

**REVISTA  
DE**

**TRANSPORTE  
E  
TECNOLOGIA**

**9**

**JULHO DE 1992**

Í N D I C E

	Pág.
APRESENTAÇÃO .....	09
ARTIGOS .....	10
. DECISÕES COM MÚLTIPLOS CRITÉRIOS NO PLANEJA- MENTO PARTICIPATIVO Luiz Flávio Autran Monteiro Gomes Antonio Marcos Duarte Jr.....	11
. MÉTODO MULTI OBJETIVO PARA AVALIAÇÃO DE SISTE- MAS DE ESTACIONAMENTO Simin Jalali Rahnemay Rabbani Patrícia Bittencourt Tavares das Neves .....	26
. DESENVOLVIMENTO DE UM MODELO GRAVITACIONAL DE DISTRIBUIÇÃO DE VIAGENS QUE SATISFAZ RESTRI- ÇÕES EXTRAS DE FLUXO Ismael Ulyssêa Neto .....	38
. DESEMPENHO DO MODELO INSUMO-PRODUTO MULTIRRE- GIONAL NA PREVISÃO DA DEMANDA POR TRANSPORTE DE PASSAGEIROS: VERIFICAÇÃO PRELIMINAR NA CI- DADE DE SÃO CARLOS, S.P. José Aparecido Sorratini Eiji Kawamoto .....	56
. CUSTO DA COLETA DE LIXO X TECNOLOGIA E FRE- QUÊNCIA Edson Martins de Aguiar Antonio Clóvis Pinto Ferraz Antônio Nelson Rodrigues da Silva .....	71

9. SORRATINI, José Ap. Um modelo insumo-produto multir-regional aplicado à previsão de demanda por transporte urbano. São Carlos, 1991, 129p. Dissertação de Mestrado em Transportes, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

\*José Aparecido Sorratini - Professor do Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Uberlândia, M.G.

\*\*Eiji Kawamoto - Professor do Departamento de Transportes da Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, S.P.

CUSTO DA COLETA DE LIXO  
X  
TECNOLOGIA E FREQUÊNCIA

EDSON MARTINS DE AGUIAR\*  
ANTONIO CLÓVIS PINTO FERRAZ\*  
ANTÔNIO NÉLSON R. DA SILVA\*

RESUMO

Neste trabalho é feita uma avaliação da influência do tipo de tecnologia dos caminhões e do intervalo entre coletas no custo do transporte de lixo, com base em resultados teóricos obtidos através do modelo TRANSLIX, desenvolvido na Escola de Engenharia de São Carlos da USP. São analisadas seis tecnologias - obtidas através da combinação da capacidade dos caminhões e da existência ou não de compactador - para três diferentes intervalos entre coletas: 1, 2 e 3 dias.

1. APRESENTAÇÃO

O acelerado processo de urbanização da humanidade traz como consequência uma exigência crescente de serviços urbanos. Estes serviços incluem as diversas redes de infra-estrutura, tais como: água, esgoto, pavimento, energia elétrica, telefone e, além destas, os diversos tipos de transporte urbano. Nesta categoria, estão incluídos os transportes de passageiros (tanto público como privado) e de carga, que nas zonas urbanas englobam uma grande variedade de produtos - inclusive o lixo.

Como o transporte de lixo é um serviço indispen

SYSNO	839690
PROD	000054
ACERVO FESC	

st. 839690

sável nas cidades modernas, devem ser buscadas estratégias para reduzir os custos desta atividade, sem contudo sacrificar a eficácia com que o serviço é executado, principalmente por questões de higiene e saúde pública.

Neste trabalho é feita uma avaliação da influência do tipo de tecnologia dos caminhões e do intervalo entre coletas no custo do transporte de lixo, com base em resultados teóricos obtidos através de um modelo matemático, sendo analisadas seis tecnologias para três diferentes intervalos entre coletas: 1, 2 e 3 dias.

## 2. DESCRIÇÃO SUMÁRIA DO MODELO TRANSLIX

O modelo TRANSLIX - desenvolvido na Escola de Engenharia de São Carlos da USP - permite avaliar o impacto das características mais relevantes da cidade e do serviço de coleta no custo do transporte de lixo.

O modelo foi desenvolvido (AGUIAR & FERRAZ, 1990) para áreas urbanas de formato retangular, com sistema viário constituído de vias ortogonais e com áreas individuais de coleta de lixo com forma quadrada. Considerou-se as coletas realizadas a intervalos constantes e uma frota padronizada de veículos. A taxa de geração de lixo e as densidades populacionais foram supostas uniformes em toda a área urbana.

A Figura 1 mostra as características geométricas da cidade, onde são mostrados os lados X e Y do retângulo que compreende a área urbana e os lados "a" de cada uma das áreas de atendimento individual.

O modelo exige a definição do ponto localizado no contorno da cidade, que dá acesso ao local de disposição final do lixo, para determinação das distâncias percorridas no trajeto cidade-depósito e no percurso do ponto de acesso até as áreas individuais de coleta.

A distância percorrida dentro das áreas de coleta é avaliada em função da densidade da rede viária na quadrícula e de um coeficiente que relaciona a distância percorrida e o comprimento total das vias na área

de coleta. Conhecidas as distâncias percorridas pelos veículos em cada etapa do processo de coleta/transporte e os respectivos custos operacionais, é calculado o custo total da coleta de lixo.

## 3. RESULTADOS OBTIDOS ATRAVÉS DO TRANSLIX

A análise da influência do tipo de tecnologia (capacidade dos caminhões e existência ou não de compactador) e da frequência de coleta no custo do transporte de lixo foi feita para condições que podem ser consideradas representativas das cidades médias brasileiras. Foram consideradas cidades com forma quadrada (embora o modelo TRANSLIX permita analisar qualquer outra forma retangular), com acesso ao depósito de lixo distando 2 km de um dos vértices, densidade média bruta de 5.000 habitantes/km<sup>2</sup>, fator de geração de lixo igual a 0,005 m<sup>3</sup>/habitante/dia, distância de 5 km até o depósito de lixo, densidade viária de 20 km para cada km<sup>2</sup>, e uma relação entre a distância percorrida e o comprimento total das vias na área de coleta igual a 1,5.

As características das tecnologias consideradas na análise e os respectivos custos operacionais foram adotados de forma especulativa - porém com o máximo de racionalidade -, e encontram-se relacionadas no Quadro 1.

Quadro 1 - Características das tecnologias consideradas.

Tecnologia	Capacidade		Custos operacionais/Km (valores relativos)		
	Caminhões (m <sup>3</sup> )	Compactação (m <sup>3</sup> compactado /m <sup>3</sup> natural)	Na rodovia	No tráfego urbano	Na coleta
1	5	1	1,00	1,20	1,50
2	5	2	1,30	1,56	1,95
3	10	1	1,40	1,68	2,10
4	10	2	1,80	2,16	2,70
5	15	1	1,90	2,28	2,85
6	15	2	2,40	2,88	3,60

A avaliação do custo de cada uma das tecnologias citadas foi feita para os seguintes três intervalos entre coletas: diária, a cada 2 dias e a cada 3 dias.

Os resultados obtidos são mostrados nas Figuras 2, 3, e 4 para, respectivamente, intervalos entre coletas de 1, 2 e 3 dias.

Para ilustrar a influência exclusiva da frequência do serviço no custo do transporte de lixo, são mostradas na Figura 5 as curvas de custo do caminhão de 10 m<sup>3</sup> com compactador - tecnologia de menor custo em praticamente toda a gama de situações analisadas - para intervalos entre coletas de 1, 2 e 3 dias.

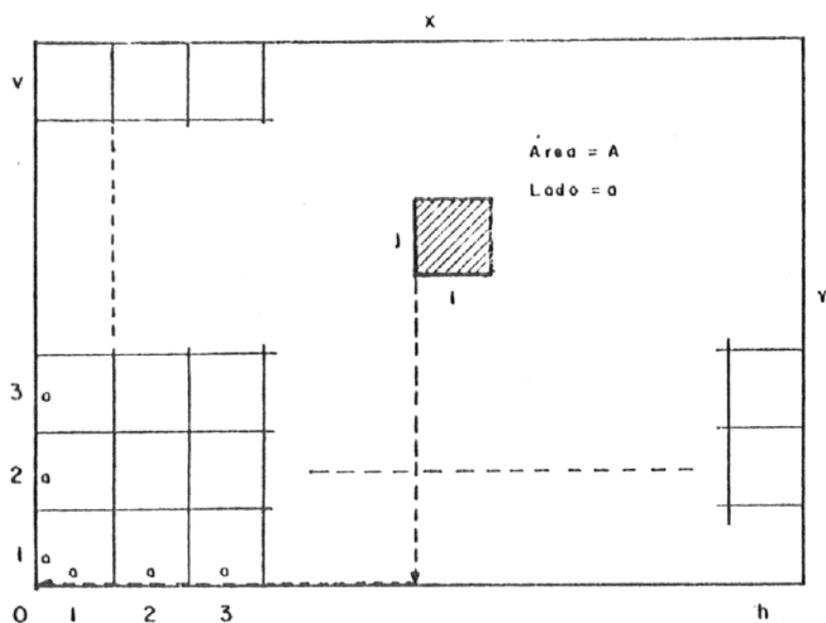


Figura 1 - Características geométricas da cidade e do sistema de coleta do lixo.

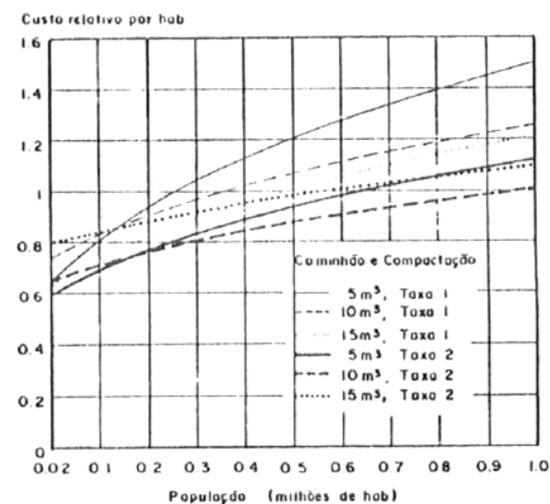


Figura 2 - Custo do transporte de lixo por habitante x população para diferentes tecnologias, com intervalo entre coletas de 1 dia.

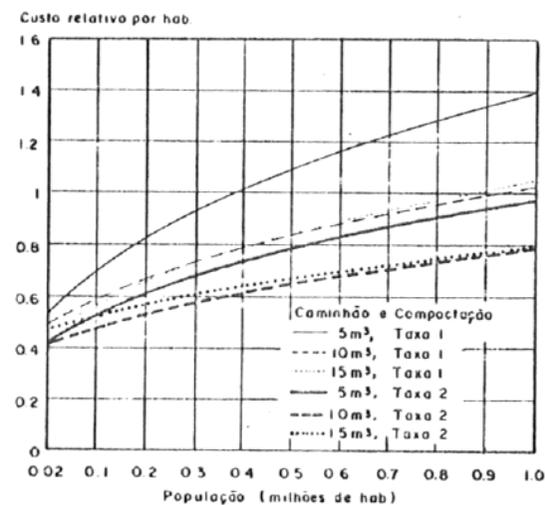


Figura 3 - Custo do transporte de lixo por habitante x população para diferentes tecnologias, com intervalo entre coletas de 2 dias.

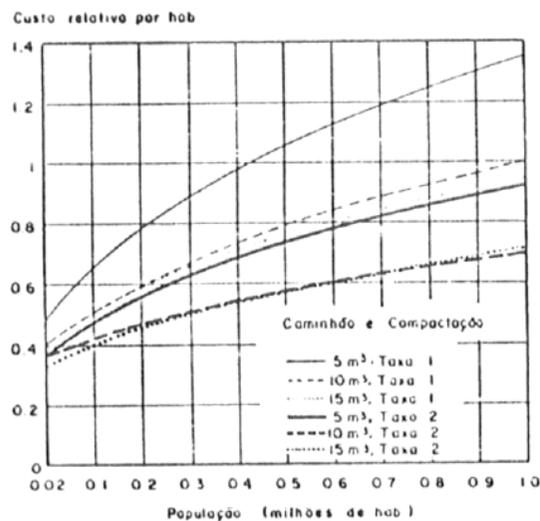


Figura 4 - Custo do transporte de lixo por habitante x população para diferentes tecnologias, com intervalo entre coletas de 3 dias.

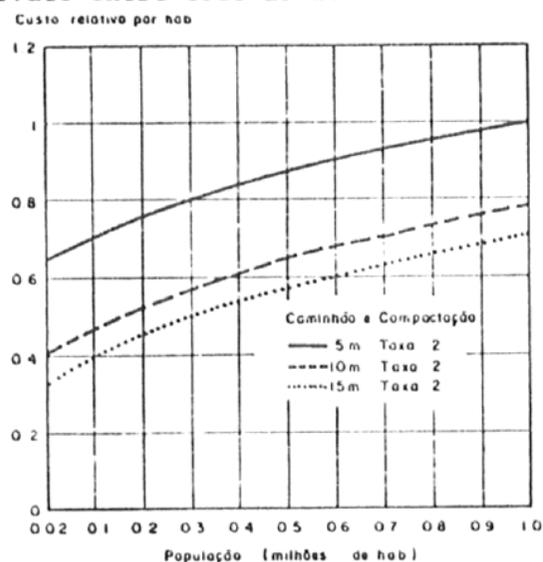


Figura 5 - Custo do transporte de lixo por habitante x população para diferentes intervalos entre coletas (caminhões de 10 m<sup>3</sup> com compactador).

#### 4. CONCLUSÕES

Os resultados teóricos obtidos com aplicação do modelo TRANSLIX, mesmo com a adoção de alguns dados especulativos, sugerem algumas observações relevantes, que serão colocadas a seguir.

Em primeiro lugar, a constatação do óbvio: os caminhões equipados com compactador apresentam resultados econômicos melhores do que os caminhões simples correspondentes. Por esta razão, nas considerações que se seguem, fica implícito que os caminhões citados são dotados de compactador.

Para coleta diária, o caminhão com capacidade de 5 m<sup>3</sup> é a tecnologia mais indicada para cidades com até cerca de 150 mil habitantes (todavia, a diferença em relação aos caminhões de 10 m<sup>3</sup> é insignificante). Daí em diante, até 1 milhão de habitantes, a tecnologia economicamente mais interessante é o caminhão de 10 m<sup>3</sup>.

No caso do intervalo entre coletas ser de 2 dias o caminhão de 10 m<sup>3</sup> é, até 1 milhão de habitantes, a tecnologia de menor custo.

Se, no entanto, a frequência é de 3 dias, o caminhão de 10 m<sup>3</sup> apresenta menor custo que o de 15 m<sup>3</sup> nas cidades até 300 mil habitantes (esta cifra e as posteriores são valores aproximados), entre 300 e 800 mil habitantes os custos dos dois caminhões praticamente se equivalem; e a partir de 800 mil habitantes o de 15 m<sup>3</sup> tem melhor desempenho econômico. Deixando de lado diferenças não representativas, é possível afirmar que, neste caso, os dois caminhões têm desempenho equivalente.

De maneira geral, portanto, o caminhão de 10 m<sup>3</sup> dotado de compactador é a tecnologia economicamente mais indicada nas cidades até 1 milhão de habitantes, qualquer que seja o intervalo entre coletas.

Assumindo, então, como melhor tecnologia o caminhão de 10 m<sup>3</sup> com compactador, é possível analisar a influência dos intervalos entre coletas no custo do trans

porte de lixo e, também, a influência do porte (população) da cidade (Figura 5).

Se a coleta for diária, o custo da coleta de lixo por habitante aumenta com o tamanho da cidade: passa de 0,65 nos núcleos urbanos pequenos para 1,00 nas cidades com 1 milhão de habitantes (acrécimo de 54%). Para intervalos de 2 dias entre coletas a mudança é de 0,41 para 0,78 (acrécimo de 90%), e para coleta a cada 3 dias, de 0,33 para 0,71 (acrécimo de 115%).

Diminuindo-se a frequência entre coletas e custo diminui, sendo o ganho mais significativo quando o intervalo entre coletas passa de 1 para 2 dias (o custo diminui em média 27%) do que quando passa de 2 para 3 dias (a redução média é 19%).

## 5. BIBLIOGRAFIA

- AGUIAR, E. M. & FERRAZ, A. C. P. Um modelo para avaliação da influência da forma e do porte da cidade no custo do transporte de lixo. IN: IV ENCONTRO NACIONAL DA ANPET. Porto Alegre, Associação Nacional de Pesquisa e Ensino em Transporte, 1990.
- CONSELHO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO URBANO. Limpeza pública. São Paulo, CETESB, 1979. 126 p.
- FERRAZ, A. C. P. & FELEX, J. B. Um modelo para avaliação da influência do porte da cidade no custo de transporte coletivo. IN: II ENCONTRO NACIONAL DA ANPET. São Paulo, Associação Nacional de Pesquisa e Ensino em Transporte, 1988.
- FERRAZ, A. C. P.; SILVA, A. N. R.; FELEX, J. B. Avaliação da influência da forma das cidades no custo do transporte coletivo. IN: III ENCONTRO NACIONAL DA ANPET. Salvador, Associação Nacional de Pesquisa e Ensino em Transportes, 1989.
- NOVAES, A. G. Engenharia urbana: contornos e perspectivas, Revista Politécnica, nº 192, 1986, São Paulo.

WILSON, D. C. Waste management: planning, evaluation and technologies. Oxford, Oxford University Press, 1981.

---

\* Edson Martins de Aguiar, Antonio Clóvis Pinto Ferraz e Antônio Nelson Rodrigues da Silva - Professores da Escola de Engenharia de São Carlos da USP.