427,08	87,40%
SÃO PEDRO DA ALDEIA	11,91%			
SUMIDOURO	2,46%	219,01	141,09	51,04%
TANGUÁ	12,84%	136,01	263,96	34,57%
TRÊS RIOS	2,32%	80,13	178,6	54,83%
VASSOURAS	13,78%	48,54	33,25	41,48%
VOLTA REDONDA	8,13%	117,10	101,14	22,44%

Fonte: Adaptado do SINIR.

ABRELPE

Conforme já descrito no item 3.1.1, a ABRELPE publica anualmente, desde 2003, um estudo intitulado “Panorama Dos Resíduos Sólidos No Brasil”. Dentre as informações trazidas pela publicação, estão os recursos aplicados na coleta de RSU, conforme tabelas 16 e 17:

Tabela 16 - Recursos aplicados na coleta de RSU, por região do Brasil.

REGIÃO	2014		2015	
	RECURSOS APLICADOS NA COLETA DE RSU		RECURSOS APLICADOS NA COLETA DE RSU	
	TOTAL EM MILHÕES (R\$/ANO)	PER CAPITA (R\$/MÊS)	TOTAL EM MILHÕES (R\$/ANO)	PER CAPITA (R\$/MÊS)
NORTE	681	3,90	685	3,28
NORDESTE	2.019	2,99	2.152	3,17
CENTRO-OESTE	572	3,13	587	3,17
SUDESTE	4.917	4,81	5.117	4,97
SUL	1.231	3,54	1.286	3,67
BRASIL	9.420	3,87	9.827	4,00

Fonte: ABRELPE, 2015

Tabela 17 - Recursos aplicados na coleta de RSU e nos demais serviços de limpeza urbana

TIPOS DE SERVIÇOS	2014		POPULAÇÃO TOTAL	2015	
	RECURSOS APLICADOS			RECURSOS APLICADOS	
	TOTAL EM MILHÕES (R\$/ANO)	R\$/HAB./MÊS)		TOTAL EM MILHÕES (R\$/ANO)	R\$/HAB./MÊS)
COLETA RSU	4.917	4,81	85.745.520	5.117	4,97
DEMAIS SERVIÇOS DE LIMPEZA URBANA*	8.104	7,93		8.247	8,01

Fonte: ABRELPE, 2015 / (*) incluídas as despesas com disposição final dos RSU e com serviços de varrição, capina, limpeza e manutenção de parques e jardins, limpeza de córregos etc.

OUTROS

Lima (2007, *apud* BARROS, 2012) apresenta indicadores de referência, em percentagem, para os principais custos dos sistemas de coleta e transporte de RS, conforme a tabela 18:

Tabela 18 - Indicadores de referência para os principais custos dos sistemas de coleta e transporte de RS (%)

POPULAÇÃO	MÃO DE OBRA OPERACIONAL	VEÍCULOS	UNIFORMES	MAO DE OBRA ADMINISTRATIVA	CUSTOS ADMINISTRATIVOS
50.000	25,50	36,69	1,27	21,92	12,62
100.000	32,84	41,50	1,59	15,27	8,80
200.000	39,35	35,87	1,92	14,34	8,51
300.000	40,93	38,04	2,13	11,13	7,77
400.000	41,51	37,88	2,22	11,44	6,96
500.000	42,95	39,23	2,35	9,90	5,57
600.000	43,53	39,58	2,42	10,08	4,39
700.000	42,96	38,96	2,38	10,64	5,05
800.000	43,98	38,03	2,44	10,09	5,45

Fonte: LIMA, 2007, apud BRETAS.

5. ESTUDOS DE CASO

Em seguida, serão apresentadas as experiências na análise de custos e economicidade em contratações de serviços de coleta e transporte de resíduos sólidos urbanos, obtidas por meio de pesquisas bibliográficas e visitas de campo.

Preliminarmente, há que se esclarecer a ausência de um capítulo próprio dedicado à Companhia Municipal de Limpeza Urbana (COMLURB), que é a maior organização de limpeza pública da América Latina, e é responsável pela coleta de resíduos na cidade do Rio de Janeiro, município que, devido ao porte e magnitude geográfica (com características de megalópole), possui especificidade próprias, que dificilmente poderiam ser replicadas nos demais municípios do Estado do Rio de Janeiro (esses sim, jurisdicionados do TCE-RJ). Esse raciocínio é pautado pelas observações do *Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos – 2015* (SNIS, 2017), que demonstram a influência que as cidades do Rio de Janeiro e São Paulo, que formam a faixa populacional¹ 6 (acima de 3 milhões de habitantes), desempenham sobre os demais municípios (faixas populacionais de 1 a 5), no que tange à despesa *per capita* com manejo de RSU em relação à população urbana dos municípios participantes, segundo região geográfica, conforme segue:

“A despesa total com o manejo dos resíduos sólidos, quando rateada pela população urbana, resulta em um valor médio anual de R\$117 por habitante, partindo do patamar médio de R\$ 82 para municípios de 30 a 100 mil habitantes e chegando ao R\$ 207 no caso das duas maiores metrópoles brasileiras.”

(...)

“um exercício com o expurgo de determinados municípios do conjunto de valores assumidos pelo IN006 (relativo à despesa per capita) mostra forte influência sobre os resultados, tanto em nível regional, quanto nacional. Vale registrar, por exemplo, que a presença das duas megalópoles – Rio de Janeiro/RJ e São Paulo/SP, devido, precisamente à conjugação de elevados valores de despesas e grandes contingentes populacionais – chega a reduzir o indicador regional do Sudeste em quase 23%, passando-o de R\$133,21 para R\$103,51/habitante, situações ilustradas também no Gráfico 10.5

¹ Faixas populacionais adotadas pelo SNIS, conforme Tabela 1.

adiante”.

Desta forma, considerando que os custos que viessem a serem apresentados pela COMLURB estariam distantes daqueles praticados nos demais municípios do Estado do Rio de Janeiro, os pesquisadores optaram por não destinar um capítulo específico à Companhia, abordada-a indiretamente no item dedicado às informações do Tribunal De Contas Do Município Do Rio De Janeiro (TCM-RJ).

Por fim, cumpre ressaltar que, devido às limitações da pesquisa e de apresentação dos dados, as metodologias descritas a seguir serão apresentadas de forma resumida, com exposição pontual dos aspectos inerentes à coleta e transporte de RSU. Para interpretação completa desses métodos, recomenda-se a leitura dos trabalhos originais, quando aplicável.

5.1. A EXPERIÊNCIA DA CAT

Nos últimos anos, a Coordenadoria de Análise Técnica de Atos e Contratos de Obras e Serviços de Engenharia (CAT), ao analisar os atos e contratos de envio obrigatório ao TCE-RJ, utiliza indicadores para avaliação da economicidade desses instrumentos legais.

Isto se deve, em grande parte, à precariedade de realizar a avaliação da economicidade por via tradicional, ou seja, pela comparação de valores unitários da planilha orçamentária, uma vez que os principais insumos relacionados à coleta e transporte de resíduos sólidos urbanos não constam dos sistemas de custos disponíveis no Tribunal de Contas.

Assim, foi concebida uma metodologia própria, desenvolvida por parte do corpo técnico da instituição, que visa à análise da economicidade de forma global, verificando a adequação das quantidades orçadas por meio da comparação com índices e fórmulas de dimensionamento, comparando o preço final dos serviços orçados e/ou contratados, com valores praticados em outros municípios brasileiros.

Essa metodologia tem origem em uma série de auditorias governamentais

realizadas pelo TCE-RJ no ano 2005, com escopo na coleta, transporte e destinação final de RSU em diversos municípios do Rio de Janeiro, podendo-se destacar, entre outros, os relatórios de inspeção acostados aos autos dos Processos TCE-RJ n.º 216.575-5/2005, 217.337-8/2005, 217.338-2/2005, 231.470-8/2005, 236.488-0/2005 e 236.868-4/2005.

Contudo, deve ser ressaltada que essa metodologia nunca foi propriamente normatizada pelo TCE-RJ, embora venha sendo adotada pela Corte de Contas há alguns anos, com resultados consolidados nos votos prolatados pelo Corpo Deliberativo.

Desta forma, feitas as considerações, a metodologia aplicada pela CAT é dividida em duas partes: (i) estimativa de geração de resíduos e (ii) custo por tonelada do RSU coletado e transportado pela contratada.

Estimativa da Geração de Resíduos

A primeira parte consiste no cálculo estimativo da quantidade de RSU produzida pelo contingente populacional do município analisado, em que a CAT utiliza os dados constantes da publicação *Panorama Dos Resíduos Sólidos No Brasil*, da ABRELPE, aplicando-se a equação apropriada para tal, conforme o ano. A tabela 19 apresenta as equações da ABRELPE para a geração de resíduos na região Sudeste, para os anos de 2008 a 2015.

Tabela 19 - Equações ABRELPE

ANO	EQUAÇÃO RSU (kg/hab./dia)	R ² (%) (*)
2008	0,000198 (pop/1000) + 0,6364	70
2009	0,000155 (pop/1000)+ 0,7925	80
2010	0,000168 (pop/1000) + 0,8186	85
2011	0,000155 (pop/1000)+ 0,862273	91,3
2012	0,000151(pop/1000) + 0,873822	89,5
2013	0,000206(pop/1000) + 0,663336	80,9
2014	0,000206(pop/1000) + 0,663336	80,9
2015	0,000206(pop/1000) + 0,663336	80,9

Fonte: ABRELPE, 2008-2016. (*) – grau de assertividade da correlação

A utilização pelo TCE-RJ de dados da ABRELPE sobre a geração *per capita* de RSU remonta ao ano de 2005 (MURTA, 2005). Embora a metodologia utilizada pela Associação tenha mudado ao longo dos anos, continua a ser justificada pelo corpo técnico atualmente, pelo fato de que a entidade apresenta informações atualizadas ano a ano, cuja metodologia apontada descreve uma margem de erro de cerca de 6%, e um nível de confiança de 95%. Apresenta ainda o diferencial de individualizar a geração de RSU para uma dada população, já que esta é a variável da equação, ao contrário de outros indicadores, que trabalham com o conceito de faixas populacionais. E, ainda, permite trabalhar com informações individualizadas para a região Sudeste, sendo mais próxima de nossa realidade.

Cabe ressaltar que nem toda a população dos municípios é atendida pelos serviços de coleta e transporte de RSU. Nesse sentido, existe um indicador específico (População Atendida Pelo Serviço de Coleta de Resíduos Sólidos) que mede o percentual da população que é atendida pelo serviço. Todavia, esse indicador nem sempre é informado no projeto básico que originou a contratação.

Desta forma, a CAT utiliza nos cálculos estimativos da geração de RSU a população residente urbana, que leva em consideração a taxa de urbanização do município em questão, que é disponibilizado pelo IBGE. O corpo técnico da CAT entende que tal taxa reflete melhor a realidade do serviço prestado, pois as populações rurais nem sempre são atendidas pelos serviços de coleta.

Igualmente, como já delineado ao longo do presente trabalho, a geração de RSU é afetada por diversos fatores. Nesse sentido, Murta (2005) assinala:

Para os municípios que empregam regularmente balanças efetuando pesagens periódicas das quantidades de resíduo gerado, poderão ocorrer índices diferentes dos acima² indicados. Essas diferenças podem ser decorrentes de vários fatores, tais como tipo de atividade produtiva predominante no município, nível socioeconômico, sazonalidade, nível de interesse e participação da população em programas de coleta seletiva e de ações governamentais que objetivem a redução da geração de resíduos.

² Conforme apresentado pelo autor, referindo-se aos índices de geração *per capita* de resíduos sólidos para a Região Sudeste, disponibilizados pela ABRELPE (2004).

Assim, feitas as ressalvas, os dados populacionais são obtidos utilizando-se a ferramenta “Cidades@” (IBGE, 2017), por meio do qual é possível obter informações sobre todos os municípios do Brasil. E, ainda, aplica-se a taxa de urbanização correspondente, conforme dados do Censo Demográfico 2010 (IBGE, 2016), calculando-se assim a população urbana municipal.

De posse do valor de população urbana do município para o ano da contratação, aplica-se a equação correspondente, obtendo-se a taxa de geração *per capita* (kg/hab.dia). Ademais, multiplicando essa taxa pela população, tem-se a estimativa de produção diária de RSU no município.

Por fim, efetua-se a comparação entre a quantidade estimada pela CAT com a quantidade estimada no projeto básico, verificando-se a precisão do projeto básico.

Custo Por Tonelada De Coleta de RSU

Para avaliação dos custos da coleta e transporte de RSU, a CAT optou pela adoção de uma expectativa de preço por tonelada de resíduo coletado, para comparação com os preços efetivamente praticados na contratação efetuada pelo município.

Nesse sentido, o TCE-RJ vem utilizando como referência de preço (R\$/t) um estudo realizado pelo Ministério das Cidades, apresentado no relatório intitulado *Diagnóstico da Gestão e Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos*. Esse trabalho é divulgado anualmente pelo Ministério das Cidades, com base nos dados do componente “resíduos sólidos” do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS). Sobre o tema, destaca-se (SNIS, 2017):

O SNIS é o maior e mais importante sistema de informações do setor de saneamento brasileiro. O Sistema apoia-se em um banco de dados, que contém informações de caráter operacional, gerencial, financeiro e de qualidade sobre a prestação de serviços de água e de esgotos, bem como de manejo de resíduos sólidos.

(...)

O Diagnóstico apresenta algumas análises, com o objetivo de retratar as características e a situação dos serviços de manejo de resíduos sólidos, em várias das suas faces. Essas análises têm pretensão

indicativa, sem almejar esgotar a ampla possibilidade de avaliações que o conjunto de informações e indicadores do SNIS permite, sobretudo considerando a série histórica de dados. Ao contrário, o objetivo do Diagnóstico é, além de apresentar um dos vários retratos possíveis da situação do setor de resíduos sólidos no Brasil, mostrar a riqueza de informações nas coleções disponíveis, estimulando o uso dos dados para análises diversificadas que resultem na produção de outros retratos sobre o setor.

O método remonta às informações para o ano de 2007, período em que foram filtrados os preços praticados nos municípios disponibilizados pela publicação. Foram excluídas as capitais, por terem características socioeconômicas e urbanas bem distintas dos demais municípios jurisdicionados do TCE-RJ. Em seguimento, a metodologia aplicou técnicas estatísticas de *boxplot*, para a exclusão dos *outliers*.

Após essas exclusões, foram efetuados os cálculos das diversas medidas de tendência central dos preços filtrados, bem como seu desvio-padrão, obtendo-se um preço paradigma de mercado, considerado satisfatório para a análise procedida pela CAT.

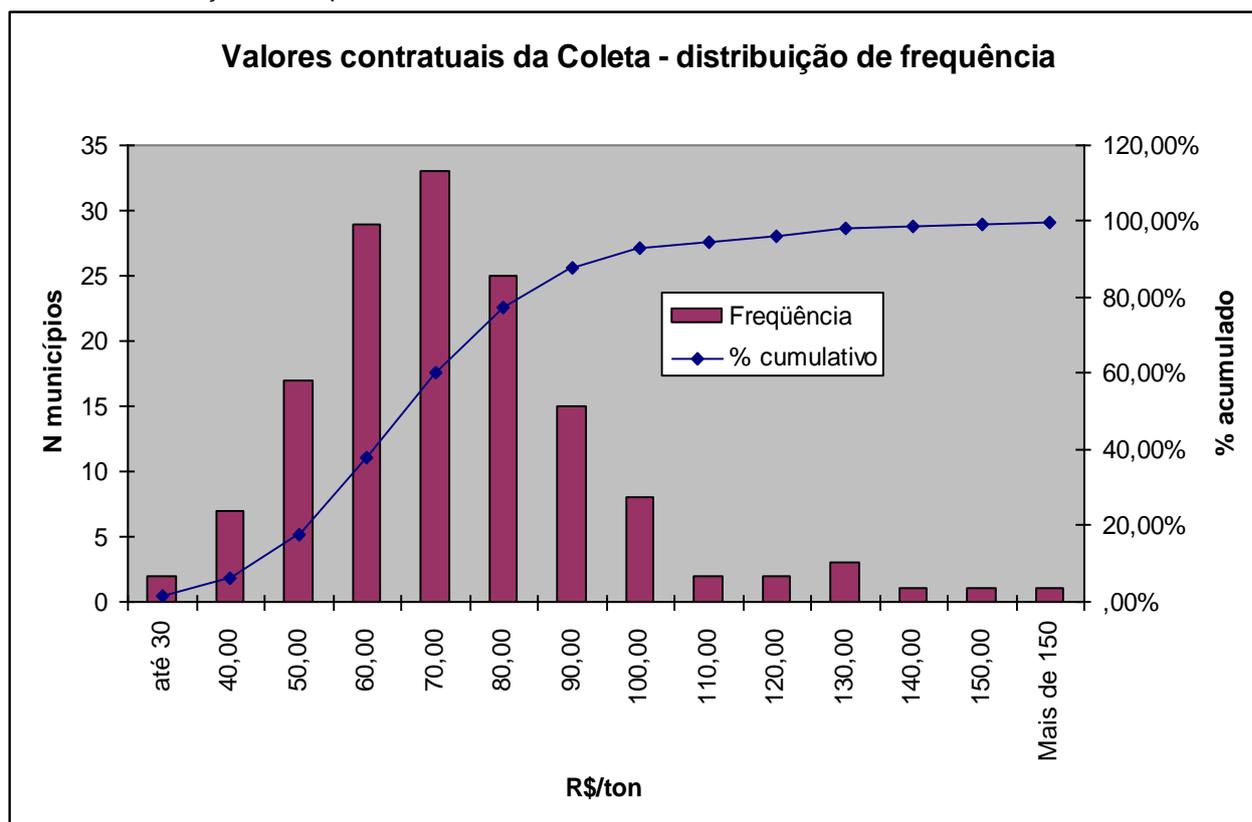
Tomando por base dados de 2007, a tabela 20 mostra a distribuição de frequência para os preços coletados e seu respectivo gráfico:

Tabela 20 - Frequência Dos Preços Coletados

BLOCO (R\$/t)	FREQUÊNCIA	% CUMULATIVO	BLOCO	FREQUÊNCIA	% CUMULATIVO
ATÉ 30	2	1,37%	70,00	33	22,60%
40,00	7	6,16%	60,00	29	42,47%
50,00	17	17,81%	80,00	25	59,59%
60,00	29	37,67%	50,00	17	71,23%
70,00	33	60,27%	90,00	15	81,51%
80,00	25	77,40%	100,00	8	86,99%
90,00	15	87,67%	40,00	7	91,78%
100,00	8	93,15%	130,00	3	93,84%
110,00	2	94,52%	30,00	2	95,21%
120,00	2	95,89%	110,00	2	96,58%
130,00	3	97,95%	120,00	2	97,95%
140,00	1	98,63%	140,00	1	98,63%
150,00	1	99,32%	150,00	1	99,32%
MAIS DE 150	1	100,00%	Mais	1	100,00%
	146			146	

Fonte: Arquivo pessoal.

Gráfico 3 - Distribuição da Frequência



Fonte: Arquivo pessoal.

Na ocasião, foi verificado que o uso de médias não poderia ser considerado como bom indicador, devido aos elevados coeficientes de variação apurados.

Outra consideração feita à época da elaboração da metodologia diz respeito à distribuição de frequência apresentada na tabela 20. Verificou-se que 93,15% dos preços coletados encontram-se na faixa de até R\$100,00. Isto significa que dos 146 municípios pesquisados, 136 praticavam valores até R\$ 100,00/t. O valor máximo nacional apurado no estudo de R\$ 150,35/t foi verificado apenas uma vez na pesquisa.

Desta forma, a CAT vem adotando como parâmetro máximo de mercado o valor calculado para o 90º percentil, entendendo ser amplamente favorável ao jurisdicionado pelos seguintes motivos:

- valor invariavelmente superior à mediana e à média, esta última normalmente usada em cálculos de determinação de valores de mercado;

- ampla cobertura dos preços praticados em determinado mercado, pois engloba 90% da amostra;
- distorções evitadas pelo uso do preço máximo coletado, que não apresenta frequência significativa para ser aceito como balizador de mercado.

Desta forma, por interpolação linear e com base nos dados de frequência cumulativa em destaque na tabela acima, concluiu-se que 90% dos preços pesquisados encontravam-se dentro da faixa de preço de até R\$94,25/t, na data-base de dezembro/2007. Este valor é o preço paradigma que vem sendo utilizado pelo TCE-RJ em suas análises, sendo reajustado pelo Índice Nacional de Custo da Construção (INCC).

5.2. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE LIMPEZA PÚBLICA (ABLP)

Fundada nos anos 70, a ABLP se dedica à temática de resíduos sólidos e limpeza urbana, divulgando artigos técnicos, estudos e pesquisas sobre a área, incluindo a publicação da “Revista Limpeza Pública”. Além disso, realiza cursos de treinamento, seminários e congressos sobre a temática dos resíduos sólidos.

No documento intitulado “*Elaboração de Planilhas de Custos dos Serviços de Limpeza Urbana*” (ABLP, 2002), a Associação apresenta um conjunto de informações e indicadores para o planejamento e dimensionamento de serviços de limpeza pública urbana, cujo resumo apresentaremos a seguir.

Geração de Resíduos Sólidos

A primeira etapa preconizada pelo documento diz respeito à geração de resíduos sólidos domiciliares, que deve ser estimado conforme a tabela 21:

Tabela 21 - Geração de resíduos sólidos

POPULAÇÃO (HAB.)	QUANTIDADE DE RESÍDUOS (kg/hab.dia)	
	DOMICILIARES	RECEBIDOS NO SISTEMA DE DESTINO FINAL
ATÉ 100.000	0,35 A 0,40	0,40 A 0,55
DE 100.001 A 200.000	0,40 A 0,50	0,50 A 0,60
DE 200.001 A 300.000	0,45 A 0,50	0,65 A 0,75
DE 300.001 A 400.000	0,50 A 0,60	0,65 A 0,75
DE 400.001 A 500.000	0,55 A 0,65	0,75 A 0,85
DE 500.001 A 600.000	0,65 A 0,75	0,85 A 0,90
DE 600.001 A 12.500.000	0,80 A 0,90	1,10 A 1,30

Fonte: Adaptado de ABLP, 2002.

De acordo com a fonte, devem ser observados os índices de perdas sobre a abrangência da coleta, que varia entre 5% e 10%, de acordo com as características de urbanização da cidade.

Desta forma, deve ser calculado o peso líquido máximo e o mínimo, de acordo com a tabela 21, utilizando-se como estimativa os valores da média aritmética.

Determinação da Frota de Caminhões Compactadores

A primeira consideração feita pelos autores é a de que, para cidades com menos de 17.550 habitantes, o uso de compactadores é desaconselhado sob a ótica financeira, devendo ser utilizados caminhões basculantes.

A primeira parte do cálculo refere-se ao tempo despendido (t) pelo transporte de RS em cada viagem até ao local de destinação final, com o uso da seguinte fórmula:

Equação [2]:

$$t = \left(\frac{2D}{V_t} \right) + t'$$

Onde:

D = distância média do centro geográfico da cidade até o sistema de destino final;

V_t = velocidade³ de transporte dos resíduos sólidos coletado até o sistema de destino final;

t' = tempo⁴ da pesagem e descarga do caminhão no destino final.

Em seguida, a metodologia estabelece o cálculo do número de viagens possíveis de serem realizadas por um caminhão compactador, em um turno de serviço, conforme a fórmula apresentada abaixo:

Equação [3]:

$$n = \frac{(q \cdot V_c \cdot T)}{\left[\left(\frac{L}{2} \right) \cdot c + q \cdot V_c \cdot t \right]}$$

Onde:

n = quantidade média de viagens por turno de coleta;

q = quantidade total de resíduos sólidos coletados por dia;

V_c = velocidade de coleta;

T = quantidade de horas⁵ de serviço por dia;

L = comprimento total de vias (km) da cidade a serem atendidas pelo sistema de coleta;

c = capacidade de carga por viagem (em tonelada);

t = tempo gasto até o destino final.

Podemos notar que esta equação é muito próxima àquela preconizada pelo IPT (2000), descrita no item 3.2.4. deste trabalho. Naquela equação, existem quatro variáveis a mais do que a da ABLP, que são: (i) D_g : distância entre a garagem e o

³ Na ausência de maiores informações no projeto básico, utilizar 25 km/h.

⁴ Na ausência de maiores informações no projeto básico, utilizar $t' = 10$ minutos = 0,1666 horas.

⁵ Para uma jornada de 44 horas semanais, deve ser adotado 7,33 h/turno, que é a fração da jornada para 6 dias, que é a **quantidade** de dias de coleta na semana.

setor de coleta (km); (ii) D_d : distância entre setor de coleta e ponto de descarga (km); (iii) V_t : velocidade média nos percursos de posicionamento e de transferência (km/h) e (iv) C : capacidade dos veículos de coleta (t ou m^3).

Em continuidade, a publicação da ABLP propõe a utilização diuturna dos caminhões compactadores, de forma a racionalizar os custos da coleta por meio da diminuição da quantidade de veículos necessários ao sistema. Nesse sentido, há a indicação do uso da tabela 22, que estipula a quantidade de viagens (n ; Equação 3) que podem ser executadas no período noturno (Y), em função da população de uma determinada cidade.

Tabela 22 – Quantidade de Viagens possíveis de serem executadas no período noturno, em função da população

POPULAÇÃO x 1000	QUANTIDADE de VIAGENS (Y)	CAMINHÕES (Z)
50	0	0
100	n	1
200	2n	2
300	3n	3
400	4n	4
500	5n	5
600	6n	6
700	7n	7
800	8n	8
.	.	.
.	.	.
.	.	.

Fonte: Adaptado de ABLP, 2002. Algumas cidades podem ter um aproveitamento melhor, em função das condições urbanas, como boa pavimentação e iluminação pública.

O número de viagens noturnas (Y) preconizado pela tabela 22 é função da experiência da ABLP, destacando-se que, em virtude das boas condições pavimentação e iluminação públicas, determinadas cidades podem ter um número maior de caminhões usados diuturnamente.

Em sequência, deve ser calculada a quantidade de caminhões coletores compactadores para uma frequência alternada, por meio da fórmula abaixo:

Equação [4]:

$$x = \frac{1}{n} \left[\left(\frac{q}{c} \right) - Y \right] + K$$

Onde:

K = estabelecido como 20% da frota efetiva;

Quantidade de coletores (garis) na guarnição

Segundo a publicação:

“Quando as primeiras unidades coletoras chegaram ao Brasil (1966), a guarnição era de 03 coletores além do motorista e as capacidades volumétricas das caçambas não passavam de 10 m³ de lixo compactado. Com um índice de compactação de 1:3 e densidade aparente do lixo de 200 Kg/m³ a capacidade de carga de uma viagem atingia a um máximo de 6 toneladas”.

(...)

“O gari consegue, através de levantamentos efetuados, sem grande esforço, coletar até 4 toneladas de resíduos em 7,33 horas de trabalho geralmente divididas em 2 (dois) turnos de trabalho”.

Assim, defende a ABLP que, quando os caminhões compactadores não passavam de 10 m³ de resíduos compactados, a quantidade de 3 coletores por veículo era suficiente. Contudo, nos dias de hoje existem compactadores que atingem 25 m³, com índice de compactação de até 1:4.

Portanto, conclui a Associação que a quantidade de garis deve ser estimada de acordo com as características de cada região, sendo que a guarnição apropriada à maioria dos municípios do Brasil varia entre 3 e 4 coletores para cada caminhão compactador, lembrando que esta quantidade pode ser afetada por exigências sindicais.

Outros Parâmetros

Além dos parâmetros já citados, a ABLP elenca ao longo de sua publicação outros fatores e indicadores que podem servir de base para análise dos custos dos serviços de limpeza pública urbana, em que podemos destacar:

- durabilidade dos pneus: 30.000 a 40.000 km;
- consumo de combustível dos veículos coletores: 1,6 a 4,8 km/l;
- fator de manutenção: 85 a 110%, durante uma vida útil de 5 anos;
- valor residual da caçamba: 5 a 11%.

5.3. TRIBUNAL DE CONTAS DO ESTADO DE MINAS GERAIS (TCE-MG)

A metodologia que vem sendo aplicada pela Coordenadoria de Fiscalização de Obras e Serviços de Engenharia, na Diretoria de Engenharia e Perícia e Matérias Especiais do TCE-MG é baseada no trabalho intitulado “*Metodologia Para Auditoria De Serviços De Limpeza Urbana, Com Enfoque Nos Custos De Coleta De Resíduos Sólidos Urbanos*”, de Fonseca e Gonzaga (2006).

Esse trabalho também serviu de base para o artigo “*Limpeza Urbana*”, de Lopes e Ferro (2016), que amplia e apresenta algumas modificações sobre o trabalho original.

Entretanto, de forma análoga à situação descrita quanto à CAT/TCE-RJ, nenhuma das duas metodologias foi normatizada pelo TCE-MG.

Ademais, deve ser ressaltado que, diferentemente do TCE-RJ, o TCE-MG não realiza rotineiramente a análise de atos e contratos de envio obrigatório no que

tange a obras, serviços de engenharia ou limpeza pública urbana. Desta forma, a aplicação dessa metodologia ocorre, predominantemente, no âmbito de auditorias e inspeções *in loco*.

Feitas as considerações, observa-se que a metodologia descrita originalmente por Fonseca e Gonzaga (2006) é basicamente aquela publicada pela ABLP, conforme apresentada resumidamente no item 5.2.

Assim, prosseguir-se-á com os comentários às particularidades aplicadas pelo TCE-MG à metodologia prescrita pela ABLP.

Cálculo do quantitativo de RSU gerado

Neste aspecto, Fonseca e Gonzaga (2006) apresentam uma tabela diferente para o cálculo da quantidade de RSU gerado:

Na realização de auditorias de serviços de limpeza urbana deve ser coletada “in loco” a média de lixo gerado naquele município.

Nos municípios onde há pesagem de caminhões, é interessante verificar se os dados existentes (tickets de balanças) são confiáveis, acompanhando as pesagens durante o período que a equipe de auditoria entender como razoável. Caso haja exiguidade de tempo ou não seja possível a verificação “in loco”, pode ser utilizada esta tabela (sic) para a determinação da quantidade de resíduos coletada diariamente:

A tabela 23 é a citada no texto:

Tabela 23 - Geração *per capita* - TCE-MG

TAMANHO DA CIDADE	POPULAÇÃO URBANA (HABITANTES)	GERAÇÃO PER CAPITA (kg/Hab/Dia)
PEQUENA	Até 30 mil	0,50
MÉDIA	De 30 mil a 500 mil	De 0,50 a 0,80
GRANDE	De 500 mil a 5 milhões	De 0,80 a 1,00
MEGALÓPOLE	Acima de 5 milhões	Acima de 1,00

Fonte: Fonseca e Gonzaga (2006).

Cálculo da quantidade de caminhões coletores compactadores

No que tange ao dimensionamento da quantidade de caminhões, Fonseca e Gonzaga (2006) indicam, como cálculo preliminar, o uso da tabela 24, na qual se verifica a correlação entre a capacidade volumétrica das caçambas coletoras compactadoras existentes e o peso de resíduos sólidos que elas carregam. Assim, deve-se dividir a quantidade de RSU gerada por dia pela capacidade da caçamba.

Tabela 24 - Características das caçambas compactadoras de lixo

CAÇAMBA	
CAPACIDADE EM VOLUME (m ³)	CAPACIDADE EM MASSA (t)
6	3,24
8	4,32
10	5,4
12	6,48
15	8,1
17	9,18
20	10,8
25	13,5

Fonte: Lopes e Ferro, 2016.

Embora o fator de conversão observado na tabela 23 indique um peso específico de 0,54 t/m³, os autores observam que a informação da capacidade da caçamba deve ser um dado do projeto básico. E, ainda, Lopes e Ferro (2016) acrescentam que “considerando as incertezas que giram em torno da quantidade real de resíduo gerada por dia, utilizam-se apenas 85% da capacidade da caçamba”.

Em continuidade, Fonseca e Gonzaga (2006) apontam:

Depois de verificada a quantidade de lixo produzida, o próximo passo consiste na apuração “in loco” dos seguintes elementos: percursos de coleta; distância do centro geométrico de coleta ao local da destinação final dos resíduos; capacidade e idade dos veículos, bem como a velocidade média de coleta e de transporte até o aterro; frequência da coleta; consumo médio de combustível etc.

Algumas despesas podem ser verificadas durante a inspeção, verificando-se as apropriações feitas pela Administração. No caso da não existência ou da não confiabilidade nos dados existentes, podem ser utilizados valores médios usuais que serão apresentados no item 7.3 (sic) deste trabalho.

O item 7.3 citado acima trata dos “valores a serem utilizados nos cálculos” dos custos da coleta. Compulsando a metodologia descrita, observa-se que essa guarda correlação com as equações e parâmetros delimitados pela ABLP⁶, e já descritos no item 5.2 do presente trabalho, apresentando apenas modificações pontuais, que serão comentadas a seguir.

Quanto ao número de viagens possíveis de serem realizadas por um caminhão compactador, em um turno de serviço (considerando um período de 7,33 horas de trabalho), Fonseca e Gonzaga (2006) descrevem que, na ausência de todos os elementos para se calcular o número de viagens, pode-se adotar os seguintes valores:

- “n” = 2,33 viagens;
- Vc = 5 a 7 km/h.

Cabe ressaltar que o número médio de viagens considerado pela metodologia apresentada por Fonseca e Gonzaga, 2006 (2,33 viagens por turno de 7,33 h trabalhadas), pode ter sido fruto das experiências do TCE-MG, obtido por meio da realização de auditorias ou pesquisas de campo. Todavia, este valor não pode ser generalizado indiscriminadamente para outros estados e municípios, uma vez que, de acordo com a ABLP, o número de viagens é função de diversos parâmetros, como quantidade total de resíduos sólidos coletados por dia, velocidade da coleta,

6

$n = (q \cdot Vc \cdot T) / ((L/2) \cdot c + q \cdot Vc \cdot t)$; onde:

n = quantidade média de viagens por dia;

q = quantidade total de resíduos sólidos coletados por dia;

Vc = velocidade de coleta;

T = quantidade de horas de serviço por dia;

L = comprimento total de vias (km) da cidade a serem atendidas pelo sistema de coleta;

c = capacidade de carga por viagem (t).

quantidade de horas de serviço por dia, capacidade de carga por viagem, tempo gasto até o destino final. Igualmente, “n” também é função da densidade demográfica e quantidade de turnos de coleta. Ainda sobre o assunto, no trabalho de Ferro e Lopes (2016), em referência ao uso dos dados da Tabela 24, há a citação de que “no dimensionamento da quantidade de caminhões, divide-se a quantidade gerada por dia pela capacidade da caçamba e considera-se que cada caminhão faz em média duas viagens por dia até o aterro”. De forma análoga à crítica anterior, o uso de um valor médio de duas viagens por dia deve ser considerado dentro do contexto daquela pesquisa, devendo ser avaliado caso a caso em outras experiências ou análises.

Em continuação, no que tange à frota reserva, Fonseca e Gonzaga (2006) indicam o uso dos seguintes percentuais:

- K = 10% da frota efetiva (serviço terceirizado) ou 20% da frota efetiva (execução direta);

Diferentemente de Fonseca e Gonzaga (2006), Lopes e Ferro (2016) propõem a utilização da tabela 25, feitas as ressalvas que seguem.

Tabela 25 - Dimensionamento do número de caminhões necessários

QUANTIDADE DE CAMINHÕES COLETORES PARA TODA A COLETA DO MUNICÍPIO				
Item	DESCRIÇÃO	UNID.	SIGLA	VALOR
1	Quantidade de resíduos mensal	t	QM	Apropriado
2	Quantidade de resíduos coletados/dia	t/dia	QD	$QD = (1)/30$
3	Quantidade de resíduos Coleta Diurna	t/dia	QDD	$QDD = X\%*(2)$
4	Quantidade de resíduos Coleta Noturna	t/dia	QDN	$QDN = Y\%*(2)$
5	Número de viagens por período/caminhão	unid.	NVC	2 (em média)
6	Capacidade da caçamba compactadora (volume)	m ³	CCV	Tabela 3
7	Capacidade da caçamba compactadora (massa)	t	CCM	Tabela 3
8	Número de caminhões coleta diurna	unid.	NCD	$NCD = (3) / [(0,85*(7)*(5))]$
9	Capacidade utilizada da caçamba	%	CC	85
10	Número de caminhões coleta noturna	unid.	NCN	$NCN = (4) / [(0,85*(7)*5)]$
11	Número de caminhões necessários	unid.	NC	se (8) > (10), então (8). Senão, (10)
12	Reserva técnica -10%	unid.	NCR	$NCR = (11)*10\%$
13	Número total de caminhões-caçamba	unid.	NCR	$NCT = (11) + (12)$

Fonte: Lopes e Ferro, 2016.

- O uso de caçambas compactadoras aumenta a eficiência no sistema de transporte de resíduos. A escolha desse tipo de caçamba deve ser feita considerando as restrições locais: relevo, capacidade de carga das vias, largura, pavimento, legislação local etc.
- O procedimento expresso na tabela prevê o cálculo do número de caminhões para as coletas diurna e noturna. A linha 11 expressa o número necessário de caminhões-caçamba.
- O número total de caminhões encontra-se na linha 13, já considerada a reserva técnica.
- Salienda-se que a quantidade de caminhões durante o dia (linha 8) pode ser a mesma à noite (linha 10). O dimensionamento deve considerar o maior número entre as duas quantidades de caminhões;
- Embora existam alguns locais onde se verificam outros limites, a referência técnica é que a velocidade média de coleta varia de 7 a 12 km/h, devendo conferir se a mesma é compatível, dividindo-se a distância percorrida (dado de projeto) pelo tempo de coleta diário (podendo ser adotado 7,33 h);
- É comum que haja legislação municipal determinando os períodos de coleta, que incluem o horário noturno.

Cálculo da quantidade de motoristas e coletores

A metodologia do TCE-MG afirma que as guarnições de um caminhão coletor compactador traseiro variam de dois a quatro garis por veículo, valores compatíveis aos já citados no item 3.2.5 do presente trabalho, e que também estão em acordo com as informações da ABLP.

Assim, de posse do número de caminhões coletores calculados, obtém-se a quantidade de mão de obra (motoristas e garis) devendo ser considerado o adicional por absenteísmo (faltas, licenças e férias). E, em decorrência, podem ser calculados os valores para as despesas relativas aos uniformes e equipamentos de

proteção individual (EPI). A metodologia em questão utiliza como parâmetro as seguintes quantidades:

- calça, camisa e bota: 6 unidades/ano;
- calçado: 12 pares/ano;
- boné: 2 unidades/ano;
- capa PVC: 2 unidades/ano;
- luva: 30 pares/ano.

Despesas relativas a combustível, pneus, depreciação e custo de capital dos veículos, fator de manutenção etc.

Abaixo são descritos alguns dos parâmetros utilizados por Fonseca e Gonzaga (2006) para o cálculo desses itens:

- consumo de combustível: o valor encontrado nas auditorias realizadas pelo TCE-MG tem variado de 1,8 a 4,5 km/l;
- pneus: vida útil de 30.000 km com duas recapagens;
- manutenção (caminhão 12 m³): 65% do valor do caminhão novo, ao longo da vida útil (5 anos);
- depreciação: valor residual de 10% após a vida útil de 5 anos;

5.4. TRIBUNAL DE CONTAS DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO (TCE-ES)

Em contato com o TCE-ES, foi encaminhado um questionário contendo diversas perguntas sobre a estrutura organizacional e a metodologia utilizada para análise de editais, atos e contratações envolvendo serviços de limpeza pública urbana. As respostas encaminhadas serão apresentadas de forma sintética ao longo deste item.

Preliminarmente, ressalta-se que o TCE-ES não possui estrutura organizacional específica para a análise de editais ou análise da legalidade e economicidade de serviços de limpeza urbana. As fiscalizações dessa natureza são realizadas pela Secretaria de Controle Externo de Obras e Serviços de Engenharia (SECEX), quando incluídas no Plano Anual de Fiscalização, ou na instrução de processos de representação ou denúncia.

Sobre a existência de dispositivos normativos que disciplinem a matéria, o Tribunal encaminhou a *Portaria Conjunta nº 2*, de 11 de setembro de 2012, que dispõe sobre recomendações para implementação da Lei da Política Nacional de Resíduos Sólidos e a contratação e gestão de serviços de limpeza urbana. Dentre as recomendações aos gestores públicos, podemos destacar:

- *elaboração de diagnóstico da situação dos resíduos sólidos gerados no respectivo território, contendo a origem, o volume, a caracterização dos resíduos e formas de destinação e disposição final adotadas, na forma do art. 19 da Lei 12.305/2010;*
- *elaboração de Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos, podendo adotar a opção consorciada na forma do § 9º do art. 19 da Lei 12.305/2010;*
- *elaboração de projeto básico para o serviço de Limpeza Urbana por profissional habilitado, em conformidade com o artigo 6º da Lei 8.666/1993 e demais normas e recomendações técnicas, constando, necessariamente, a*

especificação detalhada da demanda a ser atendida com suas frequências, quantidades e distribuição geográfica;

- *desvinculação da destinação final dos resíduos sólidos, considerado item de serviço de baixa concorrência, dos demais itens de serviços que podem compor a limpeza urbana (coleta e transporte de resíduos sólidos; varrição e limpeza de logradouros públicos; limpeza de dispositivos de drenagem de águas pluviais; limpeza de canais e córregos; poda, capina, raspagem e roçada), conforme previsto no artigo 23, §1º da Lei 8.666/1993;*
- *medição dos serviços de coleta, transporte e destinação final de resíduos sólidos por meio de pesagem ou outro método que possibilite a fiscalização da exata quantificação dos serviços prestados;*
- *comprovação, na ocasião da medição dos serviços, da vigência da licença ambiental de operação da destinação final dos resíduos sólidos mediante declaração do contratado informando que a referida licença não sofreu qualquer restrição dos órgãos de controle;*
- *promoção da transparência dos serviços prestados por meio da divulgação, em sítio eletrônico do contratante, das informações relativas à execução contratual, nos termos do artigo 7º c/c artigo 8º da Lei 12.527/2011, com informações essenciais que contemplem o conteúdo mínimo dos planos municipais de gestão integrada de resíduos sólidos urbanos e para o controle da prestação do serviço, tais como o local e a frequência da prestação do serviço e justificativa das eventuais anormalidades previstas ou ocorridas.*

Não obstante a citada portaria, está prevista para este ano a elaboração de uma proposta de normativo com modelo de edital para contratação de serviços de limpeza urbana, e outra com requisitos de projeto básico relacionados à formulação de preço de serviços de varrição, coleta e transporte de resíduos domésticos e resíduos públicos.

Quanto à análise da economicidade e legalidade de contratos de coleta e transporte de RSU, o TCE-ES ainda não possui metodologia específica para esse fim, seja

com o uso de indicadores ou pela estimativa de quantidades de geração de RSU e quantidade de mão de obra e equipamentos.

Quando necessária, a análise é realizada por meio de comparativos entre contratos e situações semelhantes, além de dados de referência da literatura e de banco de dados do SNIS, IBGE e ABRELPE. Nesse sentido, a SECEX informou o seguinte:

- Quando a referência inicial são os contratos anteriores (preço unitário), verifica-se se houve continuidade entre licitações do reajuste, senão, solicita-se ao jurisdicionado as razões da descontinuidade. Subsidiariamente utiliza-se a referência de outros municípios;
- Quando a referência inicial é o projeto básico (quantitativos), a referência principal são os dados governamentais (IBGE/MC, SNIS) e privados (ABRELPE). Também pode ser verificado se as normas técnicas, ambientais e trabalhistas foram atendidas.

Ainda nesse sentido, o TCE-ES indicou outros padrões desejáveis na análise da coleta de RSU, entre os quais podem ser destacados:

- O planejamento dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) deve apresentar planta topográfica com escala mínima de 1:10.000, indicando os trechos que devem ser atendidos, por código de cores que indicam a frequência semanal em que o serviço do item de serviço deve ser prestado;
- Deverá ser apresentada uma planilha discriminando o trecho de via a ser atendido, a geração média semanal de RSU no trecho (por peso ou volume), a frequência semanal de atendimento (com horários preestabelecidos) e quantos quilômetros o trecho possui;
- Em relação às normas, deverão ser listadas aquelas relativas à licença operacional ambiental da empresa para a atividade, ergonomia, equipamentos de proteção individual e coletivo, jornada de trabalho, atestado

de regularidade do controle e saúde ocupacional da equipe, emissão de gases e ruídos dos veículos, jornada de trabalho, limites impostos pelo Ministério do Trabalho e sindicato, entre outros.

5.5. TRIBUNAL DE CONTAS DO MUNICÍPIO DO RIO DE JANEIRO (TCM-RJ)

Com o objetivo de investigar as ações desenvolvidas quanto à implantação e execução da coleta regular de lixo no município do Rio de Janeiro, o TCM-RJ promoveu uma auditoria operacional no *Programa De Coleta Domiciliar De Lixo*, da COMLURB, realizada entre junho de 2005 e maio de 2006.

De acordo com o relatório produzido, a COMLURB utilizava (à época) 410 veículos de limpeza pública, distribuídos em 19 tipos diferentes, destacando-se o uso de 226 veículos compactadores. A auditoria focou nos caminhões compactadores dos tipos P5 (compactador de 6 m³), P6 (compactador de 15 m³) e P7 (compactador de 19 m³).

O relatório de auditoria operacional é extenso e possui informações já descritas neste trabalho, não cabendo a sua reprodução em inteiro teor. Assim, destacaremos abaixo os trechos considerados mais relevante para a pesquisa (grifo nosso):

- Sobre o histórico dos contratos de aluguel de veículos de coleta:

*Ao longo do tempo, experimentou-se uma série de modelos de contratação para a realização do serviço de coleta de lixo no Município. **Até o ano de 1993, toda a frota era própria**, com uma quantidade muito maior de veículos e equipamentos do que a existente hoje, e havia uma grande dificuldade de renovação dessa frota, devido à escassez de recursos para investimento. Normalmente, a vida útil desses veículos e equipamentos é de cinco anos. **Segundo os técnicos da COMLURB, o ideal seria ter recursos para, a cada ano, renovar 20% desse maquinário**, o que faria com que sua vida útil não fosse extrapolada. Entretanto, as dificuldades financeiras levavam a jurisdição a possuir caminhões com até trinta anos de uso,*

totalmente improdutivos e prestando um serviço de má qualidade.

Em 1994, a COMLURB começou a contratar empresas de prestação de serviços de limpeza urbana, que forneciam veículos, equipamentos e mão-de-obra, e eram remuneradas por tonelada de lixo coletada. Esse modelo de contratação, ainda utilizado em quase todo o Brasil, apresentou vários problemas, pois a logística da operação ficava a cargo do prestador do serviço e, naturalmente, o foco dele não era o cidadão, e sim a maximização dos seus lucros. Como exemplo de uma situação que era usual, alguns trechos finais de determinados itinerários, chamados de “rabos de roteiro”, não tinham o seu lixo coletado, pois, para a empresa contratada, era muito caro levar o caminhão até a estação de transferência para vazar, e retornar ao ponto onde a coleta foi interrompida, para, então, reiniciá-la, uma vez que a pequena quantidade de lixo restante não compensava o custo de uma nova viagem ao vazadouro. Então, esses caminhões não terminavam o roteiro e o lixo permanecia na rua, até o próximo dia de coleta. As empresas também costumavam molhar o lixo para que este ficasse mais pesado e resultasse numa remuneração maior.

Nesse modelo de contratação, não havia o necessário comprometimento das empresas com a população, até porque os garis não pertenciam ao quadro da COMLURB.

Não havia o cuidado de estar com o caminhão no lugar certo e na hora certa, e sim o interesse em levar o lixo mais pesado possível.

Devido a esses problemas, em 1997, o modelo de contratação foi modificado para a forma praticada até hoje. Trata-se de um contrato de locação de veículos e equipamentos, pelo qual todo o planejamento e gestão da logística são feitos pela COMLURB, que utiliza sua própria mão-de-obra para realizar a coleta, com exceção dos motoristas, que são fornecidos pela contratada. O pagamento passou a ser por apresentação dos veículos (tarefa cumprida), e não mais por tonelada coletada. Segundo a Companhia, entre todos os modelos utilizados, esse foi o que melhor atendeu às expectativas e necessidades. O ônus do investimento foi transferido para a contratada, que é obrigada a fornecer uma frota zero quilômetro para cada contrato firmado.

- Sobre a estimativa do volume de lixo a ser coletado:

A COMLURB costuma realizar duas estimativas semestrais do peso do lixo gerado pela população. Uma é feita pelo vazamento, no Centro de Pesquisas, da carga de um caminhão coletor carregado plenamente, ao longo de um determinado roteiro. Tal medida é pouco precisa,

devido à possibilidade de a produção de lixo, em alguns domicílios, estar suspensa por motivos diversos. A segunda, é dividir o peso total do lixo aferido nas balanças das estações de transferência, pela população total do município.

- Sobre os horários da coleta domiciliar:

No município do Rio de Janeiro, é adotada a coleta em dois turnos, para a maior parte das regiões, pois é a que se mostrou mais vantajosa, por permitir uma utilização racional e eficiente dos equipamentos e pessoal envolvidos, flexibilidade para a determinação dos melhores horários de coleta, conforme necessidades da região, e adequados períodos de manutenção dos veículos.

(...)

Já a coleta em três turnos, por apresentar ciclo de funcionamento de mais de 24 horas a cada dia, é inviável.

(...)

O intervalo entre turnos é fundamental para os veículos que operam em regime contínuo, como os caminhões compactadores, para que possa ser feita a manutenção preventiva e corretiva.

Para os veículos que operam em regime intermitente, isto é, durante o carregamento ficam parados com o motor desligado, como os caminhões basculantes, por exemplo, pode-se, por necessidade do serviço, suprimir tal intervalo.

- Sobre os itinerários da coleta domiciliar:

As Gerências Operacionais são as responsáveis pela definição dos itinerários, utilizando-se da metodologia empírica em suas soluções. Cada gerente planeja e vai adaptando seus roteiros diariamente, levando em consideração diversas variáveis. Inicialmente, com base no volume de lixo gerado em determinado setor da cidade, e no mapa detalhado da área, procede-se à seleção dos logradouros que integrarão um determinado roteiro, ainda em construção. Após a conclusão da pré-seleção, verifica-se o volume de lixo gerado pelo roteiro e o tempo gasto para percorrê-lo. Havendo discrepâncias entre esses parâmetros, capacidade do veículo coletor e duração de uma apresentação, fazem-se os ajustes necessários, para mais ou para menos. Este procedimento freqüentemente provoca alterações em

roteiros vizinhos, que por sua vez acarretam ajustes em outros roteiros contíguos, num “efeito cascata”. Este processo de definição de roteiros precisa ser feito de forma otimizada, equilibrada, evitando-se a sobrecarga de equipamentos, aproveitando-se ao máximo a capacidade dos veículos coletores, e minimizando-se os tempos de coleta e deslocamento. Para auxiliar na determinação de roteiros são usados programas de computador, não específicos, e fórmulas matemáticas, em conjunto com o método heurístico. Por este método, é admitida uma cidade quadricular e deve-se passar numa rua o menor número de vezes possível, sendo que o ideal é passar uma única vez, para se ter maior eficiência.

(...)

Fatores como largura das vias (caixa de tráfego), sentido e volume de tráfego, tipo de pavimentação, tipo de calçada, existência ou não de canteiro central, mão e contra-mão, e topografia, dentre outros, afetam significativamente o planejamento. Há uma tendência à redução do número de caminhões que operam na Zona Sul do Rio de Janeiro, em virtude da diminuição da população nessa região. Já na Zona Oeste ocorre o inverso, havendo, inclusive, casos de solicitação repentina de coleta de lixo de condomínios ou conjuntos habitacionais recém-criados.

Todos os caminhões fazem normalmente duas viagens durante seu turno de coleta.

O veículo inicia seu roteiro e, depois de cheio, vai à estação de transferência, vaza o lixo e retorna ao ponto onde parou, para reiniciar a coleta e terminar aquele itinerário predefinido.

Se essa segunda viagem freqüentemente termina com carga baixa, ou seja, com o caminhão contendo pouco lixo, o gerente aumenta aquele roteiro e diminui outro.

*Em função do roteiro e das características urbanísticas da região onde ocorrerá a coleta, são determinados os tipos de veículos que percorrerão aquele itinerário. **Quanto maior o caminhão, mais eficiente é a coleta, pois menos viagens ele fará ao vazadouro durante seu itinerário.***

*No município do Rio, **as características das vias e do tráfego, como ruas estreitas e carros estacionados, não permitem que caminhões grandes sejam utilizados na coleta, prejudicando o rendimento do trabalho.***

- Sobre o dimensionamento da frota dos serviços de coleta domiciliar:

A COMLURB faz o dimensionamento da frota de veículos de coleta domiciliar com base no montante de lixo gerado no Município. Numa escala crescente, determina-se o quantitativo de lixo produzido por uma residência, quadra, setor operacional, bairro, até abranger toda a cidade.

(...)

O mau dimensionamento da frota pode levar a uma sub-utilização dos veículos ou ao uso excessivo, que ocasionaria aumento da ocorrência de falhas, além de um desgaste precoce da frota. Com o objetivo de verificar se a quantidade de veículos planejada é a adequada, procurou-se avaliar a frota sob o enfoque de dois indicadores: quantidade transportada ao dia por veículo compactador, e o número de habitantes atendidos por compactador. Esses indicadores foram propostos num trabalho sobre gerenciamento dos serviços de limpeza (SÁ, 2002).

Dessa análise chegou-se à tabela 26.

Tabela 26 - Comparativo Entre Tonelada Coletada E Nº De Habitantes Atendidos Por Compactador, Em Cada AP.

AP	TONELADA DE LIXO MÉDIO RETIRADO NO MÊS	QUANTIDADE DE VEÍCULOS P6 (15 m ³) E P7 (19 m ³)	TONELADA COLETADA AO DIA POR COMPACTADOR	POPULAÇÃO	HABITANTES POR COMPACTADOR
I	8.177,33	15	21	282.544	18.836
II	22.535,50	26	34	1.004.785	27.911
III	53.250,00	57	36	2.297.712	33.300
IV	19.856,00	20	38	575.992	24.000
V	27.227,00	47	23	1.390.505	25.750
Média	21.840,97				

Fonte: Adaptado de TCM-RJ, 2006.

- Sobre a reserva técnica:

*A quantidade de veículos da reserva técnica é dimensionada contratualmente em, **no mínimo, 10% para cada tipo de unidade de frota**. Esta percentagem é nominal, pois, devido à obrigatoriedade de o número de veículos da reserva técnica ser inteiro, o percentual efetivo*

é, em geral, maior que 10%, chegando em alguns casos a 100%. A COMLURB reconhece que esse número é insuficiente, face à freqüente ocorrência de quebra de veículos. No entanto, não há possibilidade de se exigir da contratada um percentual global maior, por razões financeiras. A reserva técnica da COMLURB, hoje, no lote dos veículos próprios, encontra-se por volta de 25% a 30%, e, mesmo assim, há falhas na operação de coleta no Centro.

Destarte, como resultado, o relatório de auditoria fez recomendações para correção dos problemas observados, além de sugestões para o aperfeiçoamento do serviço. Dentre os produtos da auditoria, houve recomendações para o desenvolvimento de indicadores de desempenho, ligados à coleta domiciliar de resíduos sólidos urbanos, com sugestão para o uso dos indicadores elencados na tabela 26.

Tabela 27 - Indicadores de desempenho

FÓRMULA	FINALIDADE	PARÂMETRO
$\frac{\text{População total (hab)}}{\text{N}^\circ \text{ de garis}}$	Permite avaliar se a quantidade de garis utilizados na coleta está de acordo com a quantidade de lixo gerado na cidade	3.000 a 4.000 habitantes /gari
$\frac{\text{População total (hab)}}{\text{N}^\circ \text{ de veículos}}$	Permite avaliar se a quantidade de veículos utilizados na coleta está de acordo com a quantidade de lixo gerado na região	29.000 habitantes/ veículo de coleta
$\frac{\text{Qtdd de lixo (t)}}{\text{População total (hab)}}$	Serve de base para o planejamento, pois permite planejar as rotas de coleta, bem como avaliar a quantidade de lixo gerado pela cidade	0,35 a 0,75 kg/hab.dia
$\frac{\text{Qtdd de lixo transportado (t)}}{\text{Cap. Máxima de transporte de cada veículo de transf. (t)}}$	Permite avaliar se a quantidade de lixo transportado pelos veículos de transferência está de acordo com a sua capacidade máxima	0,40 a 0,45 t/m ³
$\frac{\text{Qtdd de lixo coletado (t)}}{\text{N}^\circ \text{ de horas trabalhadas (horas/veículo x mês)}}$	Visa conhecer e projetar os custos operacionais com a mão de obra direta envolvida, assim como verificar se a quantidade de lixo coletada no mês está de acordo com a quantidade de horas pagas no mês	0,30 a 0,35 t/h
$\frac{\text{Qtdd coletada (t/mês)}}{\text{Distância percorrida por veículo no mês (km)}}$	Permite estabelecer a correlação entre a quantidade de lixo coletada por quilômetro percorrido. O aumento ou diminuição deste "valor se reflete necessariamente nos custos dos serviços envolvidos"	500 a 600 kg/km
$\frac{\text{Qtdd de lixo coletado no mês (t)}}{\text{N}^\circ \text{ de garis x dias trabalhados}}$	Permite conhecer o rendimento diário de "um gari em relação a quantidade de lixo diário coletado"	4,5 a 5 t/gari.dia
$\frac{\text{Qtdd de lixo coletado no mês (t)}}{\text{N}^\circ \text{ de APs x dias trabalhados}}$	Permite conhecer as variações diárias sobre a quantidade de lixo coletado por AP	12 a 14 t/AP.dia
$\frac{\text{Qtdd de lixo coletado no mês (t)}}{\text{Tempo total de coleta no mês (h)}}$	Permite avaliar se o tempo dispensado na coleta de lixo está de acordo com a quantidade de lixo coletado no mês	2,3 a 2,6 t/h
$\frac{\text{Qtdd de lixo coletado no mês (t)}}{\text{Qtdd de veículos x dias trabalhados no mês}}$	Visa avaliar se a quantidade de veículos utilizada é a necessária e se eles estão sendo utilizados na sua capacidade máxima	26 a 30 t/veículo.dia
$\frac{\text{Qtdd de lixo coletado no mês (t)}}{\text{Qtdd de viagens realizadas no mês}}$	Permite avaliar se os setores e as rotas foram estabelecidos adequadamente, assim como controlar a sobrecarga dos veículos	6 a 7 t/viagem; compactador de 14m ³ , com 3 garis
$\frac{\text{Qtdd de lixo transferido no mês (t)}}{\text{Tempo total de transferência no mês (h)}}$	Permite avaliar se o tempo gasto na transferência de resíduos para o aterro está adequado ou não	40 a 50 t/h
$\frac{\text{Qtdd de lixo transferido no mês (t)}}{\text{N}^\circ \text{ total de veículos x dias trabalhados}}$	Permite avaliar se a quantidade de veículos utilizada é adequada ou não	100 a 108 t/veículo.dia
$\frac{\text{Qtdd de lixo transferido no mês (t)}}{\text{N}^\circ \text{ de viagens no mês}}$	Permite avaliar se há sobrecarga ou não na quantidade de veículos utilizados nos serviços de transferência	25 a 27 t/veículo.dia
$\frac{\text{Resíduos orgânicos (t) x 100}}{\text{Qtdd de lixo coletado (t)}}$	Permite ter uma noção sobre a quantidade de resíduos orgânicos que compõe o lixo total coletado na cidade de resíduos recicláveis que compõem o lixo total coletado na cidade	Expressa a parcela de orgânicos presente no lixo da coleta regular
$\frac{\text{Resíduos recicláveis (t) x 100}}{\text{Qtdd de lixo coletado (t)}}$	Permite ter uma noção sobre a quantidade de resíduos recicláveis que compõe o lixo total coletado na cidade	Expressa a parcela de recicláveis presente no lixo da coleta regular

Fonte: Adaptado de TCM-RJ, 2006.

Não obstante a utilização desses indicadores, deve ser salientada a posição conservadora de alguns autores quanto ao uso de indicadores de desempenho e/ou referência para análises econômicas em contratos de limpeza pública, devido, em parte, à influência que os grandes centros urbanos exercem sobre os municípios de médio e pequeno porte, conforme salientado nos parágrafos iniciais do capítulo 5.

5.6. TRIBUNAL DE CONTAS DOS MUNICÍPIOS DO ESTADO DE GOIÁS (TCM-GO)

O “*Manual De Orientações Para Análise De Serviços De Limpeza Urbana*” constitui a base da metodologia utilizada pelos auditores de controle externo do Tribunal De Contas Dos Municípios Do Estado De Goiás (TCM-GO) na “*análise do custo dos serviços de limpeza urbana contratados pelos municípios goianos, servindo também de orientação aos jurisdicionados na formação de preços referenciais para suas respectivas contratações*”, conforme aprovado pela Resolução Administrativa RA nº 00099/2016.

O capítulo 1 do *Manual* é inteiramente dedicado à coleta e transporte de RSU. Nele, além de informações gerais sobre o tema, o texto também apresenta diversos parâmetros utilizados no dimensionamento dos serviços, muitos deles já citados ao longo deste trabalho e comuns às outras metodologias já descritas. Ademais, podem ser destacadas as seguintes informações acerca da matéria:

Quantidade de RSU a ser coletada

Para estimar a quantidade de RSU a ser coletada, o TCM-GO adota os dados populacionais informados pelo portal *Cidades@*, conjugados aos indicadores de geração *per capita* disponibilizados pela Secretaria do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos de Goiás (SEMARH), que elaborou o Plano de Resíduos Sólidos do Estado de Goiás, versão preliminar, a partir de dados extraídos de pesquisas

realizadas junto aos municípios goianos. Essas informações são disponibilizadas em tabelas, divididas de acordo com as regiões do estado, apresentando os indicadores de geração de RSU por cidades, com suas respectivas populações urbanas. Devido ao tamanho e quantidade de tabelas, optou-se por não as reproduzir aqui, uma vez que se encontram disponíveis originalmente no *Manual*. Ademais, apenas como exemplo ilustrativo, segue a tabela 27, que apresenta os valores médios de geração *per capita* de RSU, de acordo com as faixas populacionais urbanas para os municípios de Goiás, consolidados a partir da pesquisa elaborada pela SEMARH:

Tabela 28 - Estimativa da geração *per capita* de resíduos sólidos urbanos, por faixa populacional, para o Estado de Goiás.

FAIXA POPULACIONAL URBANA PARA OS MUNICÍPIOS DE GOIÁS (hab.)	GERAÇÃO PER CAPITA PROJETA DE RSU (kg/hab.dia)
Até 5 mil	0,46
5 mil a 10 mil	0,46 a 0,52
10 mil a 20 mil	0,52 a 0,58
20 mil a 50 mil	0,58 a 0,67
50 mil a 100 mil	0,67 a 0,74
100 mil a 200 mil	0,74 a 0,80
200 mil a 500 mil	0,80 a 0,89
500 mil a 1.3 milhões	0,89 a 0,99

Fonte: Adaptado de TCM-GO (2016).

O *Manual* destaca as seguintes observações sobre o uso dos dados:

- Caso nova pesquisa seja realizada pelo IBGE atualizando a população, deverá ser empregada a população do censo vigente quando da licitação;
- Montantes diferentes devem ser justificados pelos jurisdicionados e as justificativas serão avaliadas pela equipe técnica;
- No intuito de não prejudicar o jurisdicionado, considerar a população total (urbana mais rural), visto que a distinção entre estas não é atualizada anualmente.

Número de veículos compactadores

Para dimensionamento da frota, o TCM-GO adota a mesma equação descrita pela ABLP⁷, fazendo as seguintes considerações:

- Definir os percentuais de coleta diurna e noturna, de acordo com as informações do edital e demais documentos dos autos;
- Não havendo informações acerca das quantidades ou percentuais de cada turno, adotar 70% da quantidade de RSU para coleta diurna (qd) e 30% para o período noturno (qn);
- Dias de coleta no mês: 25,25 (365 dias no ano; 52 domingos; 10 feriados, dividido por 12 meses);
- V_c (velocidade média de coleta): adotar 5 km/h;
- C (capacidade de carga do caminhão) = [peso aparente lixo (kg/m³) x índice compactação x capacidade real (m³)] / 1000; sendo:
 - peso aparente⁸ = 230 kg/m³;
 - índice de compactação 1:3;
 - capacidade real = 70% da capacidade nominal em m³.

Ainda seguindo as equações descritas pela ABLP⁹:

- D (distância média do centro gerador até o local de descarga): caso não seja informado no projeto básico, adotar 10 km;
- V_t (velocidade de transporte na viagem até o local de descarga): caso não seja informado, adotar 50km/h;
- T' (tempo de pesagem e descarga do caminhão): caso não seja informado, adotar 20 minutos.

⁷ $n = (q.Vc.T)/((L/2) .c + q.Vc .t)$

⁸ Conforme Monteiro *et al.*, 2001.

⁹ $t = (2D/Vt) + t'$

Em complemento, o *Manual* do TCM-GO cita a publicação “*Lixo Municipal: Manual de Gerenciamento Integrado*” (D’ALMEIDA *et al.*, 2000), trazendo a informação de que em cada viagem são transportadas de 4 t a 8 t (caminhões de 10 a 15 m³) e, em geral, são realizadas 2 (duas) viagens por turno. Neste viés, de forma análoga à crítica efetuada no item 5.3, sobre a quantidade de viagens por turno/dia, o uso deste parâmetro deve ser avaliado com cautela, caso a caso, de acordo com as características da coleta de cada município.

Número de coletores

Em geral, o TCM-GO adota a quantidade de três coletores por caminhão, ressalvando-se que este número pode chegar a quatro, desde que “*compatível com a capacidade de carga do caminhão (em regra trucado, com caçamba coletora acima de 19 m³) e com a demanda do município*”.

O *Manual* também indica que não deve ser considerado adicional de reserva técnica no cálculo da mão de obra. Contudo, é importante comentar que o total deve incluir, além das férias, licenças (doenças, acidentes) e faltas, uma vez que os índices de absenteísmo na coleta domiciliar podem ser relativamente elevados.

Uniforme e EPI

Para definição da quantidade apropriada de uniformes e EPI, o *Manual* do TCM-GO cita a apostila “Limpeza Pública”, do Professor Fernando Antônio Wolmer, que registra os seguintes parâmetros:

- motorista: 6 jogos por ano de calçado com solado de borracha, blusa de brim e calça comprida;
- coletor: 6 jogos por ano de calçado antiderrapante, camisa e calça de brim; 3 jogos de colete refletor, boné e capa de chuva; e 24 luvas de raspa.

Veículos

Para o cálculo do custo dos veículos compactadores e demais que venham a ser utilizados nos serviços, a metodologia aplicada entra em aspectos dos preços dos equipamentos, sua depreciação, remuneração do capital, consumo do combustível, filtros e lubrificantes, custos de manutenção, além de seguros e impostos. Estas informações com o “Apêndice B” do *Manual*, com 7 páginas dedicadas ao tema, e que, devido ao tamanho, não serão integralmente discutidas aqui. Não obstante, far-se-á um resumo dos principais indicadores e informações trazidas pelo TCM-GO:

- No caso de veículos compactadores, o preço do chassi deve ser obtido junto à Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas (FIPE), considerando a marca/modelo contratado;
- Na ausência dessa informação, considerar como padrão o seguinte:
 - para caçamba com capacidade de 15 m³, utilizar o modelo padrão código FIPE 515074-4 (“Volkswagen – modelo 15-180 / 15-180 E Worker 2p diesel”). Para os contratos em que este equipamento já tiver saído de linha, utilizar o modelo 15-190;
 - para caçamba com capacidade de 6 a 10 m³, utilizar o modelo 13-190;
 - para caçamba com capacidade de 19 m³, utilizar o modelo 17-190.
- Para cálculo do consumo de combustível (diesel) do caminhão coletor, considerar 0,56l/km durante o roteiro de coleta, e 0,25l/km durante o roteiro até o aterro;
- Se não for fornecida a quilometragem percorrida, considerar o produto entre o número de horas trabalhadas e as velocidades já citadas (5 km/h no trajeto de coleta e 50 km/h no caminho até ao aterro sanitário) no cálculo;

- Adotar como coeficiente de proporcionalidade para manutenção¹⁰ para caminhões coletores o índice $K=0,90$ (correspondente ao caminhão betoneira);
- Considerar custo de lavagem de veículos coletores.

Outros Indicadores do TCM-GO

O *Manual* em questão prevê o uso dos indicadores de desempenho elencados nas recomendações feitas pelo relatório de auditoria operacional realizada pelo TCM-RJ no *Programa Coleta de Lixo Domiciliar*, em 2006, conforme já descrito no item 5.4 da presente pesquisa.

5.7. EMPRESA DO SETOR DE LIMPEZA URBANA

Para contemplar as diversas partes que atuam na orçamentação, administração, execução e fiscalização dos serviços de coleta e transporte de RSU, em complementação às visões de Tribunais de Contas e da Administração Municipal, fez-se necessário o diálogo acadêmico com empresa que atuasse no mercado de limpeza urbana.

Para assegurar que a discussão ocorresse apenas no campo acadêmico proposto pelo estudo, e de modo a preservar o interlocutor e garantir a impessoalidade e o sigilo das informações, os dados relativos à empresa e ao interlocutor participante da pesquisa não serão revelados.

Foi realizada uma entrevista com o diretor técnico de uma empresa especializada em coleta e transporte de resíduos sólidos, que atua no Estado do Rio de Janeiro e presta serviços para municípios fluminenses, como contratada. A entrevista ocorreu no dia 17 de abril deste ano, na Faculdade de Engenharia da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), localizada no *campus* Maracanã.

¹⁰ Coeficiente K: coeficiente para manutenção de equipamentos. Coeficiente que é multiplicado pelo valor corrente de aquisição para fornecer o custo mensal de manutenção, considerado no cálculo do custo horário do equipamento (BRASIL, 2003).

Na conversa, foram abordados, de forma genérica, aspectos da formação de preços e execução dos serviços de limpeza urbana, principalmente quanto à coleta de RSU. Das informações prestadas na ocasião, apontaremos a seguir aquelas mais relevantes para a pesquisa.

A principal informação trazida pelo entrevistado diz respeito à “lei da balança”. Esta expressão é o termo extraoficial comumente usado para referir-se a um conjunto de artigos do Código de Trânsito Brasileiro (CTB) e de Resoluções do Conselho Nacional de Trânsito (CONTRAN), que dizem respeito aos limites de pesos e dimensões dos veículos nas vias terrestres brasileiras. Esse conjunto de leis visa garantir a durabilidade do pavimento e, principalmente, evitar acidentes, já que o excesso de carga aumenta os riscos de acidentes, com a diminuição da eficiência nos freios e da vida útil de componentes.

O CTB, em seus artigos 99, 100, 117, 230 (inciso XXI) e 231 (incisos V e X), estabelece o seguinte:

Art. 99. Somente poderá transitar pelas vias terrestres o veículo cujo peso e dimensões atenderem aos limites estabelecidos pelo CONTRAN.

(...)

Art. 100. Nenhum veículo ou combinação de veículos poderá transitar com lotação de passageiros, com peso bruto total, ou com peso bruto total combinado com peso por eixo, superior ao fixado pelo fabricante, nem ultrapassar a capacidade máxima de tração da unidade tratora.

(...)

Art. 117. Os veículos de transporte de carga e os coletivos de passageiros deverão conter, em local facilmente visível, a inscrição indicativa de sua tara, do peso bruto total (PBT), do peso bruto total combinado (PBTC) ou capacidade máxima de tração (CMT) e de sua lotação, vedado o uso em desacordo com sua classificação.

(...)

Art. 230. Conduzir o veículo:

XXI - de carga, com falta de inscrição da tara e demais inscrições previstas neste Código;

(...)

Art. 231. Transitar com o veículo:

V - com excesso de peso, admitido percentual de tolerância quando aferido por equipamento, na forma a ser estabelecida pelo CONTRAN (...)

(...)

X - excedendo a capacidade máxima de tração (...)

Parágrafo único. Sem prejuízo das multas previstas nos incisos V e X, o veículo que transitar com excesso de peso ou excedendo à capacidade máxima de tração, não computado o percentual tolerado na forma do disposto na legislação, somente poderá continuar viagem após descarregar o que exceder, segundo critérios estabelecidos na referida legislação complementar.

A Resolução CONTRAN nº 290, de 29 de agosto de 2008, que disciplina a inscrição de pesos e capacidades em veículos de tração, de carga e de transporte coletivo de passageiros, em seu anexo, apresenta as seguintes definições:

- PESOS E CAPACIDADES INDICADOS – pesos máximos e capacidades máximas informados pelo fabricante ou importador como limites técnicos do veículo;
- PESOS E CAPACIDADES AUTORIZADOS – o menor valor entre os pesos e capacidades máximos estabelecidos pelos regulamentos vigentes (valores legais) e os pesos e capacidades indicados pelo fabricante ou importador (valores técnicos);
- TARA - peso próprio do veículo, acrescido dos pesos da carroçaria e equipamento, do combustível – pelo menos 90% da capacidade do(s) tanque(s), das ferramentas e dos acessórios, da roda sobressalente, do extintor de incêndio e do fluido de arrefecimento, expresso em quilogramas;
- LOTAÇÃO - carga útil máxima, expressa em quilogramas, incluindo o condutor e os passageiros que o veículo pode transportar, para os veículos de carga e tração, ou número de pessoas para os veículos de transporte coletivo de passageiros;

- PESO BRUTO TOTAL (PBT) - o peso máximo (autorizado) que o veículo pode transmitir ao pavimento, constituído da soma da tara mais a lotação;
- PESO BRUTO TOTAL COMBINADO (PBTC) – peso máximo que pode ser transmitido ao pavimento pela combinação de um veículo de tração ou de carga, mais seu(s) semirreboque(s), reboque(s), respeitada a relação potência/peso, estabelecida pelo INMETRO – Instituto de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial, e a capacidade máxima de tração da unidade de tração ???, conforme definida no item 2.7 do anexo dessa Resolução e o limite máximo estabelecido na Resolução CONTRAN nº 211/06, e suas sucedâneas;
- CAPACIDADE MÁXIMA DE TRAÇÃO (CMT) - máximo peso que a unidade de tração é capaz de tracionar, incluído o PBT da unidade de tração, limitado pelas suas condições de geração e multiplicação do momento de força, resistência dos elementos que compõem a transmissão;
- CAMINHÃO – veículo automotor destinado ao transporte de carga, com PBT acima de 3.500 quilogramas, podendo tracionar ou arrastar outro veículo, desde que tenha capacidade máxima de tração compatível.

Neste sentido, o entrevistado sustenta que o dimensionamento da frota deveria passar, obrigatoriamente, pelo limite imposto pela legislação para a capacidade de carga máxima a que os caminhões compactadores estão sujeitos. Todavia, segundo ele, as metodologias utilizadas não levam em conta este fator, o que traz sérias distorções à orçamentação e à segurança da operação, uma vez que a sobrecarga é ilegal e compromete a vida útil dos veículos.

Somente como ilustração da conjuntura apresentada podemos mostrar um exemplo, com informações sobre um modelo de chassi/caminhão com caçamba compactadora, comumente usados na coleta de resíduos sólidos: caminhão Volkswagen 24.260. Este modelo possui um chassi com peso aproximado de 7.060 kg. Se equipado com um uma caçamba compactadora de 19 m³ (peso aproximado de 6.200 kg), o conjunto atinge um peso em torno de 13.260 kg. Como este modelo tem um PBT de 23.000 kg, o peso máximo que o conjunto poderia coletar de carga de resíduos seria de 9.740 kg. Entretanto, por suposição, se fosse usado o fator de

0,54 t/m³ (tabela 23), o cálculo indicaria um peso aproximado de 10.260 kg.

Apenas para registro, foi realizada uma análise expedita em dois relatórios de auditoria recentes do TCE-RJ em contratos de coleta e transporte de RSU, tendo sido encontrados nos autos registros de pesagens de caminhões compactadores com peso acima dos limites legais.

Ainda sobre o tema, o entrevistado questiona os parâmetros utilizados em editais municipais para contratação de serviços de coleta, pois em sua opinião, na maioria das vezes, os projetos básicos e termos de referência são rasos de informações técnicas. Isso impede a execução de uma proposta orçamentaria correta, que culmina em problemas na execução dos serviços e aumento dos custos após a contratação. Segundo ele, o problema é agravado pela falta de técnicos especializados nas administrações municipais, principalmente em cidades de pequeno porte, que sequer possuem engenheiros e orçamentistas para elaboração de projetos básicos e termos de referências.

Nesse viés, ele complementa que os Tribunais de Contas deveriam servir como indutores da implementação dos Planos Municipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS), o que, a seu juízo, compeliaria os municípios tratarem o tema de forma mais técnica.

5.8. PREFEITURA MUNICIPAL DE JUIZ DE FORA

A equipe de pesquisadores optou pela inclusão de um município da região Sudeste, com o intuito de ampliar o debate sobre os desafios e dificuldades na determinação dos custos dos serviços de limpeza urbana.

A escolha foi orientada para um município fora do Estado do Rio de Janeiro, para que não houvesse receio por parte da administração municipal escolhida no fornecimento de informações, face à pesquisa ocorrer no âmbito da ECG/TCE-RJ. E, em acréscimo ao fator geográfico de escolha, os pesquisadores optaram por uma prefeitura que realizasse os serviços de coleta de RSU por administração direta, ou por meio de entidade da administração indireta (autarquia, companhia etc.)

Assim, foi escolhida a cidade de Juiz de Fora/MG. O município está localizado a 184 km da cidade do Rio de Janeiro/RJ e possui aproximadamente 559.639 habitantes, de acordo com o IBGE (*Cidades@*, para o ano de 2016).

Criado em 1978, o Departamento Municipal de Limpeza Urbana (DEMLURB) é o órgão responsável pela limpeza urbana da cidade de Juiz de Fora. Trata-se de uma entidade autárquica, dotada de personalidade jurídica e patrimônio próprio, com autonomia técnica e financeira, regendo-se pelas disposições da Lei nº 5.517/78.

Em visita à sede da DEMLURB, realizada em 25 de maio deste ano, os pesquisadores foram recebidos pela engenheira Gisele Pereira Teixeira (Gerente Industrial) e pelo engenheiro Marco Aurélio Miguel Silva. Durante o contato, foram fornecidas diversas informações relevantes sobre a administração, planejamento e execução dos serviços de coleta e transporte de RSU naquela cidade, as quais destacaremos na presente análise.

Segundo informações do site da DEMLURB¹¹, o serviço de coleta de RSU no município é organizado segundo 79 rotas de coleta, sendo que 69 rotas coletam resíduos exclusivamente domiciliares; 4 coletam resíduos comerciais; 01 coleta resíduos especiais (industrial e comercial); e 2 coletam lixo hospitalar. Além disso, existem 3 veículos dedicados exclusivamente à coleta seletiva.

Segundo os engenheiros entrevistados, as rotas teóricas foram definidas de acordo com a quantidade de RSU coletado em uma dada distância percorrida pelo coletor (t/km), de acordo com a base de dados populacionais. Após, as rotas são ajustadas e aperfeiçoadas, de acordo com as informações práticas obtidas na operação.

No site do Departamento, há uma opção de busca pelo logradouro, por meio da qual se obtém o número da rota, o turno, os bairros atendidos pelo roteiro, a frequência, horários de início e fim da coleta, nome do motorista e prefixo do veículo de coleta. Além disso, existem informações sobre a quantidade de resíduos coletados mensalmente e sobre as despesas municipais em limpeza urbana. O acesso de qualquer cidadão às informações da coleta permite e facilita o controle social sobre os serviços prestados pela prefeitura, e fiscalização dos gastos.

Segundo os interlocutores da autarquia, a metodologia usada pela DEMLURB na confecção dos Editais para contratação dos serviços de coleta e transporte de RSU

¹¹ <http://www.demlurb.pjf.mg.gov.br/>

baseia-se nas metodologias adotadas pela ABLP e TCE-MG (FONSECA e GONZAGA, 2006).

Questionados sobre a utilização de alguma metodologia de expectativa de preço por quantidade coletada (R\$/t), os servidores informaram que este cálculo é feito anualmente, somente como estimativa para o custeio dos serviços do ano seguinte.

Atualmente, o valor para coleta e transporte de RSU é de R\$ 172,86/t; para disposição final em aterro sanitário é de R\$ 48,39/t. Já o valor para coleta seletiva é de R\$ 1.112,45/t.

A quantidade de resíduos sólidos gerados pela população atendida pela coleta regular (kg/hab.dia) é estimada de acordo com o histórico de pesagens anteriores.

A guarnição prevista é de um motorista e quatro garis, por força de acordos sindicais. Essa mão de obra é formada por servidores municipais. A reserva técnica de operários é superior a 10%, por conta do elevado absenteísmo observado pela administração municipal.

Quanto aos veículos, esses são terceirizados, com contratação que prevê a locação do compactador por 24 horas. Assim, o gestor municipal deve ficar atento à otimização das rotas, turnos e horários, para um melhor custo x benefício na contratação.

Nesse sentido, o lixo é coletado na frequência de três vezes na semana, em rotas alternadas, e com dois turnos de coleta. Mas já existem algumas rotas operando, experimentalmente, a coleta em três turnos.

Atualmente a coleta de RSU é operada com uma frota composta por 22 compactadores de 15 m³, mais 6 compactadores de 19 m³. Quando da elaboração do termo de referência para os editais de contratação dos caminhões, a premissa é de que um compactador de 15 m³ opere com capacidade máxima de 8,8 t, enquanto um compactador de 19 m³ opere com capacidade máxima de 12 t.

Nessa perspectiva, foi apresentado um modelo de termo de referência para contratação de caminhão compactador de 19 m³, que trazia a seguinte descrição:

Caminhão pesado, tipo "truck", motor diesel, chassis PTB mínimo 23.000Kg, CMT-KG 35.000, equipado com coletor/compactador de lixo capacidade 19M³.

Com base nessa especificação, que traz os limites de desempenho mínimos desejados, há uma brecha para que empresas possam apresentar propostas utilizando um conjunto chassi/compactador que atenda a esses requisitos, mas que fiquem fora dos limites legais quanto à capacidade máxima. Nesse sentido, o Departamento vem discutindo a inclusão de especificações mais restritivas, a fim de adequar os requisitos necessários aos limites legais impostos pela “lei da balança”.

As contratações firmadas pelo órgão preveem que os veículos utilizados devam ter instalados equipamentos de rastreamento tipo GPS (*Global Positioning System*, sigla inglesa para “sistema de posicionamento global”), para rastreamento via satélite em tempo real, disponibilizando seu acesso para que o DEMLURB possa efetuar o acompanhamento da frota locada, complementando a fiscalização. São previstos contratualmente o fornecimento de relatórios operacionais extraídos de um software de controle de frota que efetue o armazenamento de informações em banco de dados referentes à quilometragem utilizada e ao consumo de combustível de cada caminhão. Ademais, os veículos deverão possuir programação visual de identificação.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Das fontes consultadas, as informações da ABLP trazem o que há de mais científico sobre dimensionamento de sistemas de coleta e transporte de RSU. Contudo, embora a metodologia descrita traga fórmulas e dados técnicos importantes, também remete a indicadores empíricos e datados, que talvez careçam de atualização. O mesmo raciocínio pode ser aplicado ao *Manual de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos* (MONTEIRO *et al.*, 2001), publicação que é citada por todas as fontes consultadas, mas que também traz indicadores nem sempre tão claros quanto a sua obtenção científica, e que merecem uma atualização.

É inegável que SNIS e ABRELPE representam as melhores iniciativas no sentido de se criar parâmetros e indicadores sobre a gestão de resíduos sólidos e o mercado que ela movimenta. Contudo, ambos possuem pontos discutíveis.

Se por um lado o SNIS é a maior e mais ampla pesquisa sobre RSU no país, sua metodologia é baseada em informações autodeclaratórias, encaminhadas pelos gestores municipais. Entretanto, conforme citados por todos os participantes da pesquisa, o poder público municipal nem sempre possui estrutura gerencial, mão de obra especializada e instrumentos de controle necessários à gestão correta no manejo de resíduos sólidos nas suas cidades. Este viés se traduz em informações que podem trazer vícios e incorreções na origem dos dados encaminhados ao SNIS.

De outro lado, temos o *Panorama* publicado pela ABRELPE, que, embora não tenha cunho governamental, é uma pesquisa atualizada anualmente, com metodologia identificada, consolidada ao longo dos anos, formando uma série histórica. Todavia, seus dados são representados pelas empresas associadas e que formam o setor privado no país, sem cunho governamental, e não trazem informações sobre insumos e custos unitários (R\$/t; R\$/km etc.) dos serviços de limpeza urbana.

Assim, embora fundamental para os entes envolvidos nessas atividades, o tema é pouco explorado por pesquisadores, que veem a falta de informação disponível como um obstáculo inicial às pesquisas nesse campo. Faltam dados básicos nos municípios, como a quantidade real coletada, população urbana, população atendida pela coleta regular de resíduos sólidos etc.

Outro entrave é a ausência de sistemas de custos próprios para limpeza urbana, fazendo com que não haja preços unitários disponíveis para insumos básicos que compõem os orçamentos dos serviços de coleta e transporte de RSU. Como exemplo, podemos citar o caso dos caminhões compactadores, cujos preços unitários não constam dos sistemas de custos disponíveis no TCE-RJ.

Outra questão primordial no entendimento do problema é a heterogeneidade intrínseca aos serviços de limpeza urbana. Conforme delineado ao longo do trabalho, o planejamento, dimensionamento e execução da coleta de RSU é função de diversos aspectos geográficos e socioeconômicos da cidade, como: população; área do município; topografia; taxa de urbanização; malha viária; condições de pavimentação etc. Isso faz com que não haja dois municípios idênticos. Essa característica dificulta sobremaneira a produção e aplicação de índices e indicadores, fazendo com que seu uso tenha de ser avaliado corretamente, conforme o caso.

Quanto à experiência do TCE-MG e TCM-GO, estes aplicam, basicamente, a metodologia da ABLP, com acréscimos pontuais de indicadores e informações de cunho dos próprios Tribunais. A Corte do Estado de Goiás apresenta a peculiaridade de já ter normatizado a aplicação do método de análise, coisa que não foi feita pelos demais Tribunais pesquisados.

O TCE-ES não adota metodologia específica e faz uma análise comparativa somente em sede de inspeção ou quando demandado por denúncia e/ou representação. Entretanto, possui uma portaria com recomendações básicas sobre o assunto para os gestores municipais, que inclui a promoção da transparência. Ademais, está elaborando propostas de normativos com modelo de edital e requisitos de projeto básico relacionados aos serviços de limpeza urbana.

Quanto ao TCM-RJ, seu trabalho de auditoria (conforme citado no presente estudo) virou referência de indicadores em outras publicações. Todavia, acredita-se que, devido às características geográficas de metrópole conferidas à cidade do Rio de Janeiro, e à natureza do jurisdicionado (Companhia Municipal de Limpeza Urbana - COMLURB) que executa a tarefa de limpeza urbana no município, há que se ter cautela na aplicação irrestrita de indicadores em outros municípios de menor porte. E, assim como nos demais Tribunais de Contas pesquisados, tal metodologia não

foi traduzida em publicação de natureza normativa.

O colóquio desenvolvido com a empresa privada mostra uma visão diferenciada sobre a necessidade de aproximar as metodologias de dimensionamento da frota à legislação brasileira de trânsito, questão também citada pelos técnicos do DEMLURB.

Já a visita ao DEMLURB proporcionou a apreciação dos aspectos da execução dos serviços em si, mostrando a dificuldade de aplicação dos aspectos teóricos na prática cotidiana da coleta de resíduos. Além disso, demonstrou que o uso de tecnologia e sistemas informatizados de controle e gestão da frota são primordiais para o aprimoramento dos custos e fiscalização dos serviços contratados.

Diante de todas as informações trazidas pela pesquisa, fica claro que a metodologia utilizada pela CAT/TCE-RJ é diferente daquelas utilizadas em outros Tribunais, onde predomina o uso da metodologia descrita pela ABLP, com as devidas adaptações.

A prática da CAT, que consiste na averiguação das quantidades e do preço final dos serviços orçados e/ou contratados, comparando-os com valores praticados em outros municípios brasileiros, de forma global, pelo valor da quantidade coletada (R\$/t), na visão da pesquisa, constitui uma boa ferramenta primária para análise da economicidade de atos e contratos que envolvam coleta e transporte de RSU. Todavia, necessita de atualização, já que a versão em uso remete a dados de 2007. Igualmente, sua aplicação não atende completamente às diferentes necessidades do TCE-RJ, principalmente quanto à análise preliminar de Editais de envio obrigatório e em auditorias e inspeções *in loco*. Nesses casos, na visão dos pesquisadores, faz-se necessária a adoção de uma metodologia que permita determinar os quantitativos e custos unitários de máquinas e equipamentos, mão de obra e demais insumos. Um caminho seria utilizar a metodologia prescrita pela ABLP, adaptando-a às características e especificidades próprias do TCE-RJ e seus jurisdicionados. Porém, tal decisão demanda um amplo debate entre as diferentes Coordenadorias envolvidas, abordando os prós e contras das alternativas existentes apresentadas na presente pesquisa e, talvez, a utilização de mais de uma metodologia no âmbito desta Corte de Contas. E, após, a consolidação dos termos, faz-se importante a transformação desse produto em um instrumento a ser normatizado.

Cumprе ressaltar que, em vista da complexidade que cerca o planejamento, execução e fiscalização dos serviços de limpeza urbana municipais, que incluem uma heterogeneidade de indicadores e variáveis quantitativas e qualitativas únicas, que, em muitos casos, deverão ser avaliadas e/ou obtidas diretamente *in loco*, o presente trabalho não esgota as possibilidades de análise, devendo sua aplicação ser avaliada caso a caso, conforme o caso concreto.

7. LIMITAÇÕES DA PESQUISA

A bibliografia e demais fontes de consulta sobre os custos concernentes aos serviços de limpeza urbana, principalmente no tocante à coleta e transporte de resíduos sólidos urbanos, é escassa, repetitiva e desatualizada. Esse aspecto fica claro quando se observa as experiências trazidas nesta pesquisa, que apontam ABLP e Instituto Brasileiro de Administração Municipal – IBAM (MONTEIRO *et al.*, 2001) como fontes primárias da maioria das metodologias e indicadores utilizados.

Inicialmente, devido à abrangência e complexidade do tema, face ao prazo delimitado para a pesquisa, o estudo pretendia avaliar as metodologias dos Tribunais de Contas dos Estados da região Sudeste. Todavia, o TCE-SP não respondeu ao contato dos pesquisadores em tempo hábil. Não obstante, foram incluídos no escopo o TCM-GO, o TCM-RJ, uma prefeitura municipal e uma empresa do setor, que contribuíram com informações deveras importantes para o resultado final, trazendo ecletismo à pesquisa.

Por fim, há que se considerar certo preciosismo e cautela no fornecimento de informações por parte das fontes consultadas. Este temor deveu-se, em parte, à pesquisa ser realizada no âmbito de uma entidade ligada, em última análise, a um Tribunal de Contas, o que fomentou o receio na disponibilização, por parte de empresas e jurisdicionados, de informações sensíveis. Outro viés constatado diz respeito à ausência de um entendimento consolidado academicamente e no âmbito dos Tribunais de Contas, tornando a exposição de metodologias não regulamentadas sujeitas a críticas e censuras.

8. SUGESTÕES PARA FUTUROS TRABALHOS

- Ampliação da pesquisa para outros Tribunais de Contas, órgãos e entidades do setor;
- Ampliação do escopo da pesquisa, abordando outros serviços de limpeza urbana, principalmente a coleta de resíduos de serviços de saúde (RSS) e serviços de varrição, capina e poda;
- Atualização da metodologia adotada pela CAT;
- Criação de um grupo de trabalho envolvendo CAT, CAO e CEE, com o intuito de debater os prós e contras das experiências trazidas pela presente pesquisa, visando aproximar e consolidar conceitos, além de discutir a criação de um instrumento normativo para a análise da economicidade de editais e contratações envolvendo objetos de limpeza urbana no âmbito do TCE-RJ;
- Criação, por parte da ECG/TCE-RJ, de atividades de fomento à discussão do tema (palestras, cursos, workshops etc.) junto ao público interno e jurisdicionados do TCE-RJ.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS - ABRELPE. *Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil - 2008*. São Paulo: ABRELPE, 2009. Disponível em: <<http://www.abrelpe.org.br/>>. Acesso em: nov. 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS - ABRELPE. *Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil - 2009*. São Paulo: ABRELPE, 2010. Disponível em: <<http://www.abrelpe.org.br/>>. Acesso em: nov. 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS - ABRELPE. *Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil - 2010*. São Paulo: ABRELPE, 2011. Disponível em: <<http://www.abrelpe.org.br/>>. Acesso em: nov. 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS - ABRELPE. *Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil - 2011*. São Paulo: ABRELPE, 2012. Disponível em: <<http://www.abrelpe.org.br/>>. Acesso em: nov. 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS - ABRELPE. *Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil - 2012*. São Paulo: ABRELPE, 2013. Disponível em: <<http://www.abrelpe.org.br/>>. Acesso em: nov. 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS - ABRELPE. *Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil - 2013*. São Paulo: ABRELPE, 2014. Disponível em: <<http://www.abrelpe.org.br/>>. Acesso em: nov. 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS - ABRELPE. *Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil - 2014*. São Paulo: ABRELPE, 2015. Disponível em: <<http://www.abrelpe.org.br/>>. Acesso em: nov. 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS - ABRELPE. *Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil - 2015*. São Paulo: ABRELPE, 2016. Disponível em: <<http://www.abrelpe.org.br/>>. Acesso em: nov. 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE LIMPEZA PÚBLICA - ABLP. *Manual De Elaboração De Planilhas De Custo Dos Serviços De Limpeza Pública*. São Paulo, 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 10004: Classificação de Resíduos Sólidos*. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 12980: Coleta, varrição e acondicionamento de resíduos sólidos urbanos*. Rio de Janeiro, 1993.

BARROS, RAFAEL T. V. *Elementos de Gestão de Resíduos Sólidos*. Editora Tessitura. Belo Horizonte, 2012.

BRASIL. *Constituição da República Federativa do Brasil de 1988*. Brasília, 1998. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm>. Acesso em: nov. 2016.

BRASIL. Lei nº 11.445 de 5 de janeiro de 2007. *Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei no 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências*. Brasília, 2007. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm>. Acesso em: nov. 2016.

BRASIL. Lei nº 12.305 de 2 de agosto de 2010. *Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos*. Brasília, 2010. Disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm>. Acesso em: nov. 2016.

BRASIL. Lei nº 8.666 de 21 de junho de 1993. *Regulamenta o art. 37, inciso XXI, da Constituição Federal, institui normas para licitações e contratos da Administração Pública e dá outras providências*. Brasília, 1993. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L8666cons.htm>. Acesso em: nov. 2016.

BRASIL, DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT). *Manual De Custos Rodoviários*. 3. ed. - Rio de Janeiro, 2003.

BRASIL. Tribunal de Contas da União. *Vocabulário de Controle Externo do Tribunal de Contas da União / Tribunal de Contas da União*. Brasília: TCU, Instituto Serzedello Corrêa, Centro de Documentação, 2015.

BUGARIN, P. S. *O Princípio Constitucional da Economicidade na Jurisprudência do Tribunal de Contas da União*. 2ª ed., Belo Horizonte: Fórum, 2011.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO – CETESB. *Inventário Estadual de Resíduos Sólidos Urbanos 2016*. São Paulo: CETESB, 2017.

COMPROMISSO EMPRESARIAL PARA RECICLAGEM - CEMPRE. Review, 2013. Disponível em: <<http://cempre.org.br/artigo-publicacao/artigos>>. Acesso em: ago. 2015.

COSTA JÚNIOR, M. C.; SOUZA, M. S. *Auditoria Do Sistema De Custeio Da Coleta Domiciliar De Resíduos Sólidos Urbanos Do Município De Jaboticatubas-Minas Gerais*. XXII Congresso Brasileiro de Custos. Porto Seguro, 2004. Disponível em: <<https://anaiscbc.emnuvens.com.br/anais>>. Acesso em: maio, 2017.

CUNHA, Valeriana; CAIXETA FILHO, José Vicente. *Gerenciamento da coleta de resíduos sólidos urbanos: estruturação e aplicação de modelo não-linear de programação por metas*. São Carlos, v. 9, n. 2, p. 143-161, Aug. 2002. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-530X2002000200004&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: dez. 2016.

D'ALMEIDA, M. L. O.; VILHENA, A. (COORDENAÇÃO) *Lixo Municipal: Manual de Gerenciamento Integrado*. 2ª ed. São Paulo: IPT/CEMPRE, 2000.

DÍAZ, L. *et al.* *Solid Waste Management for Economically Developing Countries*. International Solid Waste Association and CalRecovery, Inc., 1996.

FONSECA, A. M.; GONZAGA, V. C. *Metodologia Para Auditoria De Serviços De Limpeza Urbana, Com Enfoque Nos Custos De Coleta De Resíduos Sólidos Urbanos*. Xi Simpósio Nacional De Auditoria De Obras Públicas (SINAOP). Foz do Iguaçu, 2006.

FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE - FUNASA. *Manual de Saneamento*. 3ª ed. rev. – Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2004.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. *Cidades@*. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br>>. Acesso em: jan. 2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. *Sinopse do Censo Demográfico 2010*. Disponível em: <<http://www.censo2010.ibge.gov.br/sinopse/index.php>>. Acesso em: jan. 2016.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA - IPEA. *Diagnóstico dos Resíduos Sólidos Urbanos – Relatório de Pesquisa*. Brasília, 2012.

LOPES, L. H. S.; FERRO, V. C. C. *Limpeza Urbana*. In: Revista do Tribunal de Contas do Estado de Minas Gerais. Belo Horizonte: Tribunal de Contas do Estado de Minas Gerais, v. 34, n. 1, jan./mar. 2016, p. 133-144. Disponível em: <<https://libano.tce.mg.gov.br/seer/index.php/TCEMG>>

LIMA, J. D., *Gestão de resíduos sólidos urbanos no Brasil*. Rio de Janeiro, RJ: ABES, 2001.

LIXO. *CONSULTING*. Disponível em: <<http://www.lixo.com.br>>. Acesso em: nov. 2016.

MANSUR, G. L.; MONTEIRO, J. H. R. P. *O Que É Preciso Saber Sobre Limpeza Urbana*. Rio de Janeiro: Centro de Estudos e Pesquisas Urbanas do Instituto Brasileiro de Administração Municipal. Disponível em: <<http://www.resol.com.br/cartilha>>. Acesso em: novembro. 2016.

MONTEIRO, José H. P.; ZVEIBIL, V. Z. (Coordenação) [et al.]. *Manual de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos*. Rio de Janeiro: IBAM, 2001.

MURTA, C. M. *et al.* *Auditoria Operacional dos Serviços de Coleta e Destinação Final de Resíduos Sólidos Urbanos: uma proposta metodológica e a experiência do TCE/RJ*. X Simpósio Nacional de Auditoria de Obras Públicas (SINAOP). Recife, 2005.

RIO DE JANEIRO. *Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos da Cidade do Rio de Janeiro – Base de Dados – Dez/2014*. Disponível em: <http://www.rio.rj.gov.br>. Acesso em: out. 2016.

RIO DE JANEIRO. *Lei nº 3.273, de 6 de setembro de 2001. Dispõe sobre a Gestão dos Serviços de Limpeza Urbana e dá outras providências*. Rio de Janeiro, 2001. Disponível em: < <http://www.camara.rj.gov.br/>>. Acesso em: nov. 2016.

RITTER, Elisabeth. *Resíduos Sólidos (Apostila)*. Volta Redonda: UNIFOA, 2003.

RODRIGUES, Waldecy; MAGALHAES FILHO, Luiz Norberto Lacerda; PEREIRA, Regiane dos Santos. *Análise Dos Determinantes Dos Custos De Resíduos Sólidos Urbanos Nas Capitais Estaduais Brasileiras*. URBE, Rev. Bras. Gest. Urbana, Curitiba, v. 8, n. 1, p. 130-141, abr. 2016. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2175-33692016000100130&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: jul. 2017.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE A GESTÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS - SINIR. *Consulta de Indicadores de Resíduos Sólidos Urbanos*. Brasília: Ministério das Cidades, 2017. Disponível em: <<http://sinir.gov.br/web/guest/consulta-de-indicadores-de-residuos-solidos>>. Acesso em: jun. 2017.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO - SNIS. *Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos – 2015*. Brasília: Ministério das Cidades: IPEA, 2017. Disponível em: <<http://www.snis.gov.br>>. Acesso em: jun. 2017.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO - SNIS. *Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos – 2012*. Brasília: Ministério das Cidades: IPEA, 2014. Disponível em: <<http://www.snis.gov.br>>. Acesso em: jun. 2016.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO - SNIS. *Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos – 2008*. Brasília: Ministério das Cidades: IPEA, 2010. Disponível em: <<http://www.snis.gov.br>>. Acesso em: nov. 2016.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO - SNIS. *Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos – 2007*. Brasília: Ministério das Cidades: IPEA, 2009. Disponível em: <http://www.snis.gov.br>. Acesso em: nov. 2016.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO - SNIS. *Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos– 2002*. Brasília: Ministério das Cidades: IPEA, 2004. Disponível em: <http://www.snis.gov.br>. Acesso em: nov. 2016.

TCHOBANOGLIOUS, G., THEISEN, H., VIGIL, S. *Integrated Solid Waste Management Engineering Principles and Management Issues*. McGraw-Hill, Inc., New York, 949 p. 1993.

TRIBUNAL DE CONTAS DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO – TCE/RJ. Manual de Auditoria Governamental do TCE-RJ. 1ª ed. Secretaria-Geral de Controle Externo. TCE/RJ, 2010.

TRIBUNAL DE CONTAS DO MUNICÍPIO DO RIO DE JANEIRO – TCM-RJ. *Relatório de Auditoria Operacional realizada no Programa Coleta de Lixo Domiciliar*. Rio de Janeiro, 2006.

TRIBUNAL DE CONTAS DOS MUNICÍPIOS DO ESTADO DE GOIÁS – TCM-GO. *Manual De Orientações Para Análise De Serviços De Limpeza Urbana - Versão maio/2016*. CÂNDIDO, E. S. (COORD.); CABRAL, M. D.; BORMA, V. S. Goiânia, 2016.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME - UNEP. *Solid Waste Management, v. 1*. International Environmental Technology Centre-IETC., dez. 2005.

WORLD BANK. *What a Waste – A Global Review of Solid Waste Management*. Urban Development Series – Knowledge Papers – N°15, 2012.