

# A UTILIZAÇÃO DE MÉTODOS QUANTITATIVOS NA RESOLUÇÃO DE UM PROBLEMA URBANO RELACIONADO COM O MEIO AMBIENTE

**Paulo Roberto de Paiva**

## **Resumo:**

*Em todas as áreas da produção existe, atualmente, a preocupação latente com o tratamento dos resíduos gerados pelos processos produtivos. Os motivos, por mais discrepantes que possam parecer, têm como finalidade o bem estar das futuras gerações na terra. A indústria, mediante pressões legais e de ambientalistas, além de seu próprio interesse na continuidade, está tomando gradativamente as medidas necessárias para a máxima eliminação dos resíduos, assim como a agricultura. Enquanto isso, o setor urbano caminha a passos lentos e gerando resíduos em quantidades cada vez maiores, recicláveis ou não, e depositando-os em aterros sanitários ou industriais, postergando o problema. Os países do primeiro mundo já se conscientizaram e passaram a desenvolver programas de coleta e reciclagem, minimizando os impactos presentes e futuros. Este trabalho refere-se a um caso típico de cidades brasileiras que já enfrentam ou enfrentarão muito em breve algum tipo de problema causado pelos resíduos urbanos, e procura o auxílio de métodos quantitativos para a resolução do mesmo, dadas suas restrições orçamentárias.*

## **Palavras-chave:**

**Área temática:** Custos em setores diversos: setor financeiros, setor ambiental, setor e setor internacional

## **A UTILIZAÇÃO DE MÉTODOS QUANTITATIVOS NA RESOLUÇÃO DE UM PROBLEMA URBANO RELACIONADO COM O MEIO AMBIENTE**

**Paulo Roberto de Paiva**- mestrando em contabilidade e controladoria.

Faculdade de Economia Administração e Contabilidade da Universidade de São Paulo

Rua Coronel Mariano de Mello nº 1011, Jardim Anhanguera, Ribeirão Preto – SP

Vínculo com a Instituição: aluno da pós graduação.

### **Resumo**

Em todas as áreas da produção existe, atualmente, a preocupação latente com o tratamento dos resíduos gerados pelos processos produtivos. Os motivos, por mais discrepantes que possam parecer, têm como finalidade o bem estar das futuras gerações na terra.

A indústria, mediante pressões legais e de ambientalistas, além de seu próprio interesse na continuidade, está tomando gradativamente as medidas necessárias para a máxima eliminação dos resíduos, assim como a agricultura. Enquanto isso, o setor urbano caminha a passos lentos e gerando resíduos em quantidades cada vez maiores, recicláveis ou não, e depositando-os em aterros sanitários ou industriais, postergando o problema. Os países do primeiro mundo já se conscientizaram e passaram a desenvolver programas de coleta e reciclagem, minimizando os impactos presentes e futuros.

Este trabalho refere-se a um caso típico de cidades brasileiras que já enfrentam ou enfrentarão muito em breve algum tipo de problema causado pelos resíduos urbanos, e procura o auxílio de métodos quantitativos para a resolução do mesmo, dadas suas restrições orçamentárias.

11. Custos em setores diversos: Setor Financeiro, Setor Ambiental e Setor Internacional

## **A UTILIZAÇÃO DE MÉTODOS QUANTITATIVOS NA RESOLUÇÃO DE UM PROBLEMA URBANO RELACIONADO COM O MEIO AMBIENTE**

### **Introdução**

A história antiga evidenciou que o homem lidava com a natureza em uma relação de reciprocidade, onde ambos conviviam pacificamente e com bastante harmonia.

Com a evolução dos tempos, movido por necessidades de defesa, alimentação e abrigo, aprendeu a lidar com os produtos a ele oferecidos pela natureza, transformando-os da melhor maneira possível, de acordo com suas próprias limitações. Por haver uma grande abundância de recursos, não existia a preocupação com os resíduos gerados nesse relacionamento, e sua característica nômade permitia sempre estar em contato com novos locais e novos recursos, de modo que seu uso não afetava os locais por onde passava.

O homem então passou a fixar-se em determinadas regiões, domesticar e criar animais e suas necessidades foram aumentando e se diversificando, passando a sentir a necessidade da posse, da demarcação de território e, conseqüentemente da defesa de seu “patrimônio”.

Com o crescimento da civilização, os bens anteriormente produzidos artesanalmente já não bastavam para suprir suas necessidades básicas de consumo, passando então a produzir em escala, aumentando assim a quantidade de produtos ofertados, e com eles os resíduos dos processos industriais e dos produtos consumidos.

### **Fontes de resíduos**

Entre os vários tipos de resíduos gerados pelos meios de produção ou consumo temos os resíduos industriais, agrícolas e os urbanos.

Devido a pressões legais, de ambientalistas e de consumidores, os produtores industriais estão dispensando uma grande atenção ao tratamento e prevenção aos resíduos gerados em suas atividades, visando a prevenção a desastres ecológicos e também a preservação da imagem da empresa.

Os produtores rurais procuram a integração de culturas como forma a reduzir o desperdício e aproveitamento dos resíduos, seja na agricultura, pecuária, ou ambos, obtendo resultados extremamente satisfatórios, enquanto que nos centros urbanos as reações vão aparecendo em um compasso reduzido, mais lento que os problemas.

### **Resíduos na agricultura**

A agricultura é uma grande produtora de resíduos, em sua maioria biológicos e reaproveitáveis, quase sempre inofensivos à saúde, mas podem, em determinados casos, serem altamente tóxicos ou nocivos, como é o caso das queimadas de cana na fase de preparação para a colheita, ocasião em que são geradas grandes quantidades de fuligem, que acabam por provocar altos índices de infecções no trato respiratório, superlotando os prontos-socorros das cidades circunvizinhas, atingindo principalmente as crianças e recém nascidos, além dos idosos.

## **Reciclagem de Resíduos na agricultura**

- Os resíduos agrícolas podem ser reutilizados na própria agricultura ou pecuária, e temos como exemplo as plantações de milho que, se colhidas ainda verdes podem servir de silagem para o gado, sendo acondicionados em locais apropriados e triturados por ocasião da entressafra;
- As cascas do café e do arroz podem ser utilizadas na preparação de adubos orgânicos para hortas;
- Cascas de amendoim e capim servem para forrar o galpão das granjas de frangos;
- As fezes de suínos que podem ser utilizadas na piscicultura, enquanto que as do gado como insumo na minhocultura;
- As cadeias de produção agrícola absorvem os resíduos, na forma de insumos, desde que bem direcionados, e podem ser considerados um grande fator de alavancagem na produção;

## **Resíduos na indústria**

Muitas são as formas de dejetos gerados pela indústria, tendo sua emissão na forma de resíduos sólidos, líquidos e também em forma de gases. Parte desses resíduos podem ser coletados no próprio processo produtivo, através de equipamentos e tratamentos adequados, de modo que sejam retidos e alguns até podem ter novo aproveitamento.

Tais controles e reaproveitamentos na produção e cuidados com o meio ambiente, fazem parte do conceito de desenvolvimento sustentável, que segundo Ribeiro<sup>1</sup>, “...deve viabilizar a coexistência entre economia e ecologia, sanando os problemas advindos da miséria que assola grande parte da população mundial, juntamente com a preservação, proteção e recuperação ambiental. Para tal, o “desenvolvimento sustentável” deve, ao mesmo tempo em que produz riquezas, proporcionar o mínimos riscos possíveis à saúde; limitar a utilização dos recursos naturais renováveis aos níveis de recomposição destes; ponderar ao máximo o emprego dos recursos naturais não renováveis; minimizar os efeitos nocivos de seu processo produtivo sobre o meio externo à empresa. Ao atender estes requisitos poderão ser atingidas as condições de “sustentabilidade”.

Existe hoje a preocupação das grandes empresas multinacionais em mobilizar-se na minimização dos efeitos poluidores que exercem sobre o meio ambiente, principalmente no que diz respeito às que atuam em atividades de risco de grandes acidentes com o meio ambiente, caso explícito das companhias petrolíferas.

Um passivo ambiental pode por em risco a continuidade da empresa, caso não seja montada uma estratégia de prevenção, algo muito mais barato que o passivo em si. Ainda Ribeiro<sup>2</sup>, em sua dissertação de mestrado, diz que “...a redução de agressões ambientais passa a ser considerada como meio de eliminação de custos para a empresa. Minimizar a produção de resíduos em qualquer processo produtivo implica utilizar maior potencial das matérias primas, além de danificar menos o meio ambiente: evitar penalidades da legislação ambiental; diminuir o risco de indenizações por danos a

---

<sup>1</sup> Ribeiro, Maisa, Contabilidade e Meio Ambiente. 1992, p.25.

<sup>2</sup> Ribeiro, Maisa, Contabilidade e Meio Ambiente. 1992, p.25.

terceiros; preservar a imagem da empresa junto à sociedade e, principalmente, perante clientes interessados no controle e preservação ambiental.”.

Os resíduos industriais podem ser reutilizados na própria indústria ou vendidos/cedidos a outras empresas e novamente utilizados, de modo a minimizar os possíveis danos a serem causados à natureza.

### **Reciclagem de Resíduos na indústria**

Algumas áreas da indústria aproveitam quase que totalmente os resíduos gerados em suas operações, como é o caso da indústria sucro alcooleira.

Tendo como insumo básico a cana, é uma grande produtora de resíduos industriais, e como exemplo de resíduo tratado pode-se citar o vinhoto da cana de açúcar, que antigamente era um grande poluidor de rios e hoje é reutilizado na própria produção da cana de açúcar; alguns resíduos da cana não necessitam de tratamento, como o bagaço, que pode ser utilizado na composição da ração de gado confinado; a torta de filtro é utilizada na minhocultura como insumo na alimentação das minhocas.

Alguns produtos são reciclados no próprio processo de produção, outros serão insumos em tipos de processos produtivos totalmente diferenciados e alguns somente serão reciclados ou se tornarão recicláveis após o consumo de parte ou do uso integral em alguma outra atividade, como o setor de serviços ou mesmo consumo doméstico.

### **A indústria e a reciclagem**

Assim como existe a reciclagem na indústria, existem também as indústrias de reciclagem, ou seja, empresas recicladoras, que partem do material utilizado e depois de tratamento específico e processo produtivo adequado recompõem as qualidades originais. Entretanto, nem todos os produtos recicláveis possuem as propriedades físico-químicas adequadas ao processo de modo que resultem em produtos de “primeira linha”, como por exemplo o papel.

Segundo Hopfenbeck<sup>3</sup>, do ponto de vista ecológico, a reciclagem é um passo positivo, pois minimiza o esgotamento dos recursos naturais, reduz as emissões e evita a necessidade de controle constante. Por exemplo, o reprocessamento de uma tonelada de alumínio requer apenas 5% da energia utilizada em sua extração inicial da bauxita. Para cada unidade de vidro usado apenas 0,2% de energia é utilizada na fusão.

Deve-se ter em mente que o tratamento de emissões também requer uma adição de trabalho, na forma de energia, e consome água. A reciclagem do vidro causa emissões próprias, como pó, enxofre, dióxido de carbono, óxido de nitrogênio e emissões sulfúricas. A água utilizada no processo é poluída com hidróxido de sódio e cloreto de sódio. Mesmo nos processos de reciclagem existem as emissões residuais, embora as escalas sejam variadas, e a matéria prima para tais processos partem, em sua maioria, dos resíduos urbanos.

### **Resíduos urbanos**

Nos países do primeiro mundo, nos últimos anos, a preocupação com o meio ambiente tornou-se assunto de absoluta prioridade, pois dada a restrição geográfica existente em alguns países, em pouco tempo não haveriam mais locais para depósito dos

---

<sup>3</sup> Hopfenbeck, Waldemar. The green management revolution. 1993, p.170.

resíduos urbanos. A saída então foi a adoção da política de maior aproveitamento possível dos resíduos, passando por algumas etapas:

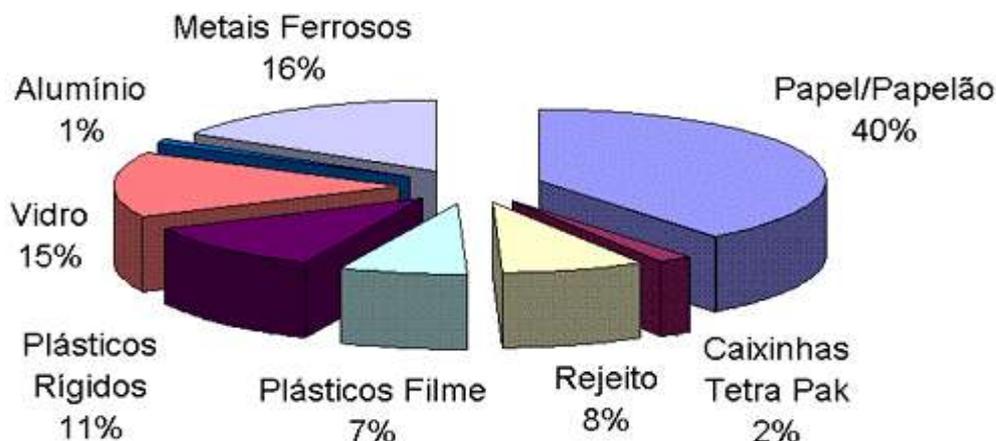
- Tratamento dos resíduos biológicos e respectiva transformação em gás e adubo.
- Reciclagem dos resíduos não biodegradáveis tais como papel, vidro, plástico etc..
- Investimento em tecnologia para a criação de produtos biodegradáveis, tais como plásticos produzidos a partir da cana de açúcar, que podem ser depositados em aterros sanitários sem comprometer futuramente a integridade do local, por serem degradáveis em tempo menor que os tradicionais.

Outra política seria a melhora da tecnologia na produção de embalagens, já que a maioria dos resíduos recicláveis servem a este fim.

A retenção da maior parte possível de embalagens dos produtos comprados para consumo, segundo relata Jöhr<sup>4</sup> com o exemplo da MIGROS, a maior rede de supermercados Suíça, que passou a exigir de seus fornecedores embalagens de materiais recicláveis e paralelamente veiculou uma campanha de esclarecimento aos consumidores, incentivando-os a se livrarem das embalagens desnecessárias logo na saída das lojas, onde foram colocados lixos seletivos, evitando assim levar o futuro lixo para casa.

O lixo Doméstico seletivo também é uma medida de baixo custo que pode auxiliar na resolução do problema, mas no Brasil esbarra em um problema sério, que é o da educação e conscientização. A separação dos resíduos, depois de agrupados, é trabalhosa e custa muito caro. Segundo o CEMPRE – Compromisso empresarial para a reciclagem, a coleta seletiva chega a custar cerca de dez vezes o valor da coleta normal de lixo.

Os resíduos urbanos, por apresentarem-se em recipientes onde são misturados vários tipos de resíduos, torna muito caro e trabalhoso a coleta e posterior separação para o poder público, que acaba por depositá-lo em aterros sanitários, onde, com o passar do tempo podem liberar substâncias tóxicas e contaminar os lençóis freáticos. O gráfico a seguir refere-se a uma pesquisa realizada entre 1993 e 1994 pelo CEMPRE – Compromisso empresarial para a reciclagem de São Paulo – SP, mostrando os percentuais de resíduos que compõem a massa coletada para separação e reciclagem.



Fonte: CEMPRE.

<sup>4</sup> Jöhr, Hans. O verde é o negócio 1994, p.70.

## Os resíduos urbanos e seus efeitos

Os resíduos urbanos provocam grandes e fortes efeitos nas circunvizinhanças e nos espaços internos das áreas urbanas, principalmente as não habitadas. Um dos pontos que deve-se ressaltar é o que diz respeito à educação da população de determinada área urbana e os programas institucionais para que a visão do indivíduo a respeito do meio ambiente seja melhorada, pois segundo Ribeiro<sup>5</sup> "os indivíduos tratam o meio ambiente conforme o valor e o significado que este tem para eles. O valor e o significado evoluem no tempo e de acordo com os conhecimentos adquiridos e desenvolvidos por estes indivíduos."

Um dos grandes problemas advindos dos resíduos urbanos não coletados por serem atirados nas ruas ou é o que diz respeito aos materiais não degradáveis ou com tempo de degradação muito longo. Como principais entre tais subprodutos podemos citar os PET (garrafas plásticas de refrigerantes), o alumínio (latas), as embalagens plásticas em folhas (embalagens diversas de saco plástico, como saquinhos de leite etc.), e os diversos tipos de papéis, tais como papel ondulado (papelão), jornais e papéis de escritório. Estes resíduos provocam entupimento das caixas coletoras de águas das chuvas, as chamadas "boca de lobo", causando enchentes e inundações.

O incentivo ao surgimento de empresas de reciclagem, sucateiros e centros de coletas, separação e preparação do material para a reciclagem de grande parte do lixo urbano ajudaria a diminuir a quantidade dos mesmos e serviria também para recuperação e nova utilização.

## O problema da enchente

Premissas básicas.

Baseando-se em dados obtidos junto ao CEMPRE<sup>6</sup>, coletados entre 1993 e 1994, em pesquisa realizada, onde foram estudadas as coletas seletivas de oito municípios brasileiros: Curitiba, Florianópolis, Porto Alegre, Salvador, Santo André, Santos, São José dos Campos e São Paulo, decidiu-se adotar, para finalidade de desenvolvimento do estudo, um número absoluto fictício, mas guardando-se as devidas proporções com a realidade da pesquisa, com exceção dos rejeitos, que não foram considerados, passando seu percentual a ser dividido entre outros itens.

Os dados relativos aos problemas causados pelos resíduos às galerias e bocas de lobo quando da coleta de água das chuvas foram colhidos no DAERP – Departamento de água e esgotos de Ribeirão Preto, e os dados relativos aos resíduos recicláveis depositados em aterros sanitários obtidos junto ao DURSARP – Departamento de Urbanização e Saneamento de Ribeirão Preto, sendo utilizados os considerados principais para a consecução deste trabalho.

Os valores atribuídos ao comércio das sucatas ou resíduos recicláveis são os valores praticados atualmente na cidade de Ribeirão preto pelos Sucateiros (chamados ferros-velhos), tomados pela média de 4 dos 6 empresários do ramo cadastrados no CEMPRE - compromisso empresarial para a reciclagem, com sede em São Paulo - SP.

---

<sup>5</sup> Ribeiro, Maisa. 1992. P.01.

<sup>6</sup> CEMPRE – Compromisso empresarial para a reciclagem, 1999.

Os valores de dotação orçamentaria, os índices de melhoramento das coletas e as quantidades inicialmente adquiridas pelos sucateiros foram elaborados exclusivamente para a finalidade didática de resolução do caso, de modo a tentar a aproximação máxima da realidade.

Os dados relativos ao interesse pela coleta de determinados resíduos recicláveis por parte dos “catadores” e associações comunitárias foram estipulados com base nos preços reais e informações relevantes dos sucateiros, onde alguns resíduos apresentam um maior dispêndio de tempo e o retorno financeiro é muito menor que outros itens, por apresentarem volumes maiores e pesos relativos menores, como é o caso das garrafas PET.

A comercialização é feita com base no peso dos resíduos, independente do volume. Alguns produtos, apesar de apresentarem preços menores, possuem uma menor dificuldade de obtenção, como é o caso dos papéis de escritório, que normalmente concentram-se em quase a totalidade dos recipientes de lixo das empresas de serviços e comerciais, tendo sua coleta facilitada e o retorno baseado no volume e consequente peso obtidos.

Outros produtos, como o alumínio, por apresentarem um preço maior, são naturalmente procurados com maior frequência, dispensando maiores atenções no presente estudo.

Em suma, a maior preocupação foi com os itens que apresentam um volume grande, peso específico pequeno e maior dificuldade de coleta, além de serem os principais causadores de problemas para a cidade.

### **O caso de Enchentópolis**

A grande maioria dos resíduos urbanos de Enchentópolis é recolhida e depositada em aterros industriais, mas sem a separação do que é degradável a curto prazo sem efeitos nocivos ao meio ambiente ou não, e do que é poluente ou apresenta-se potencialmente como futuro poluente.

Uma parte dos resíduos, porém, não é coletada devido ao fato de serem atiradas nas ruas ou em terrenos baldios, acabando por acarretar vários tipos de problemas, tais como entupimento das “bocas de lobo” (aberturas existentes nas guias de sarjeta para coleta de águas das chuvas), provocando alagamentos urbanos, algo muito comum em nossos dias.

A companhia municipal que coleta os resíduos urbanos calcula que a produção média de resíduos recicláveis da área urbana da cidade é aproximadamente de 2.000.000kg por ano, dos quais a metade são coletados e separados por pessoas da população que vivem de tal atividade, os “catadores”, e também pelas associações comunitárias através de incentivo aos moradores de seus respectivos bairros.

A tabela a seguir ilustra a situação atual:

| Lixo reciclável gerado na cidade em kg/ano – estimativa do departamento de água e es |              |                 |         |                      |         |         |                   |                 |          |           |
|--|--------------|-----------------|---------|----------------------|---------|---------|-------------------|-----------------|----------|-----------|
|  | Garrafas PET | Sacos plásticos | Papelão | Embalagens Tetra Pak | Jornais | Vidros  | Papéis escritório | Metais ferrosos | Alumínio | Totais    |
| Em kg/ano  | 260.000      | 140.000         | 300.000 | 60.000               | 400.000 | 300.000 | 100.000           | 320.000         | 120.000  | 2.000.000 |
| % sobre o total  | 13%          | 7%              | 15%     | 3%                   | 20%     | 15%     | 5%                | 16%             | 6%       | 100%      |
| Coleta seletiva praticada/kg   | 40.000       | 50.000          | 75.000  | 29.000               | 250.000 | 180.000 | 80.000            | 200.000         | 100.000  | 1.004.000 |
| % /item específico   | 15%          | 36%             | 25%     | 48%                  | 63%     | 60%     | 80%               | 63%             | 83%      | 50%       |

Tabela 1

A prefeitura da cidade de Enchentópolis está tendo anualmente um desembolso muito alto com despesas de limpeza e manutenção das bocas de lobo e galerias, assim como com o volume muito alto de resíduos sólidos não degradáveis misturados ao lixo comum e, resolveu então, que deveriam ser adotadas algumas medidas que reduzissem o volume dos resíduos não biológicos a irem para o aterro em pelo menos 10%, mas com a preocupação maior em retirar de circulação uma parcela significativa dos principais causadores dos entupimentos das bocas de lobo e galerias, que são, em ordem de prioridade:

**Garrafas de Polietileno – PET** – refrigerantes, água mineral, sucos etc..

Apenas 15% dos 260.000kg gerados por ano são coletados seletivamente, sendo os 85% restantes destinados ao aterro sanitário ou atirados em terrenos baldios ou nas ruas, sendo o primeiro colocado em problemas de entupimentos. O departamento de água e esgotos calcula que se a coleta seletiva fosse ampliada dos atuais 15% para 30%, um grande progresso seria obtido logo no primeiro ano e a quantidade em kg depositadas no aterro sanitário seria também reduzida.

**Sacos plásticos** – sacos de lixo, saquinhos de leite, filmes de PVC.

36% dos 140.000kg gerados na cidade são coletados seletivamente, ficando os 64% restantes com o mesmo destino das garrafas de PET, sem contar que, na maioria das vezes, estes sacos são atirados em terrenos baldios cheios de outros tipos de lixo, causando problemas não somente relativos às enchentes como também seu conteúdo acaba por atrair moscas, ratos e outros insetos. Os cálculos do departamento de água e esgotos acredita que se fosse ampliada a coleta seletiva em 14%, passando a representar 50% da geração, também seria satisfatório para o ano inicial do programa.

**Papelão** – caixas de sapatos, embalagens de sabão em pó, gelatinas, frutas entre outras.

A quantidade de papelão coletada atualmente na cidade é de 25% dos 300.000kg gerados, sendo o restante depositados em aterros ou em terrenos baldios. O departamento estima que se forem ampliados para 33%, parte dos problemas teriam também, a curto prazo, encontrado uma solução.

**Embalagens Tetra Pak** – embalagens de leite longa vida, sucos, chás e derivados do leite, entre outros.

48% dos 60.000kg gerados pela cidade são coletados seletivamente, indo para o aterro ou atirados a céu aberto os 52% restantes. O departamento acredita que se houver um aumento de 10% na coleta seletiva, seria em muito melhorada a problemática dos entupimentos, pois como os itens anteriores, estas embalagens não se degradam facilmente, pois possuem uma camada plástica e outra de alumínio.

### **Outros resíduos**

- Os principais resíduos recicláveis, em termos de prejuízos ao departamento são estes quatro, sendo que os restantes também são prejudiciais, mas possuem alguns atenuantes, quais sejam:
- Os resíduos de alumínio são muito procurados por apresentarem um bom valor de comercialização;
- Os “papéis de escritório” são encontrados em grandes quantidades, compensando assim seu baixo preço, assim como ocorre com os jornais;
- Os metais ferrosos possuem um grande peso relativo que compensam também seu preço baixo;
- Os recipientes de vidro descartáveis acabam por merecer um cuidado maior, principalmente pelo risco de acidentes;

Como primeira medida, foi resolvido que o engenheiro responsável pela área de esgotos deveria dar prioridade aos recipientes jogados nas ruas, pois já existiam os “catadores de papel” que, mediante algum tipo de incentivo passariam também a se interessar pelos outros resíduos. Também aproveitando tal projeto, os centros comunitários deveriam incentivar os moradores de seus bairros a efetuarem a separação dos resíduos em embalagens diferenciadas, que seriam vendidas aos ferro velhos (sucateiros) e o dinheiro ficaria com os centros comunitários, revertendo aos próprios moradores, através de benefícios adequados às suas necessidades e reduzindo o volume do material a ser depositado no aterro sanitário.

### **O programa de incentivo**

Com base nas estimativas colocadas na tabela 1 serão definidas as prioridades na distribuição dos valores para cada item a ser incentivado no programa da coleta.

A prefeitura efetuou gastos na ordem de R\$ 400.000 no exercício anterior com a limpeza de bocas de lobo e galerias, e pretende destinar uma quantia equivalente a 50% no próximo exercício para um incremento na coleta a ser realizada pela própria população, sem arcar com os gastos de separação dos resíduos recicláveis do lixo comum.

No entanto, um estudo realizado com base nas coletas seletivas em outros municípios forneceu subsídios para o cálculo de quanto custaria para a prefeitura a coleta por kg de resíduo reciclável, que seria em torno de R\$ 4,00/kg. Para que se implementasse a meta de reduzir os resíduos sólidos recicláveis depositados no aterro sanitário em pelo menos 10%, ou seja, coletar seletivamente mais 100.000 kg custaria para o município em torno de R\$ 400.000.

Dispostos a gastar apenas os R\$ 200.000 anteriormente dotados pelo orçamento, optou-se, pela estratégia de incentivo à coleta pelos municípios interessados mediante o planejamento de incentivo à coleta.

Ficou estabelecido que o sucateiro pagaria 85% a mais por kg coletado, que caberia à prefeitura o pagamento. Porém, após conversar com o sucateiro o engenheiro foi alertado para o fato de que alguns resíduos recicláveis são mais trabalhosos que outros quando da coleta e pediu ao mesmo que conversasse com o contador da prefeitura para que achasse um valor escalonado adequado de incentivo para cada produto, de modo que não ultrapassasse o valor estabelecido pelo orçamento e mesmo assim estimulasse as pessoas a praticarem a coleta.

O sucateiro passaria a oferecer pelos resíduos recicláveis um valor diferenciado aos catadores, parte paga por ele (que continuaria pagando o mesmo valor) e parte paga pela prefeitura, a título de incentivo. Passaria ainda a desembolsar o mesmo valor pelos resíduos recicláveis, mas aumentaria seu giro e poder de negociação, pois poderia, no caso de alguns produtos, vender diretamente para as indústrias de reciclagem eliminando o intermediário, o que lhe traria um razoável aumento nas margens.

Foi estabelecido uma relação de dificuldade de coleta de resíduos:

Por preço:

Devido aos valores pagos pelo sucateiro, a ordem de interesse dos catadores é a seguinte:

- 1) alumínio R\$ 0,50
- 2) sacos plásticos R\$ 0,18
- 3) embalagens tetra pak R\$ 0,10
- 4) garrafas PET R\$ 0,10
- 5) vidro R\$ 0,10
- 6) papéis escritório (branco) R\$ 0,06
- 7) jornais R\$ 0,05
- 8) papelão R\$ 0,05
- 9) metais ferrosos R\$ 0,03

A partir destas informações, o contador passou a trabalhar o problema de modo a otimizar o pagamento dos incentivos, já que o interesse do departamento de água e esgoto da cidade obedecia a seguinte ordem:

- 1) garrafas PET
- 2) sacos plásticos
- 3) papelão
- 4) embalagens tetra pak
- 5) jornais
- 6) vidros
- 7) papéis de escritório
- 8) metais ferrosos
- 9) alumínio

O contador começou a elaboração de uma tabela decrescente de interesses, para que os valores atribuídos pudessem oferecer atrativos para a coleta. Conversou novamente com o sucateiro e pediu-lhe que sugerisse preços que interessassem aos catadores. O sucateiro sugeriu então que:

- pelas garrafas PET, as que mais interessavam incrementar a coleta, fosse pago já com incentivo, pelo menos o valor oferecido atualmente pela vedete da coleta, o alumínio (R\$ 0,50).
- Para cada item subsequente da tabela de interesses da prefeitura, os valores deveriam decrescer.
- Para os itens que a preferência dos catadores já existia, não seria necessária a adoção de incentivos, como era o caso do alumínio, dos metais ferrosos, e para outros que, apesar de terem um custo baixo a procura e a facilidade de coleta eram grandes, os incentivos poderiam ser menores.
- A atenção deveria ser voltada para os itens que realmente significavam prioridade.

Com sua máquina HP12C o contador passou então a fazer os cálculos, mas não conseguia chegar a nenhum resultado que satisfizesse quaisquer das prerrogativas do emaranhado de dados.

Conversou então com o engenheiro, que lhe sugeriu o uso de pesquisa operacional. Como não conhecia muito bem do assunto, resolveu então tomar conhecimento do que seria, já que o ajudaria a resolver toda a problemática.

## **Pesquisa Operacional**

Segundo Andrade<sup>7</sup>, “A pesquisa operacional é uma metodologia administrativa que agrega, em sua teoria, quatro ciências fundamentais para o processo de análise e preparação de uma decisão: a economia, a matemática, a estatística e a informática.” O autor relata que seu surgimento deu-se na Segunda Grande Guerra, onde os pesquisadores procuravam desenvolver métodos para resolver determinados problemas de operações militares. Sua principal característica é a do uso de conhecimentos científicos por equipes interdisciplinares, no esforço de determinar a melhor utilização de recursos limitados, o que lhe deu um novo enfoque aos problemas de decisão das empresas – o enfoque sistêmico.

Mesmo em problemas onde a complexidade aparentemente não possui grande peso e intuitivamente consegue-se deduzir o que se fará e quais efeitos surgirão como consequência, há a necessidade da formulação mental de qualquer modelo. Conforme as necessidades e especificações vão aumentando, é impossível que se consiga estimar as implicações que uma simples decisão pode vir a ter sobre o contexto futuro, de forma lógica e ordenada. A pesquisa operacional auxilia na construção e planificação de modelos que possam expressar um problema, de modo que se possa analisar e compreender a situação. Para tanto, dispõe de dois tipos de modelos, os de simulação – onde se procura oferecer uma representação do mundo real como o objetivo de permitir a geração e análise de alternativas antes que sejam de fato implantadas; e os de otimização, que não permitem flexibilidade, sendo estruturados para selecionar uma opção, seja de maximização ou minimização a ser considerada otimizada do problema, baseada em critérios, encontrando a melhor alternativa através de análise matemática.

---

<sup>7</sup> Andrade, Eduardo Leopoldino de.1990.

## Procedimentos para desenvolvimento do problema

Os passos para a resolução de um problema são os seguintes:

- a) Definição do problema, reconhecendo-o e indicando a melhor solução;
- b) Identificação das variáveis relevantes;
- c) Formulação da função-objetivo;
- d) Formulação das restrições;
- e) Escolha do método matemático de solução;
- f) aplicação do método de solução;
- g) avaliação da solução.

Como nosso problema já foi anteriormente definido e detalhado, passaremos à identificação das variáveis relevantes, que nada mais são, em nosso caso, que os valores a serem pagos como incentivo e as quantidades a serem coletadas.

### Formulação da Função objetivo:

A função objetivo tem como meta maximizar a quantidade de resíduos recicláveis coletados, mediante pagamento de incentivo.

$Q_{total} = \sum (Q_{inicial} + Q_{incentivo})$ , onde  $Q_{incentivo} = (R\$_{incentivo} \times \text{nota atribuída a cada item})$

Ou seja,

$$Q_{total} = Q_{Pt} + Q_{Sp} + Q_{Pp} + Q_{Tp} + Q_J + Q_v + Q_{Pe} + Q_{Mf} + Q_{Al}$$

Onde:

$Q_{Pt}$  = quantidade de embalagens PET em kg.

$Q_{Sp}$  = quantidade de sacos plásticos em kg.

$Q_{Pp}$  = quantidade de papelão em kg.

$Q_{Tp}$  = quantidade de embalagens tetra pak em kg.

$Q_J$  = quantidade de jornais em kg.

$Q_v$  = quantidade de vidros em kg.

$Q_{Pe}$  = quantidade de papéis de escritório em kg.

$Q_{Mf}$  = quantidade de metais ferrosos em kg.

$Q_{al}$  = quantidade de alumínio em kg.

Os pesos foram atribuídos segundo a ordem de prioridade da coleta, em ordem decrescente, ou seja:

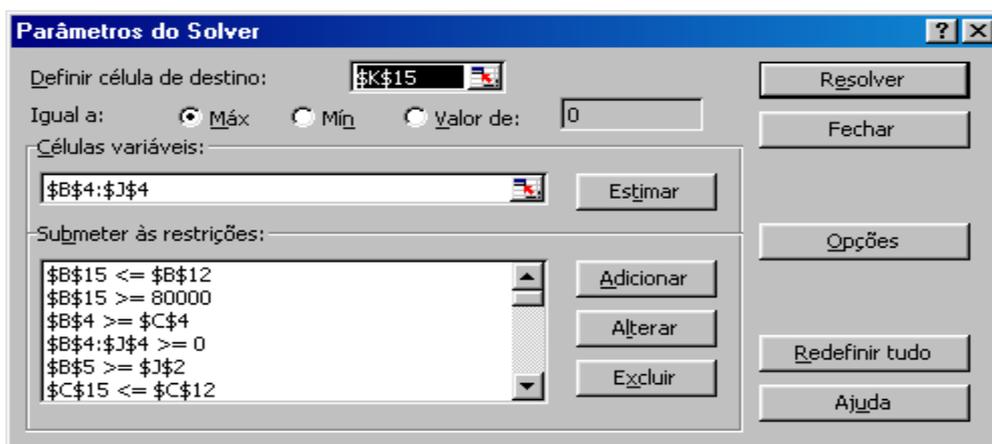
|   | Garrafas PET | Sacos Plásticos | Papelão | Embalagens tetra pak | Jornais | Vidros | Papéis escritório | Metais ferrosos | Alumínio |
|---|--------------|-----------------|---------|----------------------|---------|--------|-------------------|-----------------|----------|
| Fator de multiplicação por R\$ de incentivo | 100.000      | 90.000          | 80.000  | 70.000               | 60.000  | 50.000 | 40.000            | 30.000          | 10.000   |

O valor disponível para o incentivo é de R\$ 200.000, e pretende-se com o mesmo a maximização das quantidades a serem coletadas, obedecendo às seguintes restrições, anteriormente colocadas:

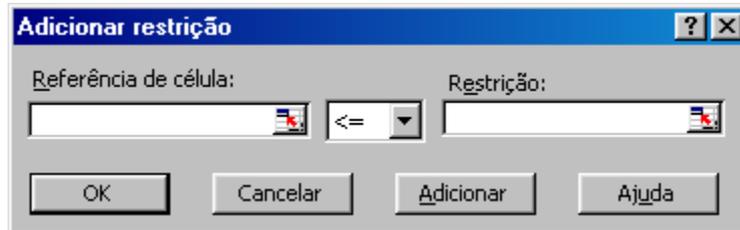
|   | Garrafas PET | Sacos plásticos | Papelão | Embalagens tetra pak | Jornais | Vidros  | Papéis escritório | Metais ferrosos | Alumínio | Totais    |
|---|--------------|-----------------|---------|----------------------|---------|---------|-------------------|-----------------|----------|-----------|
| Máximo de resíduos a serem coletados / kg | 260.000      | 140.000         | 300.000 | 60.000               | 400.000 | 300.000 | 100.000           | 320.000         | 120.000  | 2.000.000 |
| Aumento mínimo desejado para / kg         | 80.000       | 70.000          | 100.000 | 35.000               | 250.000 | 185.000 | 82.000            | 200.000         | 100.000  | 1.102.000 |
| Quant. Coletada sem incentivo /kg         | 40.000       | 50.000          | 75.000  | 29.000               | 250.000 | 180.000 | 80.000            | 200.000         | 100.000  | 1.004.000 |

- Os valores a serem calculados deverão restringir-se no mínimo ao limite inferior já existente de coleta e a quantidade máxima a ser coletada aos limites superiores, ou seja, a quantidade máxima possível não pode ser maior que a quantidade de resíduos a serem coletados.
- A somatória dos valores a serem calculados em incentivos por resíduo não deverá ultrapassar o valor disponível de R\$ 200.000.
- O custo total de incentivo por kg coletado não deverá ser superior a 50% dos R\$ 4,00 que seriam gastos com a coleta seletiva municipal.
- O valor a ser pago pelas garrafas em PET não deverão ser inferiores ao valor atualmente pago ao produto de maior valor (sem o incentivo).
- O valor do incentivo unitário a ser pago pela PET deverá ser o maior de todos, obedecendo uma relação de ordem decrescente, podendo em alguns casos serem iguais.
- Os valores dos incentivos deverão ser maiores ou iguais a zero.
- Espera-se que a quantidade total a ser coletada com o programa seja de no mínimo 1.150.000kg.

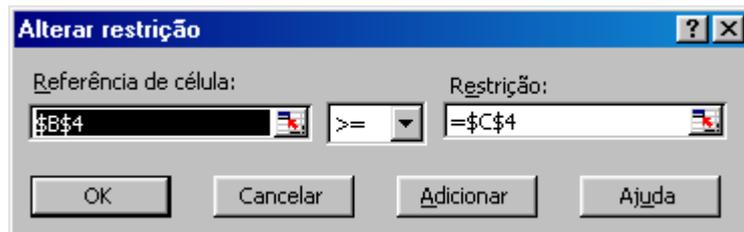
O método de resolução mais adequado foi um programa de micro computador, o microsoft Excel 8.0, através da opção solver, que consiste na montagem de uma planilha onde constarão todas as variáveis possíveis, uma célula onde se deseja exibir um valor a ser maximizado, minimizado ou a assumir determinado valor. As células variáveis, ou seja, as quais o programa tentará a resolução assumindo os valores calculados também deverão ser informados no campo “células variáveis”. As células variáveis podem ter algum valor já calculado ou encontrarem-se em branco.



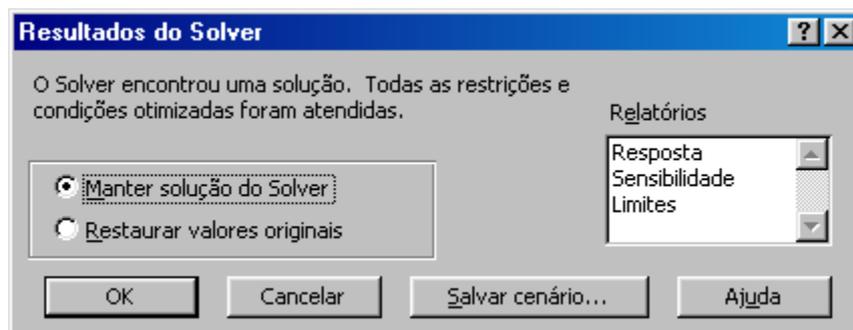
O próximo passo é a definição das restrições referentes ao modelo, indicadas através de comandos como  $\geq$ ,  $=$  e  $\leq$ , que significam, em sua ordem: maior ou igual a; igual a; e menor ou igual a algum parâmetro.



O solver permite a alteração de algumas restrições, caso necessitem de modificações, através da janela “alterar restrição”.



Depois de alteradas todas as restrições, o solver tentará efetuar os cálculos, podendo resolver ou não o problema exposto. Caso consiga resolvê-lo, apresentará a seguinte janela:



Os relatórios de resposta deverão então ser selecionados e “ok” acionado. O problema estará resolvido da melhor forma possível, obedecendo todas as restrições impostas. O solver gerará então os relatórios de respostas, onde serão descritos os detalhes da resolução.

### **Avaliação da solução - Relatórios**

Com base nos dados fornecidos ao programa, ele efetuará os cálculos necessários para a obtenção da melhor resposta possível. O relatório de resposta

apresenta os valores originais e os melhores valores obtidos. Em nosso caso, a quantidade coletada sem o programa de incentivo era de 1.004.000 kg/ano e o objetivo era de que fosse alcançado um acréscimo de pelo menos 10%. O valor final revela a maximização que foi possível utilizando os R\$ 200.000 de recursos disponíveis, que passa a ser de 1.167.916 kg/ano, superando as expectativas iniciais.

As células ajustáveis, correspondentes ao incentivo pago a cada item a ser otimizado, partiram do valor inicial R\$ 0 (zero) e atingiram valores de modo a otimizar a coleta de cada item, obedecendo a escala decrescente definida a priori.

Microsoft Excel 8.0 Relatório de resposta

Planilha: [solution.xls]solução (2)

Relatório criado: 18/01/99 16:32:34

Célula de destino (Máx)

| Célula  | Nome                                 | Valor original | Valor final |
|---------|--------------------------------------|----------------|-------------|
| \$K\$15 | retirada com o programa em kg totais | 1.004.000      | 1.167.916   |

Células ajustáveis

| Célula | Nome  | Valor original | Valor final |
|--------|---|----------------|-------------|
| \$B\$4 | custo incentivo pref.R\$ garrafas PET /kg   | R\$ -          | R\$ 0,53    |
| \$C\$4 | custo incentivo pref.R\$ sacos plásticos/kg | R\$ -          | R\$ 0,45    |
| \$D\$4 | custo incentivo pref.R\$ papelão            | R\$ -          | R\$ 0,38    |
| \$E\$4 | custo incentivo pref.R\$ tetra pak          | R\$ -          | R\$ 0,38    |
| \$F\$4 | custo incentivo pref.R\$ jornais            | R\$ -          | R\$ 0,10    |
| \$G\$4 | custo incentivo pref.R\$ vidro              | R\$ -          | R\$ 0,10    |
| \$H\$4 | custo incentivo pref.R\$ papéis escritório  | R\$ -          | R\$ 0,05    |
| \$I\$4 | custo incentivo pref.R\$ metais ferrosos    | R\$ -          | R\$ -       |
| \$J\$4 | custo incentivo pref.R\$ latas de alumínio  | R\$ -          | R\$ -       |

A tabela a seguir compila os resultados dos relatórios, de modo a visualizar com mais facilidade os objetivos atingidos com o valor máximo estipulado e as folgas existentes na coleta para ampliação futura do programa.

| Resíduos em kg                        | Garrafas PET | Sacos plásticos | Papelão | Embalagens tetra pak | Jornais | Vidros  | Papéis escritório | Metais ferrosos | Alumínio | Totais    |
|---------------------------------------|--------------|-----------------|---------|----------------------|---------|---------|-------------------|-----------------|----------|-----------|
| Disponibilidade de máxima para coleta | 260.000      | 140.000         | 300.000 | 60.000               | 400.000 | 300.000 | 100.000           | 320.000         | 120.000  | 2.000.000 |
| Metas atingidas pelo solver           | 92.920       | 90.626          | 105.600 | 55.775               | 256.000 | 185.000 | 82.000            | 200.000         | 100.000  | 1.167.916 |
| quantidades mínimas desejadas         | 80.000       | 70.000          | 100.000 | 35.000               | 250.000 | 185.000 | 82.000            | 200.000         | 100.000  | 1.102.000 |
| Quant. Coletada sem incentivo         | 40.000       | 50.000          | 75.000  | 29.000               | 250.000 | 180.000 | 80.000            | 200.000         | 100.000  | 1.004.000 |

Os volumes a serem coletados não poderiam ser superiores aos disponíveis para coleta, portanto as restrições foram para que seus valores fossem menores ou iguais ao limite máximo disponível. Como o programa de incentivo encontra-se em um estágio inicial, suas pretensões foram modestas mas eficientes, existindo ainda uma grande disponibilidade de resíduos para coleta. As restrições necessárias para a consecução dos objetivos estão listadas no relatório de restrições, a seguir:

## Restrições

| Célula  | Nome  | Valor da célula | Fórmula          | Status      | Transigência |
|---------|---|-----------------|------------------|-------------|--------------|
| \$I\$4  | custo incentivo pref.R\$ metais ferrosos                | R\$ -           | \$I\$4>=\$J\$4   | Agrupar     | R\$ -        |
| \$G\$15 | retirada com o programa em kg vidro                     | 185.000         | \$G\$15>=185000  | Agrupar     | -            |
| \$B\$15 | retirada com o programa em kg garrafas PET              | 92.915          | \$B\$15<=\$B\$12 | Sem agrupar | 167084,6801  |
| \$B\$5  | preço pago aos coletores com incentivo garrafas PET /kg | R\$ 0,63        | \$B\$5>=\$J\$2   | Sem agrupar | R\$ 0,13     |
| \$C\$15 | retirada com o programa em kg sacos plásticos           | 90.624          | \$C\$15<=\$C\$12 | Sem agrupar | 49375,90396  |
| \$C\$15 | retirada com o programa em kg sacos plásticos           | 90.624          | \$C\$15>=70000   | Sem agrupar | 20.624       |
| \$D\$15 | retirada com o programa em kg papelão                   | 105.601         | \$D\$15<=\$D\$12 | Sem agrupar | 194399,3329  |
| \$D\$15 | retirada com o programa em kg papelão                   | 105.601         | \$D\$15>=100000  | Sem agrupar | 5.601        |
| \$E\$15 | retirada com o programa em kg caixas tetra pak          | 55.776          | \$E\$15>=35000   | Sem agrupar | 20.776       |
| \$F\$15 | retirada com o programa em kg jornais                   | 256.000         | \$F\$15<=\$F\$12 | Sem agrupar | 144000       |
| \$B\$15 | retirada com o programa em kg garrafas PET              | 92.915          | \$B\$15>=80000   | Sem agrupar | 12.915       |
| \$G\$15 | retirada com o programa em kg vidro                     | 185.000         | \$G\$15<=\$G\$12 | Sem agrupar | 115000       |
| \$H\$15 | retirada com o programa em kg papéis escrit             | 82.000          | \$H\$15>=82000   | Agrupar     | -            |
| \$H\$15 | retirada com o programa em kg papéis escrit             | 82.000          | \$H\$15<=\$H\$12 | Sem agrupar | 18000        |
| \$K\$15 | retirada com o programa em kg totais                    | 1.167.916       | \$K\$15>=1150000 | Sem agrupar | 17.916       |
| \$I\$15 | retirada com o programa em kg metais ferrosos           | 200.000         | \$I\$15<=\$I\$12 | Sem agrupar | 120000       |
| \$J\$15 | retirada com o programa em kg alumínio                  | 100.000         | \$J\$15>=100000  | Agrupar     | -            |
| \$J\$15 | retirada com o programa em kg alumínio                  | 100.000         | \$J\$15<=\$J\$12 | Sem agrupar | 20000        |
| \$K\$15 | retirada com o programa em kg totais                    | 1.167.916       | \$K\$15<=\$K\$12 | Sem agrupar | 832084,3334  |
| \$F\$15 | retirada com o programa em kg jornais                   | 256.000         | \$F\$15>=250000  | Sem agrupar | 6.000        |
| \$I\$15 | retirada com o programa em kg metais ferrosos           | 200.000         | \$I\$15>=200000  | Agrupar     | -            |
| \$B\$4  | custo incentivo pref.R\$ garrafas PET /kg               | R\$ 0,53        | \$B\$4>=\$C\$4   | Sem agrupar | R\$ 0,08     |
| \$C\$4  | custo incentivo pref.R\$ sacos plásticos/kg             | R\$ 0,45        | \$C\$4>=\$D\$4   | Sem agrupar | R\$ 0,07     |
| \$D\$4  | custo incentivo pref.R\$ papelão                        | R\$ 0,38        | \$D\$4>=\$E\$4   | Agrupar     | R\$ -        |
| \$E\$4  | custo incentivo pref.R\$ tetra pak                      | R\$ 0,38        | \$E\$4>=\$F\$4   | Sem agrupar | R\$ 0,28     |
| \$F\$4  | custo incentivo pref.R\$ jornais                        | R\$ 0,10        | \$F\$4>=\$G\$4   | Agrupar     | R\$ -        |
| \$G\$4  | custo incentivo pref.R\$ vidro                          | R\$ 0,10        | \$G\$4>=\$H\$4   | Sem agrupar | R\$ 0,05     |
| \$H\$4  | custo incentivo pref.R\$ papéis escritório              | R\$ 0,05        | \$H\$4>=\$I\$4   | Sem agrupar | R\$ 0,05     |
| \$K\$9  | valor a ser desembolsado R\$ totais                     | R\$ 200.000     | \$K\$9=200000    | Sem agrupar | 0            |
| \$K\$4  | custo incentivo pref.R\$ totais                         | R\$ 2,00        | \$K\$4<=2        | Sem agrupar | 0,00445128   |
| \$B\$4  | custo incentivo pref.R\$ garrafas PET /kg               | R\$ 0,53        | \$B\$4>=0        | Sem agrupar | R\$ 0,53     |
| \$C\$4  | custo incentivo pref.R\$ sacos plásticos/kg             | R\$ 0,45        | \$C\$4>=0        | Sem agrupar | R\$ 0,45     |
| \$D\$4  | custo incentivo pref.R\$ papelão                        | R\$ 0,38        | \$D\$4>=0        | Sem agrupar | R\$ 0,38     |
| \$E\$4  | custo incentivo pref.R\$ tetra pak                      | R\$ 0,38        | \$E\$4>=0        | Sem agrupar | R\$ 0,38     |
| \$F\$4  | custo incentivo pref.R\$ jornais                        | R\$ 0,10        | \$F\$4>=0        | Sem agrupar | R\$ 0,10     |
| \$G\$4  | custo incentivo pref.R\$ vidro                          | R\$ 0,10        | \$G\$4>=0        | Sem agrupar | R\$ 0,10     |
| \$H\$4  | custo incentivo pref.R\$ papéis escritório              | R\$ 0,05        | \$H\$4>=0        | Sem agrupar | R\$ 0,05     |
| \$I\$4  | custo incentivo pref.R\$ metais ferrosos                | R\$ -           | \$I\$4>=0        | Agrupar     | R\$ -        |
| \$J\$4  | custo incentivo pref.R\$ latas de alumínio              | R\$ -           | \$J\$4>=0        | Agrupar     | R\$ -        |

**Microsoft Excel 8.0 Relatório de sensibilidade****Planilha: [solution.xls]solução (2)****Relatório criado: 18/01/99 16:33:00**

## Células ajustáveis

| Célula | Nome  | Valor Final | Gradiente Reduzido |
|--------|---|-------------|--------------------|
| \$B\$4 | custo incentivo pref.R\$ garrafas PET /kg   | R\$ 0,53    | R\$ -              |
| \$C\$4 | custo incentivo pref.R\$ sacos plásticos/kg | R\$ 0,45    | R\$ -              |
| \$D\$4 | custo incentivo pref.R\$ papelão            | R\$ 0,38    | R\$ -              |
| \$E\$4 | custo incentivo pref.R\$ tetra pak          | R\$ 0,38    | R\$ -              |
| \$F\$4 | custo incentivo pref.R\$ jornais            | R\$ 0,10    | R\$ -              |
| \$G\$4 | custo incentivo pref.R\$ vidro              | R\$ 0,10    | R\$ -              |
| \$H\$4 | custo incentivo pref.R\$ papéis escritório  | R\$ 0,05    | R\$ -              |
| \$I\$4 | custo incentivo pref.R\$ metais ferrosos    | R\$ -       | R\$ -              |
| \$J\$4 | custo incentivo pref.R\$ latas de alumínio  | R\$ -       | R\$ -              |

Como o objetivo da função era maximizar a coleta, os valores atribuídos às células de incentivo em Reais foram preenchidas por seus valores máximos possíveis, perfazendo a melhor combinação dos gastos com cada resíduo e obedecendo a escala de

prioridades. Portanto, o relatório de sensibilidade acusou os valores ideais para cada item, de modo a maximizar a função objetivo.

**Microsoft Excel 8.0 Relatório de limites**

Planilha: [solution.xls]solução (2)

Relatório criado: 18/01/99 16:33:13

| Célula  | Nome Destino                         | Valor     |
|---------|--------------------------------------|-----------|
| \$K\$15 | retirada com o programa em kg totais | 1.167.916 |

| Célula | Nome Ajustável                              | Valor    | Limite Inferior | Resultado Destino | Limite Superior | Resultado Destino |
|--------|---|----------|-----------------|-------------------|-----------------|-------------------|
| \$B\$4 | custo incentivo pref.R\$ garrafas PET /kg   | R\$ 0,53 | R\$0,53         | R\$ 1.167.915,67  | R\$ 0,53        | R\$ 1.167.915,67  |
| \$C\$4 | custo incentivo pref.R\$ sacos plásticos/kg | R\$ 0,45 | R\$0,45         | R\$ 1.167.915,67  | R\$ 0,45        | R\$ 1.167.915,67  |
| \$D\$4 | custo incentivo pref.R\$ papelão            | R\$ 0,38 | #N/D            | #N/D              | #N/D            | #N/D              |
| \$E\$4 | custo incentivo pref.R\$ tetra pak          | R\$ 0,38 | R\$0,38         | R\$ 1.167.914,40  | R\$ 0,38        | R\$ 1.167.914,40  |
| \$F\$4 | custo incentivo pref.R\$ jornais            | R\$ 0,10 | #N/D            | #N/D              | #N/D            | #N/D              |
| \$G\$4 | custo incentivo pref.R\$ vidro              | R\$ 0,10 | #N/D            | #N/D              | #N/D            | #N/D              |
| \$H\$4 | custo incentivo pref.R\$ papéis escritório  | R\$ 0,05 | #N/D            | #N/D              | #N/D            | #N/D              |
| \$I\$4 | custo incentivo pref.R\$ metais ferrosos    | R\$ -    | #N/D            | #N/D              | #N/D            | #N/D              |
| \$J\$4 | custo incentivo pref.R\$ latas de alumínio  | R\$ -    | #N/D            | #N/D              | #N/D            | #N/D              |

Os limites dos valores atribuídos não poderiam sofrer combinações diferentes frente às premissas adotadas, tendo suas variações restringidas aos valores obtidos.

**Restrições**

| Célula  | Nome  | Valor Final | Multiplicador Lagrange |
|---------|---|-------------|------------------------|
| \$I\$4  | custo incentivo pref.R\$ metais ferrosos                | R\$ -       | R\$ -                  |
| \$G\$15 | retirada com o programa em kg vidro                     | 185.000     | (4)                    |
| \$B\$15 | retirada com o programa em kg garrafas PET              | 92.915      | -                      |
| \$B\$5  | preço pago aos coletores com incentivo garrafas PET /kg | R\$ 0,63    | R\$ -                  |
| \$C\$15 | retirada com o programa em kg sacos plásticos           | 90.624      | -                      |
| \$C\$15 | retirada com o programa em kg sacos plásticos           | 90.624      | -                      |
| \$D\$15 | retirada com o programa em kg papelão                   | 105.601     | -                      |
| \$D\$15 | retirada com o programa em kg papelão                   | 105.601     | -                      |
| \$E\$15 | retirada com o programa em kg caixas tetra pak          | 55.776      | -                      |
| \$F\$15 | retirada com o programa em kg jornais                   | 256.000     | -                      |
| \$B\$15 | retirada com o programa em kg garrafas PET              | 92.915      | -                      |
| \$G\$15 | retirada com o programa em kg vidro                     | 185.000     | -                      |
| \$H\$15 | retirada com o programa em kg papéis escrit             | 82.000      | (0)                    |
| \$H\$15 | retirada com o programa em kg papéis escrit             | 82.000      | -                      |
| \$K\$15 | retirada com o programa em kg totais                    | 1.167.916   | -                      |
| \$I\$15 | retirada com o programa em kg metais ferrosos           | 200.000     | -                      |
| \$J\$15 | retirada com o programa em kg alumínio                  | 100.000     | (6)                    |
| \$J\$15 | retirada com o programa em kg alumínio                  | 100.000     | -                      |
| \$K\$15 | retirada com o programa em kg totais                    | 1.167.916   | -                      |
| \$F\$15 | retirada com o programa em kg jornais                   | 256.000     | -                      |
| \$I\$15 | retirada com o programa em kg metais ferrosos           | 200.000     | (4)                    |
| \$B\$4  | custo incentivo pref.R\$ garrafas PET /kg               | R\$ 0,53    | R\$ -                  |
| \$C\$4  | custo incentivo pref.R\$ sacos plásticos/kg             | R\$ 0,45    | R\$ -                  |
| \$D\$4  | custo incentivo pref.R\$ papelão                        | R\$ 0,38    | R\$ (13.394,13)        |
| \$E\$4  | custo incentivo pref.R\$ tetra pak                      | R\$ 0,38    | R\$ -                  |
| \$F\$4  | custo incentivo pref.R\$ jornais                        | R\$ 0,10    | R\$ (119.655,04)       |
| \$G\$4  | custo incentivo pref.R\$ vidro                          | R\$ 0,10    | R\$ -                  |
| \$H\$4  | custo incentivo pref.R\$ papéis escritório              | R\$ 0,05    | R\$ -                  |
| \$K\$9  | valor a ser desembolsado R\$ totais                     | R\$ 200.000 | R\$ 1                  |
| \$K\$4  | custo incentivo pref.R\$ totais                         | R\$ 2,00    | R\$ -                  |

Este relatório traduz, de forma resumida, os objetivos que foram alcançados, mostrando que tanto o valor absoluto a ser gasto pela prefeitura foi atingido como também o máximo valor que havia disponibilidade para pagamento, de R\$ 2,00 / kg de incentivo no total por itens.

## **Conclusão**

A utilização de métodos quantitativos como instrumental na resolução de problemas sejam estes simples ou de complexidade maior, é um fato inegável, como pudemos comprovar na resolução do problema proposto neste artigo. Qualquer que seja a área de atuação do profissional, basta que exista um problema e que o mesmo seja corretamente identificado, sistematizado e se faça uso dos instrumentos adequados à sua decisão.

A solução apresentada no presente trabalho demandaria, se feita de maneira tradicional, muitas contas e cálculos, incorrendo na tentativa e erro e provável insucesso na resolução. A informática vem ao auxílio de tais problemas, bastando para tal que se elabore a contento o trabalho a ser executado e se faça a correta inserção dos dados no respectivo software.

Com certeza, as diversas informações coletadas durante a elaboração do problema, ou seja, as informações qualitativas, também são de fundamental importância na elaboração e montagem do problema, sendo os métodos quantitativos um meio de ação em conjunto com outros recursos, e tendo como principal o bom senso.

A prefeitura conseguiu um programa onde poderá diminuir o volume de lixo reciclável a ser depositado em seu aterro sanitário, as despesas com limpeza de boca de lobo serão reduzidas, os “catadores” ou associações de bairros poderão obter um bom incremento em suas receitas, a disponibilidade de matéria prima para o sucateiro será aumentada assim como seu poder de negociação, e as enchentes deverão sofrer sensível diminuição.

Finalmente, o problema foi resolvido a contento e espera-se que novas preocupações surjam nessa área, não de modo puro como já existem em grandes escalas na biologia e outras ciências afins, mas associadas a disciplinas que possam auxiliar na quantificação dos dados e resolução efetiva dos problemas.

## **Referências Bibliográficas**

- ACKOFF, Russel L., SASIENI, Maurice W. **Pesquisa operacional**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1971.
- ANDRADE, Eduardo Leopoldino de. **Introdução à pesquisa operacional: métodos e técnicas para análise de decisão**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora, 1989.
- GORDON, Gilbert, PRESSMAN, Israel, COHEN, Sanford. **Quantitative decision making for business**. 3.ed. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1990.

- HOPFENBECK, Waldemar. **The green management revoolution: lessons in enviromental excellence**. London: Prentice hall international (UK) ltd. 1993.
- IUDÍCIBUS, Sérgio de. **Análise de custos**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 1993.
- JÖHR, Hans. **O verde é o negócio**. 3. Ed. São Paulo: Saraiva, 1994.
- KINLAW, Dennis C. **Empresa competitiva e ecológica: desempenho sustentado na era ambiental**. Tradução Lenke Peres Alves de Araújo; rev. técnica Heitor José Pereira. São Paulo: Makron Books, 1997.
- MARTINS, Eliseu. **Contabilidade de custos**. 4. ed. rev. São Paulo: Atlas, 1990.
- MAY, Peter Herman. **Economia ecológica: aplicações no Brasil**. Rio de Janeiro: Campus, 1995.
- MAY, Peter Herman, MOTTA, Ronaldo Serôa (Org.). **Valorando a natureza: análise econômica para o desenvolvimento sustentável**. Rio de Janeiro, Campus, 1994.
- MOTTA, Ronaldo Serôa da (Coord.). **Contabilidade ambiental: teoria, metodologia e estudos de casos no Brasil**. Rio de Janeiro, IPEA, 1995, VI, 126p.
- NORTH, Klaus. **Environmental business management: an introduction**. Geneva, International Labour Office, 1992. Management Development Series nº 30.
- PANAYOTOU, Theodore. **Mercados verdes: a economia do desenvolvimento alternativo**. Rio de Janeiro, Nórdica, 1994.
- PUCCINI, Abelardo de Lima. **Introdução à programação linear**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1977.
- RENDER, Barry, STAIR Jr., Ralph M. **Quantitative analysis for management**. 6.ed. Boston: Allyn and Bacon, 1997.
- RIBEIRO, Maisa de Souza. **Contabilidade e meio ambiente**. São Paulo, 1992, 141p.. Dissertação de Mestrado - Faculdade de Economia, Administração e contabilidade da Universidade de São Paulo.
- RIBEIRO, Maisa de Souza. **Custeio das atividades de natureza ambiental**. São Paulo, 1998. Dissertação de Mestrado – Faculdade de Economia, Administração e contabilidade da Universidade de São Paulo.
- CEMPRE- Compromisso Empresarial Para a Reciclagem. Home page <http://www.cempre.org.br> - São Paulo,1999.