

Custo do transporte de resíduos sólidos urbanos em cidade de pequeno porte.

Luzenira Alves Brasileiro

Universidade Estadual Paulista – UNESP
Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – FEIS
Departamento de Engenharia Civil – DEC
Alameda Bahia, 550 CEP:15385-000 Ilha Solteira – SP
Telefone: (18) 3743-1216
E-mail: luzenira@dec.feis.unesp.br

SÍNTESE

A composição dos resíduos sólidos, tanto qualitativa como quantitativa, é um dado básico para o devido equacionamento do custo do transporte de resíduos. O custo do transporte dos resíduos sólidos pode ser classificado em: fixo e variável. O objetivo deste trabalho é determinar um equacionamento para o custo do transporte dos resíduos sólidos urbanos.

PALAVRAS-CHAVE: custo, transporte, resíduo sólido urbano

INTRODUÇÃO

O reflexo do consumo de bens materiais, agregado ao processo de urbanização está mostrado nos volumes cada vez maiores de resíduos gerados. Com o desenvolvimento dos estudos sobre a importância do tratamento do lixo para prevenção de doenças e para manutenção da saúde pública, algumas sociedades começaram a coletar o lixo e levá-lo para locais mais afastados.

O lixo urbano apresenta, em termos de composição qualitativa, componentes putrescíveis e recicláveis. A composição quantitativa dos resíduos sólidos urbanos varia de uma região para outra, inclusive entre os bairros de um mesmo município.

Os custos fixos são divididos em: custos relacionados com a frota, custos relacionados com instalações e equipamentos, custo de mão-de-obra e outros custos fixos. Os custos variáveis são proporcionais à utilização dos equipamentos. Estes custos podem ser divididos em: custo por quilômetro rodado e custo por hora de operação dos veículos.

O lixo não pode mais ser tratado com a mesma indiferença de épocas passadas, quando não era verdadeiramente um problema, seja pela menor quantidade gerada, seja pela sua própria constituição que facilitava sua absorção pela natureza.

Atualmente, a quantidade de lixo gerada no mundo tem sido grande e seu mau gerenciamento, além de provocar gastos financeiros significativos, pode provocar graves danos ao meio ambiente e comprometer a saúde e o bem-estar da população.

RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

O gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos é constituído por seis fases, que são: geração, acondicionamento, armazenamento, coleta, transporte e disposição final. A geração é a primeira etapa do gerenciamento de resíduos sólidos urbanos, o que acarreta grande influência em todas as outras etapas; pois, quanto maior é a quantidade de resíduo gerado maiores se tornam as preocupações e cuidados que devem ser tomados no seu manejo.

O acondicionamento é a etapa subsequente à geração e ao descarte do resíduo. O material rejeitado pode ser acondicionado em caixas, tambores ou sacos plásticos; sendo este último o mais comum.

O armazenamento compreende o confinamento dos resíduos em local seguro, após o acondicionamento em recipiente adequado; evitando acidentes, proliferação de insetos, poluição visual e poluição do ar.

A coleta dos resíduos é uma tarefa, geralmente, de responsabilidade do serviço público, cujo propósito é impedir o desenvolvimento de vetores transmissores de doenças que encontram alimento e abrigo no lixo.

Os resíduos sólidos precisam ser transportados mecanicamente do ponto de geração ao destino final. No transporte do lixo podem ser utilizados diferentes tipos de veículo, desde os de tração animal até caminhões dotados de carrocerias com compactadores.

A disposição final é a última fase do gerenciamento de resíduos. Esta etapa, juntamente com o transporte, se caracteriza pelo objetivo de evitar maiores danos ao meio-ambiente e reduzir os custos de operação do sistema.

O gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos de forma integrada consiste em articular ações financeiras e operacionais com base em critérios ambientais e econômicos, utilizando técnicas compatíveis com a realidade local.

Segundo Roviriego (2005), no Brasil, a responsabilidade pela gestão dos resíduos sólidos urbanos compete aos municípios que enfrentam dificuldades no setor, tal como o: despreparo técnico e gerencial do pessoal designado para acompanhar todas as etapas.

As dificuldades enfrentadas pelos municípios para operar um sistema eficiente de gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos provoca um alto custo de operação do sistema, principalmente na fase de transporte.

Os serviços de limpeza pública absorvem entre 7% e 15% dos recursos do orçamento municipal, dos quais 50% são destinados à coleta e ao transporte dos resíduos sólidos (SARKIS, 2000).

TRANSPORTE DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

O transporte dos resíduos sólidos urbanos é vinculado à programação operacional do sistema e à roteirização dos veículos de coleta. A programação operacional do sistema consiste na definição da frota, horários e locais da coleta. A roteirização dos veículos consiste na definição das rotas a serem seguidas pelos veículos no procedimento da coleta.

A roteirização de veículos para a coleta dos resíduos sólidos urbanos envolve o conhecimento da conectividade dos pontos a serem visitados e a distância entre os pontos consecutivos em toda a rede de transporte.

O problema de transporte a ser resolvido na roteirização de veículos para a coleta dos resíduos sólidos urbanos consiste em otimizar a função objetivo de três parâmetros, ou da combinação entre os três parâmetros, que são: quilometragem percorrida, tempo de viagem e custo do transporte.

Os resíduos sólidos urbanos devem ser transportados em veículos adequados. O transporte deve ser realizado segundo uma programação operacional, que define a frota e a roteirização dos veículos; especificando o período do serviço e a rota de cada veículo.

O transporte dos resíduos sólidos é do tipo muitos-para-um, ou seja, o veículo passa nos pontos de coleta (residências, locais de comércio e serviços) e conduz a um único ponto (local de disposição final).

A falta de um planejamento adequado para o transporte dos resíduos sólidos urbanos gera problemas para a população devido ao acúmulo de lixo nas calçadas, ruas e terrenos baldios, que propiciam a proliferação de vetores e maus odores.

De acordo com Leite *et al.* (2000), um planejamento adequado de transporte dos resíduos sólidos no Brasil deve ser efetivado com máxima urgência; definindo uma política de gerenciamento que assegure a melhoria continuada do nível de qualidade de vida da população urbana e promova práticas recomendadas para a saúde pública.

Segundo Brito (2006), os resíduos sólidos precisam ser transportados mecanicamente do ponto de geração ao destino final. No transporte dos resíduos podem ser utilizados diferentes tipos de veículo, desde os de tração animal até caminhões dotados de carrocerias com elementos compactadores.

Esta etapa pode diferir dependendo do tipo de resíduo, da localidade e da distância do ponto de coleta até seu destino final, da tecnologia disponível no ambiente de trabalho e dos custos.

CUSTO DE TRANSPORTE DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

Segundo SELUR (2001), os custos expressam os gastos operacionais diretos e indiretos do sistema de transporte dos resíduos sólidos urbanos. Os principais propósitos da otimização dos custos do serviço de transporte dos resíduos sólidos urbanos são: diminuir o custo por quantidade de resíduos coletado, diminuir a quilometragem total percorrida na coleta dos resíduos e aumentar a quantidade de resíduo coletado por quilômetro percorrido.

O serviço de coleta de resíduos sólidos urbanos provoca efeitos externos que podem gerar impactos positivos ou negativos na operação de transporte. Estes efeitos externos podem ser quantificados e inseridos na equação final dos custos de transporte.

Os impactos que podem ser quantificados e inseridos na equação final dos custos de transporte, segundo Oliveira e Reis (2002), são os seguintes: redução no consumo de matéria prima virgem, redução no consumo de água e energia, redução na emissão de gases, geração de empregos e valor das áreas utilizadas para local de destino final dos resíduos.

Os custos de transporte dos resíduos sólidos urbanos podem ser classificados em custo administrativo, custo de capital e custo operacional. O custo administrativo envolve as despesas com salários e serviços.

O custo de capital é constituído pelos custos de depreciação dos bens ativos e da remuneração de investimento do capital empregado. O custo operacional é função do desempenho do sistema.

O custo operacional pode ser dividido em custo fixo e custo variável. O custo fixo independe do nível de produtividade do sistema, tais como despesas com peças e acessórios. O custo variável é função da produtividade do sistema, tal como custo com consumo de combustível.

Há também outros componentes de custos do transporte de resíduos sólidos urbanos que caracterizam um estudo mais abrangente de custos de transporte, que são: custos de educação em todas as etapas do sistema de gerenciamento de resíduos sólidos urbanos e custos ambientais.

Segundo Roviriego (2005), a análise da roteirização e otimização dos sistemas de transporte dos resíduos sólidos urbanos é uma maneira de reduzir os custos do processo, que frequentemente é deficitário e de subsistência.

A composição dos resíduos sólidos urbanos, tanto do ponto de vista qualitativo como quantitativo, é um dos dados básicos para o devido equacionamento do custo e do transporte dos resíduos. O lixo urbano apresenta, em termos de composição qualitativa, componentes putrescíveis e recicláveis. A composição quantitativa dos resíduos sólidos urbanos varia de uma região para outra, inclusive entre os bairros de um mesmo município.

EQUACIONAMENTO PROPOSTO PARA O CUSTO DO TRANSPORTE DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

Os custos de transporte são divididos em custos fixos e variáveis, como mostra a Equação 1.

$$CT = CF + CV \quad (1)$$

Onde:

CT – Custos de transporte

CF – Custos fixos; e

CV – Custos variáveis.

Custo Fixo

O custo fixo é o custo existente em um serviço de transporte independentemente do nível de produção e é calculado segundo a Equação 2.

$$CF = (D + RI + D_{PA} + D_{PO} + D_A)F \quad (2)$$

Onde:

CF – Custo fixo;

D - Depreciação;

RI – Remuneração do investimento;

D_{PA} – Despesa com peças e acessórios;

D_{PO} - Despesa com pessoal de operação e manutenção;

D_A – Despesa administrativa; e

F – Frota.

A depreciação é o valor correspondente ao desgaste sofrido durante a utilização do ativo fixo no processo produtivo. A depreciação pode ser calculada pelo método linear através da Equação 3.

$$D = \frac{C_o - R}{N} \quad (3)$$

Onde:

D – depreciação

C_o – Custo original;

R – Valor residual; e

N – Vida útil.

A remuneração do investimento é correspondente ao valor dos juros que se ganharia, se o dinheiro utilizado na aquisição do bem estivesse aplicado à taxa livre de riscos no mercado de capitais. Através da Equação 4, calcula-se a remuneração de investimento.

$$RI = \left[\frac{C_o}{n} + \left(\frac{n-1}{n} \cdot \frac{(C_o + R)}{2} \right) \right] i \quad (4)$$

Onde:

RI – Remuneração do investimento;

C_o – Custo original;

n – Vida útil;

R – Valor residual; e

i - Taxa de juros vigente.

As despesas com peças e acessórios incluem complementos do veículo e pode ser calculada por uma porcentagem do custo original, como mostra a Equação 5.

$$D_{PA} = 0,0083C_o \quad (5)$$

Onde:

D_{PA} – Despesa com peças e acessórios; e

C_o – Custo original.

As despesas com pessoal de operação e manutenção incluem o pagamento de motoristas e ajudantes e é representada pela Equação 6.

$$D_{PO} = RP + ES \quad (6)$$

Onde:

D_{PO} - Despesa com pessoal de operação e manutenção;

RP – Remuneração de pessoal; e

ES - Encargos Sociais.

A remuneração de pessoal é calculada pela Equação 7.

$$RP = 13,3SP \quad (7)$$

Onde:

RP – Remuneração de pessoal; e

SP - Salário de pessoal.

As despesas administrativas incluem o Seguro Obrigatório, as despesas com pessoal administrativo e outras despesas; tais como: água, energia, telefone, etc. A despesa administrativa é calculada pela Equação 8.

$$D_A = SO + DP_{AD} + OD \quad (8)$$

Onde:

D_A – Despesa administrativa;

SO - Seguro Obrigatório;

DP_{AD} - Despesas com pessoal administrativo; e

OD - Outras despesas.

A Equação 9 mostra que as despesas com pessoal administrativo representam 10% das despesas com pessoal de operação e manutenção.

$$DP_{AD} = 0,1 D_{PO} \quad (9)$$

Onde:

DP_{AD} - Despesas com pessoal administrativo; e

D_{PO} - Despesa com pessoal de operação e manutenção.

As outras despesas, conforme a Equação 10 é constituída por uma porcentagem do custo original.

$$OD = 0,0017C_o \quad (10)$$

Onde:

OD - Outras despesas; e

C_o – Custo original.

Custo Variável

O custo variável é aquele que varia com a produção. Este custo é calculado conforme a Equação 11.

$$CV = (C_C + C_{OL} + C_R)Q \quad (11)$$

Onde:

CV – Custo variável

C_C - Custo de combustível;

C_{OL} – Custo de óleos e lubrificantes;

C_R – Custo de rodagem; e

Q – Quilometragem.

O custo de combustível é dado por quilômetro rodado, e é determinado pela Equação 12.

$$C_C = F_C \times P_C \quad (12)$$

Onde:

C_C - Custo de combustível;

F_C - Fator de consumo do combustível; e

P_C - Preço do combustível.

O custo com óleos e lubrificantes é composto pelos custos de óleo de cárter, caixa de mudança, diferencial, fluido de freio e graxa. O cálculo do custo de óleos e lubrificantes é feito pela Equação 13.

$$C_{OL} = F_{OL} \times P_{OL} \quad (13)$$

Onde:

C_{OL} – Custo de óleos e lubrificantes;

F_{OL} - Fator de consumo de óleos e lubrificantes; e

P_{OL} - Preço de óleos e lubrificantes.

O custo de rodagem é composto pelos custos de pneus, câmaras e protetores, como mostra a Equação 14.

$$C_R = \frac{4P_p + 8(P_{REC} + P_{CAM} + P_{PROT})}{Q} \quad (14)$$

Onde:

C_R – Custo de rodagem;

P_p - preço de pneu;

P_{REC} - Preço de recapagem;

P_{CAM} - Preço de câmara;

P_{PROT} - Preço de protetor; e

Q - Quilometragem

ESTUDO DE CASO

O estudo de caso foi feito para o sistema de transporte dos resíduos sólidos urbanos de uma cidade de pequeno porte, com aproximadamente 25.000 habitantes. Os dados foram coletados junto ao Setor de Transportes da Prefeitura Municipal.

Um cálculo do custo dos transportes dos resíduos sólidos da cidade em estudo foi realizado segundo o método de equacionamento proposto e outro cálculo do custo foi realizado segundo o método utilizado pela Prefeitura Municipal.

O valor dos custos do transporte de resíduos sólidos urbanos segundo o método da Diretoria de Manutenção e Serviços da Prefeitura Municipal foi maior do que o valor dos custos segundo o método de equacionamento proposto.

CONCLUSÕES

O valor do custo de transporte dos resíduos sólidos urbanos da cidade em estudo pelo método de equacionamento proposto é 14% menor do que o valor do custo de transporte pelo método da Diretoria de Manutenção e Serviços da Prefeitura Municipal.

A utilização do método de equacionamento proposto pode tornar o transporte de resíduo sólido urbano mais econômico. Portanto, pode-se concluir que o método de equacionamento proposto para o cálculo dos custos de transporte dos resíduos sólidos urbanos é viável e representativo da realidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRITO, R. A. F. **Uso de Sistema de Informação Geográfica para Análise do Transporte e Disposição Final dos Resíduos Sólidos**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2006, 200p.

LEITE, W. C. A.; SILVA, J. U. L.; CASTRO, M. C. A. e SCHALCH, V. **Gestão de Resíduos Sólidos - Arranjos Institucionais, Aspectos Legais e Mecanismos de Financiamento: A Experiência Brasileira**. SILUBESA – SIMPÓSIO LUSO-BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 9, Porto Seguro, **Anais...** UFBA, 2000. pp 20-31.

OLIVEIRA, L. B. e REIS, L. E. **Custos Externos da Coleta de Resíduos Sólidos Urbanos**. CONGRESSO BRASILEIRO DE ENERGIA, 9, Rio de Janeiro, **Anais...** COPPE, 2002. V.1, pp 144-151.

ROVIRIEGO, L. F. V. **Proposta de uma Metodologia para a Avaliação de Sistemas de Coleta Seletiva de Resíduos Sólidos Domiciliares**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes), Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2005. 191p.

SARKIS, L. F. P. G. **Resíduos de Serviços de Saúde em Cidades de Médio Porte: Caracterização de Sistema de Coleta e Aplicação de um Sistema de Informação Geográfica na Roteirização de Veículos de Coleta e Transporte**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes), Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2000. 216p.

SELUR – Sindicato das Empresas de Limpeza Urbana. **Estudo das Planilhas de Custo dos Serviços de Limpeza Pública**. Fundação Getúlio Vargas – FGV, Universidade de São Paulo – USP. 2001. 19p.