

Universidade Federal Rural de Pernambuco
Tópicos em Otimização 2019.2
Alunos: Everton Nascimento, Maria isabel e Pamella de Oliveira

Problema: Otimização da coleta de lixo doméstico em Recife

INTRODUÇÃO

Segundo a ONU a humanidade produz cerca de 2 bilhões de toneladas de lixo por ano. Além disso, conforme estudo realizado pelo Fundo Mundial para a Natureza (WWF), os 4 países que mais produzem lixo plástico são: os Estados Unidos (1º lugar), a China (2º), a Índia (3º) e o Brasil. Em 2017, cada brasileiro produziu aproximadamente 378 quilos de resíduos no ano, que resultou em um total de 78,4 milhões de resíduos sólidos.

Em 2010 entrou em vigor a Lei de resíduos sólidos, que prevê a redução na quantidade de lixo gerada e políticas de descarte de materiais. Após 9 anos de lei a quantidade de lixo gerada aumentou e não foram extintos os aterros sanitários.

No Recife, segundo um levantamento produzido pelo Observatório do Recife (OR) a cidade produz cerca de 60 mil toneladas de lixo por mês, mais especificamente cerca de 51 kg per capita de resíduos mensal. Além disso a coleta de lixo não atende a cerca de dez mil domicílios, percentualmente equivalente a 21% dos domicílios da cidade, resultando no descarte nas ruas, rios e canais.

O descarte inadequado causa diversos impactos ambientais, dentre eles, a morte da fauna dos rios, desequilíbrio na proliferação de pragas, poluição do solo e das águas, tornando-a impróprio para uso doméstico e inviabilizando a pesca nas áreas atingidas. A cidade sofre com vários problemas desse tipo. Em 2018 a Companhia Pernambucana de Saneamento (Compesa) registrou um aumento de 17% na quantidade de lixo retirada dos esgotos da cidade em relação ao ano anterior, 124 toneladas contra 106 toneladas em 2017.

Conforme o IBGE, no Brasil em 2017, 1 501 municípios reportaram ocorrência de endemias ou epidemias de dengue. Os fatores que influenciam essa doença é o clima tropical que favorece a proliferação dos mosquitos e o acúmulo de lixo domésticos em residência, ruas e avenidas. Isso acontece devido o lixo atrair os mosquitos que além da dengue podem transmitir outras doenças como: febre amarela, leishmaniose, filariose.

Além disso, o lixo atrai outros animais transmissores de doenças como: os ratos, transmissores da leptospirose, hantavirose e peste bubônica; as baratas, transmissores da febre tifóide, verminoses, difteria e doenças gastrointestinais; as moscas, transmissoras da salmonelose, verminoses, disenteria, febre tifóide.

A coleta de lixo na cidade quando não é realizada de maneira eficiente, pode gerar gastos enormes com saúde pública, manutenção dos esgotos e rios, e ações para limpar os estragos causados por enchentes.

DESCRIÇÃO DO PROBLEMA

Segundo o Observatório do Recife (OR), a coleta de lixo no Recife é feita por duas empresas: a Vital, responsável por 70% da coleta e a Andrade Guedes, responsável por 30 %. Para realizar esse serviço elas recebem, respectivamente, em média, R\$ 6,1 milhões e R\$ 2,1 milhões mensais.

Além dos gastos mensais destinados para essas empresas, a prefeitura também gasta com limpezas de canais 6 milhões de reais anualmente. Isso é devido que nos bairros do Recife ainda é um grande problema para a população a regularidade da coleta do lixo, o que gera acúmulo em ruas e avenidas, e em períodos de chuva atrapalham a vida do povo e acabam indo parar em córregos ou rios, deixando-os poluídos e matando animais. No centro do Recife é comum vermos lixo amontoado em diversos locais, passando a sensação de que a coleta não é realizada corretamente.

OBJETIVO

A coleta de lixo no Recife é organizada pela EMLURB e as duas empresas com licitação responsáveis por este serviço. Dado que, o nosso cliente é a prefeitura do Recife, em especial a EMLURB, o objetivo desse trabalho é minimizar o custo da prefeitura com essas empresas que realizam o recolhimento do lixo. No entanto, é necessário garantir a regularidade e a qualidade no recolhimento do lixo da população, a fim de evitar que o lixo passe muito tempo se amontoando nas ruas.

METODOLOGIA

A formulação dos modelos que são apresentados na metodologia, foram conduzidas através do uso de programação linear. Técnica de otimização na qual a função objetivo e as restrições do problema são todas lineares.

A função objetiva e as restrições foram empregadas em um algoritmo com o objetivo de encontrar uma solução. Para isso, foi utilizado a linguagem de programação Python, na versão 3.7 e uma biblioteca, chamada PuLP. Essa biblioteca é um modelador de programação linear, que utiliza a linguagem natural do Python, fornecendo objetos que expressam problemas de otimização e restrições semelhantes a expressões matemáticas.

ESPECIFICAÇÃO DO PROBLEMA

Mediante o uso da programação linear para solucionar o problema abordado neste estudo, obtivemos a seguinte equação objetivo:

$$\min z = C_1 \cdot T_1 + C_2 \cdot T_2 + \dots + C_n \cdot T_n$$

onde, $C_1, C_2 \dots C_n$ são referente ao custo que a empresa vai cobrar a prefeitura por cada tipo de caminhão. Já, $T_1, T_2 \dots T_n$ são valores que representam a utilização ou não dos caminhões, onde se for 0 significa que não foi utilizado nenhum caminhão daquele determinado tipo. No entanto, três limitações são empregadas nessa equação, essas limitações são denominadas de restrições, são elas:

1. Restrição dos tipos de caminhões rodando ao dia, que têm que ser igual a um limite pré-estabelecido, como mostrado na equação a seguir:

$$T1 + T2 + \dots + Tn == LC$$

Onde, a quantidade dos tipos de veículos são representados por T1,T2...Tn. Já, o limite total de caminhões rodando no dia é representado por LC.

2. Restrição da capacidade dos veículos multiplicado por suas respectivas quantidades, têm que ser maior ou igual a quantidade total do lixo das residências, como mostrado na inequação a seguir:

$$CV1 * T1 + CV2 * T2 \dots + CVn * Tn >= QTL$$

Onde, as variáveis CV1,CV2..CVn representam a capacidade dos veículos; T1,T2...Tn representam a quantidade de caminhões de um tipo T qualquer; QTL representa a quantidade total do lixo das residências.

3. Restrição da quantidade de funcionários operando por tipo de veículo, têm que ser menor ou igual ao total de funcionário disponíveis para a coleta, como mostrado na inequação a seguir:

$$F1*T1 + F2*T2\dots + Fn*Tn <= FD$$

Onde, as variáveis F1,F2..Fn, representam o número de funcionários realizando a coleta; T1,T2...Tn representam o tipo do veículo que os funcionários irão operar; FD o total de funcionários disponíveis.

RESULTADOS

A função objetivo e as restrições aqui apresentadas foram aplicadas no desenvolvimento do algoritmo abaixo segue um teste com variáveis selecionadas por nós criando um cenário e o resultado obtido por ele :

```

MINIMIZE
2000*Tipo_CaminhaoCacamba12 + 1500*Tipo_CaminhaoCacamba6 + 2000*Tipo_CaminhaoEmpacotador12 + 1500*Tipo_CaminhaoEmpacotador6 + 0
SUBJECT TO
_C1: Tipo_CaminhaoCacamba12 + Tipo_CaminhaoCacamba6
+ Tipo_CaminhaoEmpacotador12 + Tipo_CaminhaoEmpacotador6 = 3
_C2: 12000 Tipo_CaminhaoCacamba12 + 6000 Tipo_CaminhaoCacamba6
+ 12000 Tipo_CaminhaoEmpacotador12 + 6000 Tipo_CaminhaoEmpacotador6 >= 24000
_C3: 2 Tipo_CaminhaoCacamba12 + 4 Tipo_CaminhaoCacamba6
+ 3 Tipo_CaminhaoEmpacotador12 + 3 Tipo_CaminhaoEmpacotador6 <= 10

```

Informações do nosso cenário

```

Tipo_CaminhaoCacamba12 = 1.0
Tipo_CaminhaoCacamba6 = 2.0
Tipo_CaminhaoEmpacotador12 = 0.0
Tipo_CaminhaoEmpacotador6 = 0.0
Custo total sera de: 5000.0

```

Resultado obtido com o nosso cenário

REFERÊNCIAS

<https://nacoesunidas.org/humanidade-produz-mais-de-2-bilhoes-de-toneladas-de-lixo-por-ano-diz-onu-em-dia-mundial/>

Brasil é o 4º país do mundo que mais gera lixo plástico

<http://agenciabrasil.ebc.com.br/internacional/noticia/2019-03/brasil-e-o-4o-pais-que-mais-produz-lixo-no-mundo-diz-wwf>

<https://www.wwf.org.br/?70222/Brasil-e-o-4-pais-do-mundo-que-mais-gera-lixo-plastico>

Lançamento do panorama de resíduos sólidos no Brasil

<http://www.abes-mg.org.br/visualizacao-de-clipping/ler/9557/lancamento-do-panorama-dos-residuos-solidos-no-brasil-2017>

Política Nacional de Resíduos Sólidos

<https://www.mma.gov.br/política-de-resíduos-sólidos>

Dicas em saúde

http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/dicas/244_lixo_cuidados.html

Nove anos após Lei de Resíduos Sólidos, coleta de lixo não melhora no Brasil

<https://g1.globo.com/jornal-nacional/noticia/2019/08/05/nove-anos-apos-lei-de-residuos-solidos-coleta-de-lixo-nao-melhora-no-brasil.ghtml>

Perfil dos municípios brasileiro

<https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101610.pdf>

Lixo e mau cheiro já são parte do Centro do Recife

<https://www.leiaja.com/noticias/2018/05/02/lixo-e-mau-cheiro-ja-sao-parte-do-centro-do-recife/>

Coleta domiciliar

<http://ecorecife.recife.pe.gov.br/coleta-domiciliar>

Lixo: Um dos campeões de requerimento

<https://www.observatoriodorecife.org.br/tag/lixo/page/3/>

Acúmulo de lixo nos canais de Recife provoca gastos de 6 milhões no ano

<https://g1.globo.com/pe/peernambuco/noticia/acumulo-de-sujeira-em-canais-do-recife-pr-ovoca-gasto-de-r-6-milhoes-por-ano.ghtml>