

### Trabalho Prático

Valor: 40 pontos.

**Limite para Entrega: 30/08/2024**

**Obs.:** algumas das informações numéricas dadas neste trabalho são fictícias, meramente para fins de teste de modelagem.

O processo de refino de petróleo bruto fornece diversos subprodutos essenciais à sociedade em geral. No Brasil, podemos tomar como base os seguintes percentuais obtidos nesse processo:

Subproduto de Refino de Petróleo	Participação por Barril
Óleo Diesel	34%
Gasolinas Automotivas	23%
Óleos Combustíveis	19%
Gás de Cozinha (GLP)	8%
Naftas	8%
Querosene de Aviação (QAV)	4%
Outros	4%

Para efeito de simplificação, considere que o Brasil produz 4,666 milhões de barris de petróleo por dia (produção de setembro de 2023), e que essa produção é toda concentrada na cidade de Macaé, RJ. Considere que cada barril equivale a 160 litros.

Deseja-se instalar uma ou mais refinarias de petróleo para atender um conjunto de cidades. Essas cidades estão relacionadas em anexo, com suas respectivas populações (IBGE, estimativa de 2021). Além de serem candidatas à instalação de refinarias, cada cidade possui suas demandas em relação aos subprodutos acima. No entanto, iremos trabalhar com apenas quatro deles. A tabela a seguir mostra o consumo médio *per capita* desses subprodutos.

Subproduto de Refino de Petróleo	Consumo médio <i>per capita</i> (litros/dia)
Óleo Diesel	1,78
Gasolinas Automotivas	1,80
Gás de Cozinha (GLP)	0,85
Naftas	1,37

Deseja-se determinar em quais cidades deverão ser instaladas refinarias de modo a minimizar o custo total de instalação mais o de transporte do petróleo bruto (de Macaé para as refinarias) e dos derivados (das refinarias para os consumidores).

Os outros dados sobre o problema seguem abaixo:

- O custo de construção de uma refinaria com capacidade de refino de **500** mil barris/dia é de R\$100 (cem) milhões.
- O custo de transporte de petróleo (saindo de Macaé) é de R\$0,40 (quarenta centavos) por m<sup>3</sup> por km.
- O custo de transporte de qualquer subproduto é de R\$4,55 (quatro reais e cinquenta e cinco centavos) por m<sup>3</sup> por km. Considere a distância de uma cidade para ela mesma de 5 km.

Determine em quais cidades deverão ser instaladas refinarias e como se darão os fluxos de petróleo e de seus derivados de modo a minimizar o custo total de instalação e de transporte.

Cenários:

1. Nenhuma restrição adicional.
2. Desconsidere a capacidade máxima das refinarias.
3. Mesmo que o Cenário 1, mas cada município deverá receber a demanda de cada subproduto de uma única refinaria. Para este cenário, caso você não consiga obter uma solução, aumente a capacidade das refinarias de **50** em **50** mil barris/dia até que o problema fique viável.
4. Mesmo que o Cenário 1, mas cada município deverá receber toda a sua demanda de uma única refinaria. Para este cenário, caso você não consiga obter uma solução, aumente a capacidade das refinarias de **50** em **50** mil barris/dia até que o problema fique viável.

5. Mesmo que o Cenário 2, mas considerando a instalação de uma única refinaria.
6. Mesmo que o Cenário 5, mas removendo o custo de transporte de petróleo.
7. Mesmo que o Cenário 6, mas agora use uma planilha eletrônica para obter o mesmo resultado.

Para cada cenário, pede-se:

- a) Modelar o problema usando um dos modelos matemáticos de Problema de Localização de Facilidades vistos em sala. Explique o significado de todas as constantes, variáveis e restrições do modelo.
- b) Resolver o modelo usando o software XPRESS-MP ou outro software apropriado.
- c) Desenhar o grafo correspondente à solução, mostrando os valores dos fluxos de petróleo e de seus derivados. **Sugestão:** faça o grafo dentro de uma cópia do mapa do Brasil. Para diferenciar os tipos de fluxo, você pode usar cores diferentes nos arcos para cada tipo de fluxo, por exemplo. Ou usar mapas separados. Forneça também as folgas apropriadas em cada nó.

#### **O que deve ser entregue:**

- a) Descrição do problema e dados fornecidos;
- b) Matriz das distâncias entre as cidades. Essas distâncias podem ser obtidas no Google Maps ou de outras fontes fidedignas. Favor citar a(s) fonte(s) de consulta usada(s) para obter esses dados;
- c) Modelagem em notação matemática e no formato do software para todos os cenários. A partir do Cenário 2, basta indicar as alterações feitas ao cenário em que ele se baseia;
- d) Significado das variáveis e restrições do modelo;
- e) Mapas e grafos representando as soluções obtidas. Para cada solução, mostre claramente os valores dos fluxos de transporte, as folgas, e os valores dos custos fixo e de transporte;
- f) Outras informações relevantes, caso existam.

Além das informações pedidas acima, a equipe deve entregar em um arquivo .TXT as matrizes de distância, conforme o modelo mostrado pelo exemplo abaixo.

! Distâncias das 16 cidades até Macaé

D1:: [315, 1955, 364, 433, 1194, 451, 684, 1844, 1775, 802, 1099, 1939, 557, 1781, 1943, 1367]

! Distâncias entre as 16 cidades

D2:: [ 5, 971, 1017, 830, 530, 496, 721, 495, 628, 1743, 1123, 1203, 1578, 610, 110, 1790,  
 971, 5, 1180, 1000, 1603, 437, 1056, 1388, 1342, 1947, 1084, 713, 892, 1527, 123, 1635,  
 1017, 1180, 5, 1129, 283, 1301, 1363, 531, 1828, 1880, 1156, 1220, 1877, 568, 1821, 1736,  
 830, 1000, 1129, 5, 1282, 374, 1619, 885, 828, 967, 940, 290, 1150, 1033, 1218, 325,  
 530, 1603, 283, 1282, 5, 983, 1909, 996, 666, 1115, 1568, 672, 1455, 1146, 799, 891,  
 496, 437, 1301, 374, 983, 5, 1257, 122, 1784, 1760, 858, 125, 385, 1943, 1664, 1000,  
 721, 1056, 1363, 1619, 1909, 1257, 5, 293, 524, 816, 1960, 1476, 1468, 997, 744, 1791,  
 495, 1388, 531, 885, 996, 122, 293, 5, 138, 103, 586, 1654, 1040, 1592, 1373, 585,  
 628, 1342, 1828, 828, 666, 1784, 524, 138, 5, 919, 1905, 454, 1542, 1852, 484, 1255,  
 1743, 1947, 1880, 967, 1115, 1760, 816, 103, 919, 5, 1101, 1983, 1943, 1547, 947, 905,  
 1123, 1084, 1156, 940, 1568, 858, 1960, 586, 1905, 1101, 5, 1210, 1049, 637, 162, 139,  
 1203, 713, 1220, 290, 672, 125, 1476, 1654, 454, 1983, 1210, 5, 1462, 1914, 912, 1398,  
 1578, 892, 1877, 1150, 1455, 385, 1468, 1040, 1542, 1943, 1049, 1462, 5, 1986, 705, 1554,  
 610, 1527, 568, 1033, 1146, 1943, 997, 1592, 1852, 1547, 637, 1914, 1986, 5, 272, 650,  
 110, 123, 1821, 1218, 799, 1664, 744, 1373, 484, 947, 162, 912, 705, 272, 5, 573,  
 1790, 1635, 1736, 325, 891, 1000, 1791, 585, 1255, 905, 139, 1398, 1554, 650, 573, 5]

→ Os itens do vetor D1 e as linhas e colunas da matriz D2 devem seguir a mesma ordem em que as cidades estão relacionadas no arquivo recebido em anexo.