

# 53 DIMENSIONAMENTO DE CAPACIDADE E MECANISMO DE PREÇOS NO REAPROVEITAMENTO DO LIXO

ARQUIVO TECNICO



10582



009430

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO  
SECRETARIA DE OBRAS E DO MEIO AMBIENTE  
COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL

**53 DIMENSIONAMENTO DE CAPACIDADE E MECANISMO DE PREÇOS  
NO REAPROVEITAMENTO DO LIXO**

CETESB - CIA. DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL  
BIBLIOTECA Prof. Dr. Lucas Augusto Garcez  
Av. Prof. Frederico H. B. de Azevedo, 100 - Finheiros  
05489-900 - SÃO PAULO - BRASIL

**10º CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL**

Manaus 21 a 26 de janeiro de 1979

promovido pela associação brasileira de engenharia sanitária e ambiental - abes - seção do Amazonas,  
sob os auspícios da abes - nacional

## DIMENSIONAMENTO DE CAPACIDADE E MECANISMO DE PREÇOS NO REAPROVEITAMENTO DO LIXO

- Pierre J. Ehrlich

- Consultor

---

### RESÍDUO SÓLIDO: OURO VERSUS LIXO MESMO

A remoção e a destinação apropriada dos resíduos sólidos urbanos é de responsabilidade das autoridades municipais. Entretanto, esta atividade requer um custo monetário elevado. A solução mais barata para o destino - o aterro sanitário - custa cerca de 50 cruzeiros/toneladas quando a operação é feita pelo próprio município e de cerca de 70 cruzeiros/toneladas quando a operação é feita por firmas empreiteiras.

A diferença corresponde a lucros e impostos pagos pelo empreiteiro. Entretanto, razões institucionais tornam o serviço das empreiteiras mais confiáveis e controlável de modo a convencer Prefeituras, como a de São Paulo, a utilizar esta alternativa. Estes custos são para o lixo posto no aterro e existindo disponibilidade de terra para cobertura.

Quando os locais disponíveis para aterros sanitários são distantes dos centros produtores de lixo, ou são de acesso difícil, os custos acima ficam consideravelmente acrescidos pelos custos de transporte - quer diretamente, quer através de estações de transbordo.

No decorrer destes tristes cálculos de custos para a destinação do lixo, sempre aparecem as soluções salvadoras da recuperação do lixo para uma atividade economicamente rentável. O lixo como fonte de matéria prima. Reciclagem de materiais, incineração com recuperação de vapor, incineração com geração de energia elétrica, pirólise com produção de óleo combustível, fermentação anaeróbia com produção de gás combustível, etc., são todas atividades que potencialmente comprariam o lixo para seu desempenho. Basta uma destas alternativas parecer promissora que os resíduos sólidos perdem o aspecto de lixo para começarem a parecer ouro - fonte de receita!

Das alternativas que utilizam resíduos como insumo, conhecidas e comprovadas hoje em dia, não podemos concluir que lixo seja ouro. Entretanto, em certas circunstâncias é possível reduzir substancialmente o custo de disposição final e simultaneamente prestar outros serviços para a sociedade. Este é o caso que desejamos explorar.

## O DONO DO LIXO

O dono do lixo é a Prefeitura ou a autoridade Metropolitana. Entretanto, ser o dono implica num custo e não num benefício. A Prefeitura procurará o esquema mais barato para se livrar do lixo em condições sanitárias. Para encontrar este "mais barato", têm-se feito diversos planos. O primeiro utilizar um modelo de Pesquisa Operacional data de 1974 e foi feito para o GEGRAN de São Paulo. Desde então, com pequenas variantes, modelos semelhantes têm sido muito empregados. Em linhas gerais, a aplicação destes modelos se inicia com a divisão da área a ser servida em "sub-áreas geradoras do lixo" às quais se associa um centro de massa (um centro para cada sub-área). A seguir, fazem-se os levantamentos dos locais potenciais para aterros, incineradores, usinas de composto e estações de transbordo. Também são elaboradas as estimativas de lixo produzido em cada centro de massa ao longo do tempo (no horizonte do plano) desagregando-se os dados em lixo domiciliar (incluindo varrição e feiras), lixo industrial (incluindo entulho, etc.) e lixo hospitalar.

A cada trajeto centro de massa → destino (final ou intermediário) associa-se um custo por tonelada que soma o custo do transporte com o custo de manipulação do lixo no destino. Analogamente para transbordo → destino final. Observam-se restrições tanto do tipo físico como do tipo sanitário:

- para cada centro de massa, todo o lixo domiciliar produzido tem que ser retirado indo ou para um aterro, ou para um incinerador, ou para uma usina de composto ou para uma estação de transbordo;
- para cada centro de massa, todo o lixo industrial produzido tem que ser levado para um aterro;
- para cada centro de massa, todo o lixo hospitalar produzido tem que ser levado para um incinerador;
- para cada instalação, quer seja incinerador, aterro, usina de composto ou estação de transbordo, todo o lixo que chega não pode ultrapassar uma certa capacidade máxima por dia;
- 40% do lixo que entra numa usina de composto tem que ser removido e levado quer para um incinerador ou um aterro;
- 15% do lixo que entra num incinerador tem que ser removido para um aterro que não precisa ser sanitário;
- todo lixo que entra numa estação de transbordo tem que sair para um incinerador, uma usina de composto ou um aterro.

A seguir, por meio de um programa de computador procuram-se os trajetos (e destinos) que minimizam o total de somatória dos lixos removidos vezes os seus custos. Utilizando ferramentas de análise selecionam-se as instalações a serem construídas, suas localizações e suas capacidades. Finalmente, a Prefeitura (ou autoridade metropoli-

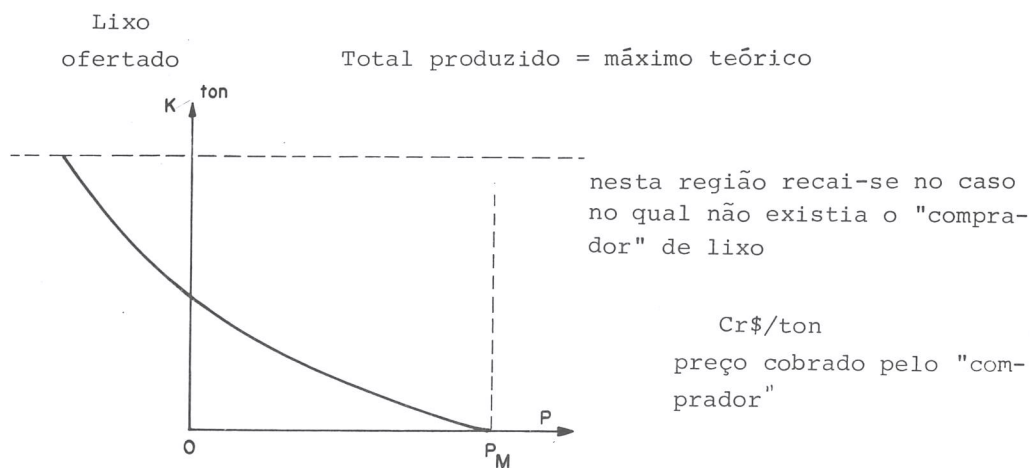
tana) tem um plano que, se bem feito, indica ao longo de um horizonte de planejamento, como dispor de seu lixo de maneira mais barata e satisfazendo os requisitos sanitários.

Agora, surge uma alternativa que não havia sido analisada - um "comprador" potencial para o lixo. As perguntas são:

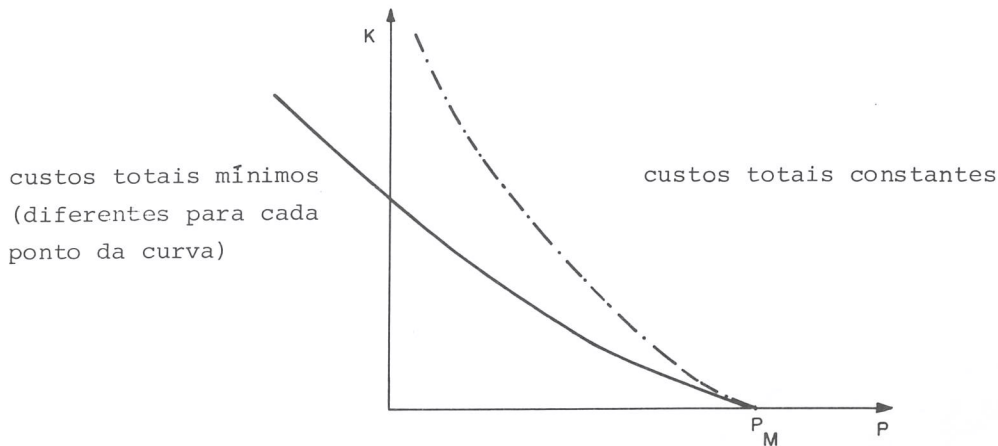
- como estabelecer um preço para o lixo?
- quanto lixo entregar ao comprador?
- de que centros levar o lixo para o comprador?

A localização geográfica deste comprador é de suma importância. Ele deverá se instalar numa área onde não haja a possibilidade da existência de alternativas baratas para o destino do lixo, tais como aterros sanitários. Os trunfos do comprador são os altos custos de transporte e de manipulação (em transbordo) e da incineração.

Se o comprador cobrar pouco (ou até mesmo pagar) para dar destino ao lixo, será vantagem para as autoridades públicas levarem o lixo de bem longe e a oferta do lixo para o "comprador" será bem grande. À medida que o "comprador" aumentar seu preço, ele passará a receber somente o lixo de mais perto e conseqüentemente um volume de lixo menor. O gráfico abaixo ilustra o acima exposto.

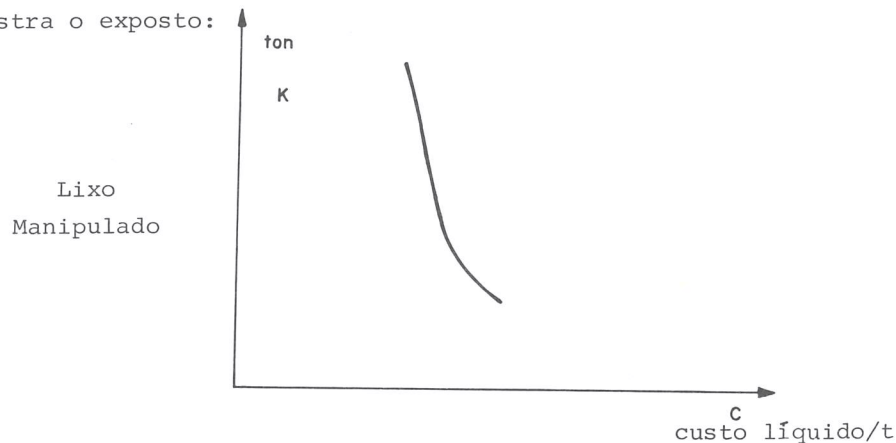


O gráfico acima supõe que as autoridades públicas escolham os melhores trajetos (inclusive abandono de instalações que se tornarem desnecessárias, tais como transbordos, incineradores, etc.) de modo a minimizar o seu custo total, levando em conta a existência da alternativa adicional e de levar o lixo para o "comprador". É evidente que o custo total mínimo com a alternativa adicional do "comprador" é menor que o custo total mínimo que existia antes do aparecimento do comprador. Assim, se as autoridades públicas fossem forçadas a levar lixo para o "comprador" de um modo que elas julgam anti-econômico, mas mantendo os gastos totais constantes e iguais à alternativa sem a existência do "comprador", a curva fica sendo a linha tracejada do gráfico abaixo:



#### O COMPRADOR DO LIXO

O comprador do lixo pode ser uma usina de compostagem (desde que haja mercado para seu produto), uma instalação de reciclagem de materiais, uma companhia de energia elétrica interessada no lixo como combustível para uma usina termoelétrica, uma companhia de gás interessada em digestores anaeróbicos. Todas estas atividades têm em comum o fato de apresentarem fontes econômicas de escala. Isto quer dizer que quanto maior o seu volume de atividades, menor será seu custo operacional por toneladas de lixo. O gráfico a seguir ilustra o exposto:



onde por custo líquido entendemos o custo operacional (o que inclui o retorno sobre o investimento) menos a receita oriunda da venda do bem recuperado do lixo (material, gás, energia elétrica) mas não inclui a receita do "comprador", ou seja, o pago pelas autoridades públicas para que o "comprador" aceite o lixo.

#### O PREÇO DO LIXO

Agora podemos juntar os gráficos e observar como para uma certa capacidade  $K_1$  de manipulação do "comprador", aparecem os valores:

$C_1$  = preço mínimo que o "comprador" deve cobrar para não ter prejuízo.

$P'_1$  = preço máximo que as autoridades públicas estariam dispostas a pagar se fossem forçadas a não se aproveitar de barateamento devido à existência do "comprador". Isto

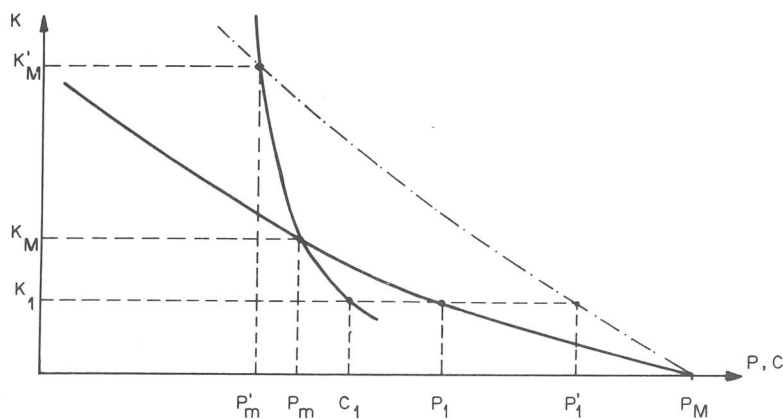
é, forçando as autoridades públicas a gastarem o orçamento previsto antes do aparecimento do "comprador".

$P_1$  = preço máximo que as autoridades públicas estão dispostas a pagar para fornecer  $K_1$  toneladas de lixo.

A margem de negociação de preço, tendo como limite uma imposição das autoridades públicas não exercerem pressão para diminuir seus gastos é o intervalo  $(C_1, P'_1)$ . A margem de negociação de preço com as autoridades públicas procurando minimizar seus custos é o intervalo  $(C_1, P_1)$ .

Se a capacidade for fixada em  $K_1$  e o preço em  $P_1$ , resulta:

- economia adicional para as autoridades públicas:  $K_1 \times (P'_1 - P_1)$
- lucro "extra" para o "comprador":  $K_1 \times (P_1 - C_1)$
- o preço não precisa ser fixado em  $P_1$ , mesmo que a capacidade seja  $K_1$
- explorando este gráfico é possível analisar diversas alternativas para preços e capacidade.



- a capacidade máxima para o projeto pode ser  $K_M$  ou  $K'_M$  dependendo do arranjo entre as autoridades públicas e o "comprador". Os preços correspondentes são  $P_m$  e  $P'_m$ .

#### CONCLUSÕES

O estabelecimento de preço por parte do "comprador" de lixo pode ser complexo e resultar em negociações demoradas. Se um Prefeito responder a um "comprador" que ele não quer pagar mais do que um certo valor por toneladas e à partir disto deixar seu departamento de Limpeza Pública encontrar o ponto de mínimo custo, o processo de negociação se dará sobre a linha cheia. Se o mesmo Prefeito responder que ele só não quer onerar os custos totais referentes à disposição do lixo, a negociação se dará sobre a linha tracejada.

#### OBSERVAÇÃO

Do ponto de vista computacional, a linha cheia pode ser obtida por meio da solução do "problema do transbordo" que é uma variante do clássico "problema do transporte" em Pesquisa Operacional. Para obter os vários pontos da linha cheia, basta minimizar os custos totais variando o valor  $P$  parametricamente.

Para se obter a linha tracejada, é preciso obter o valor do custo total no ponto  $P = P_M$  e a seguir fixar este valor como sendo o da função objetiva que passa, então, a tornar-se uma restrição. Para obter diversos pontos da linha tracejada, basta então, usar como nova função objetiva a maximização do lixo que chega ao "comprador" e variar, novamente,  $P$  parametricamente. Como referência sobre o assunto: Pierre J. Ehrlich - Pesquisa Operacional, curso introdutório - Editora Atlas, segunda edição, 1978, São Paulo.

ÍNDICE

Resíduo sólido: ouro versus lixo mesmo, 53.1

O dono do lixo, 53.2

O comprador do lixo, 53.4

O preço do lixo, 53.4

Conclusões, 53.5

Observação, 53.6