MÉTODO SIMPLEX APLICADO À MINIMIZAÇÃO DOS CUSTOS DE TRANSPORTE DE UMA REDE DE FARMÁCIAS

Thaís Fernanda Okiishi[1] e Luciane de Fátima Rodrigues de Souza[1]

[1]Faculdades Integradas Regionais de Avaré, Fundação Regional Educacional de Avaré, Avaré, São Paulo, Brasil;

E-mail: thais_miuky@hotmail.com

Resumo - A Programação Linear inserida na área da Pesquisa Operacional é um método científico de tomada de decisões, que é usado para descrição de um sistema organizado através de um modelo matemático. É usada em todas as áreas como engenharias, economia, administração, etc, envolvida em problemas que envolvem logística. Entre eles abordaremos o problema de transporte, que desempenha papel de fundamental importância à economia e em todo cenário mundial. Neste trabalho, será apresentado o modelo matemático visando melhorar a logística para aumentar o lucro, dentro de uma transportadora, especificamente, numa rede de farmácias na distribuição de remédios para seis postos de saúde. O problema será resolvido usando o algoritmo Simplex e Software LINDO.

Palavras-chave: Logística, Otimização, Programação Linear.

Abstract - Linear Programming located in the area of Operations Research is a scientific method of decision-making, involving the description of a system organized by a mathematical model, experimentation and discovery gives up the best way to operate the system. It is used in all areas as engineering, economics, business administration. Its applicability is related to problems involving logistics. Among them address the problem of transportation, which plays fundamental role in the economy and throughout the world scene. This work will be presented the mathematical model to improve logistics to increase profit, represented in situations faced in carriers, specifically, a network of pharmacies in the distribution of drugs to six health clinics in minimizing delivery costs. The problem will be solved using the Simplex Algorithm and Software LINDO.

Key-words: Logistics, Optimization, Linear Programming..

I. INTRODUÇÃO

A Pesquisa Operacional (P.O.) surgiu durante a segunda Guerra Mundial como resultado de trabalho de equipes interdisciplinares de cientistas contratados para resolver problemas militares de ordem estratégica e tática [2].

Durante a segunda Guerra mundial foi levantado um problema, nos EUA, que desafiou os estudiosos de ciências exatas. Este problema ficou conhecido pelo nome de "Problema da Dieta" e se resumia em descobrir qual alimentação era mais econômica.

A melhor solução ao problema foi apresentada por George Stigler, em 1945, na qual, partindo de 77 alimentos e levando em consideração a composição de 9 nutrientes em cada um, ele chegou a conclusão de que a dieta ideal implicaria um custo anual de US$ 59.88, composta de farinha de trigo, repolho e fígado de porco, a solução apresentada considerou apenas os aspectos econômicos. A técnica usada por Stigler se mostrou sujeito a erros, além de nem sempre encontrar solução ótima.

Esta abordagem de planejamento somente se consolidou com George Dantzig, em 1947, que desenvolveu o Método Simplex, capaz de resolver qualquer problema de PL. Dantzig desenvolveu esta técnica quando trabalhava na Rand Corporation no projeto SCOOP (Scientific Computation of Optimum Programs) para a Força aérea Americana, desenvolvendo técnicas de otimização para problemas militares. O algoritmo Simplex implica uma quantidade muito grande de cálculos e, nos primeiros anos de uso, ele se apoiou exclusivamente na resolução manual. Com o surgimento do computador, em 1951, a PL encontrou seu aliado natural e foi se expandindo de uma maneira extraordinária. Na década de

sessenta a PL tinha a mesma divulgação e fascínio também obtidos por outras técnicas, tal como a Gestão pela Qualidade Total obteve nas décadas de oitenta e noventa.

Do ponto de vista histórico, o assunto foi inicialmente analisado em 1936 por Wassily Leontieff, que criou um modelo constituído por conjunto de equações lineares, considerando como o primeiro passo para o estabelecimento das técnicas de Programação Linear. O matemático russo L.V. Kantorovick, em 1939, publicou um trabalho sobre planejamento da produção, o qual apresentava, dentre diversas abordagens, o uso de equações lineares. Este trabalho somente veio a ser conhecido no Ocidente em 1960. É importante ainda citar que, em 1940, Frank L. Hitchcock apresentou uma abordagem ao problema de transportes [1].

Um dos métodos mais usados na resolução de problemas de programação linear é o Simplex que é um algoritmo de resolução de problemas de programação linear que se utiliza de uma ferramenta baseada na álgebra linear, para determinar, através de um método interativo, a solução ótima de um problema de programação linear. Este método é formado por um grupo de critérios para a escolha de uma solução básica que melhore o desempenho do modelo. O problema deve apresentar uma solução básica inicial para que sejam calculadas as subsequentes soluções básicas através da troca de variáveis gerando novas soluções. Os critérios para a escolha de vetores e variáveis que entram e saem para a formação da nova base constituem o centro do simplex [2,3,4].

Na sociedade moderna, otimização de problemas transporte tornou-se essencial para o desenvolvimento da economia, pois, qualquer atraso, falta de mercadorias, atrapalha e danifica financeiramente e também o andamento geral de qualquer estabelecimento. Principalmente na atual situação, onde o trânsito, combustível, acabam agravando a situação, problemas envolvendo este assunto têm sido estudado e analisado visando melhorar a logística [1,2,3,4].

Este trabalho visa modelar matematicamente o transporte de remédios numa rede de farmácias para seis postos de saúde. As restrições envolvidas são quantidades disponíveis de fornecimento e demanda das lojas, distâncias entre distribuidoras e lojas e custos de combustível, apresentar um estudo para melhorar e minimizar custos de transporte e após a realização da modelagem, o problema será resolvido usando o *software* LINDO (Linear, INteractive, and Discrete Optimizer).

II. MATERIAIS E MÉTODOS

A PL é uma técnica de planejamento que se originou no final da década de quarenta e, com o surgimento do computador na década de cinquenta, encontrou o seu aliado natural, tendo então um desenvolvimento acelerado e sendo também muito difundida. Costuma-se dizer, também, que a PL é um tópico da ciência Pesquisa Operacional, a qual contém outros tópicos tais como Teoria das Filas, Simulação, Teoria dos Jogos, Programação Dinamica, PERT/CPM, etc. Estudo estatístico tem mostrado que a PL é hoje uma das técnicas mais utilizadas da Pesquisa Operacional. É comum vermos aplicações de PL fazerem parte de retinas diárias de planejamento das mais variadas empresas, tanto nas que possuem uma sofisticada equipe de planejamento como nas que simplesmente adquiriram um *software* para alguma função de planejamento.

Podemos conceituar a PL como a seguir [1,2]:

- A PL é uma técnica de otimização.
- A PL é uma ferramenta utilizada para encontrar o lucro máximo ou o custo mínimo em situações nas quais temos diversas opções de escolha sujeitas a algum tipo de restrição ou regulamentação.

É importante também, desde já, esclarecer que a palavra *programação* tem aqui o significado de *planejamento.* Fazemos isto para evitar a confusão com o termo *programação de computadores*, termo bastante utilizado atualmente na Ciência da Computação. Portanto, a PL é uma técnica de planejamento baseada em matemática e economia. Certamente a PL utiliza computadores para resolver seus problemas, mas é importante entender que a palavra *programação* tem significados diferentes nas duas ciências [1].

A pratica da PL tem sido utilizada em áreas muito diversas, mas existem algumas que se tornaram clássicas como a Dosagem, Alocação de

recursos, Compras etc, sendo o setor que mais utiliza a PL o industrial e os modelos de transporte e fluxo em redes são utilizados na logística e têm apresentado excelentes resultados [1].

Visando facilitar o entendimento do problema, está apresentado a seguir um esquema representando os passos que devem ser seguidos para resolver um problema de Programação Linear.

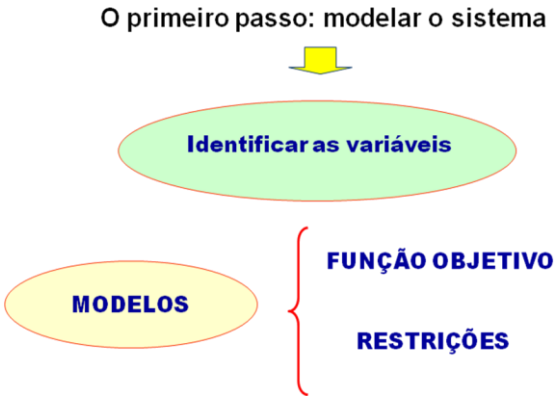


Figura 1. Esquema dos passos a serem seguidos para resolver problemas de PL.

Método Simplex

Um método muito usado na resolução de problemas de PL é o chamado Simplex. O Método Simplex caminha pelos vértices da região viável até encontrar uma solução que não possua soluções vizinhas melhores que ela. Esta é a solução ótima. A solução ótima pode não existir em dois casos: quando não há nenhuma solução viável para o problema, devido a restrições incompatíveis; ou quando não há máximo (ou mínimo), isto é, uma ou mais variáveis podem tender a infinito e as restrições continuarem sendo satisfeitas, o que fornece um valor sem limites para a função objetivo [1].

Quando temos apenas duas variáveis, o simplex gráfico é aplicado. Já, quando trabalhamos com muitas variáveis, usamos normalmente métodos computacionais e neste trabalho usaremos o software chamado LINDO.

Resumidamente, o problema linear pode ser resolvido por três meios, como mostra o esquema a seguir.

Figura 2. Esquema dos principais métodos para resolver problemas de PL.

Segundo [1] o Lindo (Linear, INteractive, and Discrete Optimizer) é um software desenvolvido pela Lindo Systems Inc., de Chicago, lllinois, EUA, para a resolução de modelos de programação linear, quadrática ou inteira. A LINDO systems é a principal provedora mundial de ferramentas para a criação e solução de modelos de otimização.

III. ESTUDO DE CASO

Visando mostrar aplicação do método Simplex, será modelado e resolvido um problema de minimização de custos de transporte numa rede de farmácias *fictícia*. Futuramente, será modelado um problema usando dados reais, cujos resultados serão usados na prática.

Os principais indicadores do transporte são os custos, faturamento e lucro, segundo a NTC (Associação Nacional do Transporte de Carga). Nesta análise os produtos são distribuídos e armazenados. Os valores nos fretes afetam diretamente nos preços, deixando-os mais caros e assim havendo um aumento no produto final. Conciliar o transporte e sua distribuição ótima em determinadas situações, onde se tem equações matemáticas representativas, associando as restrições do problema e função objetivo, possibilita a redução no custo de transportes, aumentando naturalmente o lucro.

O Problema de Transporte

O problema em estudo respeita as seguintes variáveis:

- Custo do transporte entre as unidades;

- Capacidade máxima de produção das unidades;
- Capacidade máxima de mercadorias que o deposito pode receber ou a demanda do produto.

Especificamente, o problema a ser tratado neste trabalho é o de minimização de custos de transporte de duas farmácias para seis postos de saúde. Os dados apresentam os custos de transporte entre as farmácias e os destinos.

A *Farmadora* Ltda é uma rede de farmácia que presta serviço de entrega para seis postos de saúde. A empresa possui duas filiais e fornece o serviço aos postos em seis bairros diferentes. Tendo em vista que atualmente a demanda é bastante grande, a mesma gostaria de saber quais postos atender, a partir de cada filial de modo a minimizar o seu custo de entrega. Observe a seguir um exemplo de Problema de Transporte.

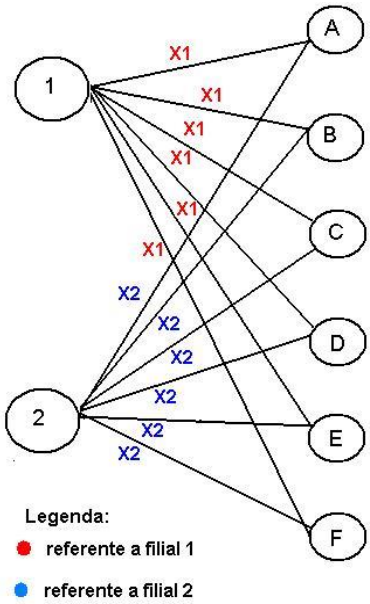


Figura 3. Esquema em rede do problema a ser resolvido.

As capacidades das filiais, as demandas dos bairros e os custos unitários de entrega estão evidenciados na tabela a seguir:

Tabela 1. Dados do problema

Dem. Máx.	1400	1560	Custo do Transporte (R$) Destino: Postos de Saúde	870	620	
Origem: Filial	A	B	C	D	E	F	Capacidade Máx. de Fabricação
Centro	7,00	9,00	1,00	12,00	7,00	4,00	2500
Periferia	4,00	5,00	12,00	1,00	3,00	8,00	2500
Dem. Mín.	300	400	150	50	250	200	

As variáveis do problema são:
X1A: quantidade a ser entregue da filial 1 para a loja A
X1B: quantidade a ser entregue da filial 1 para a loja B
X1C: quantidade a ser entregue da filial 1 para a loja C
X1D: quantidade a ser entregue da filial 1 para a loja D
X1E: quantidade a ser entregue da filial 1 para a loja E
X1F: quantidade a ser entregue da filial 1 para a loja F
X2A: quantidade a ser entregue da filial 2 para a loja A
X2B: quantidade a ser entregue da filial 2 para a loja B
X2C: quantidade a ser entregue da filial 2 para a loja C
X2D: quantidade a ser entregue da filial 2 para a loja D
X2E: quantidade a ser entregue da filial 2 para a loja E

X2F: quantidade a ser entregue da filial 2 para a loja F

O objetivo do trabalho é
Minimizar Custo = $7X_1A + 9X_1B + 1X_1C + 12X_1D + 7X_1E + 4X_1F + 4X_2A + 5X_2B + 12X_2C + 1X_2D + 3X_2E + 8X_2F$

Restrições:
Entrega:
x1A+x1B+x1C+x1D+x1E+x1F≤2500(filial 1)
Entrega:
x2A+x2B+x2C+x2D+x2E+x2F≤2500(filial 2)

Restrições:

Dem. Mín.
Demanda: x1A+x2A≥300 (loja 1)
Demanda: x1B+x2B≥400 (loja 2)
Demanda: x1C+x2C≥150 (loja 3)
Demanda: x1D+x2D≥50 (loja 4)
Demanda: x1E+x2E≥250 (loja 5)
Demanda: x1F+x2F≥200 (loja 6)

Dem. Máx.
Demanda: x1A+x2A≤1400 (loja 1)
Demanda: x1B+x2B≤1560 (loja 2)
Demanda: x1C+x2C≤400 (loja 3)
Demanda: x1D+x2D≤150 (loja 4)
Demanda: x1E+x2E ≤870 (loja 5)
Demanda: x1F+x2F≤620 (loja 6)

Para resolver o problema, foi dado como entrada para o LINDO o modelo matemático, como mostrado a seguir:

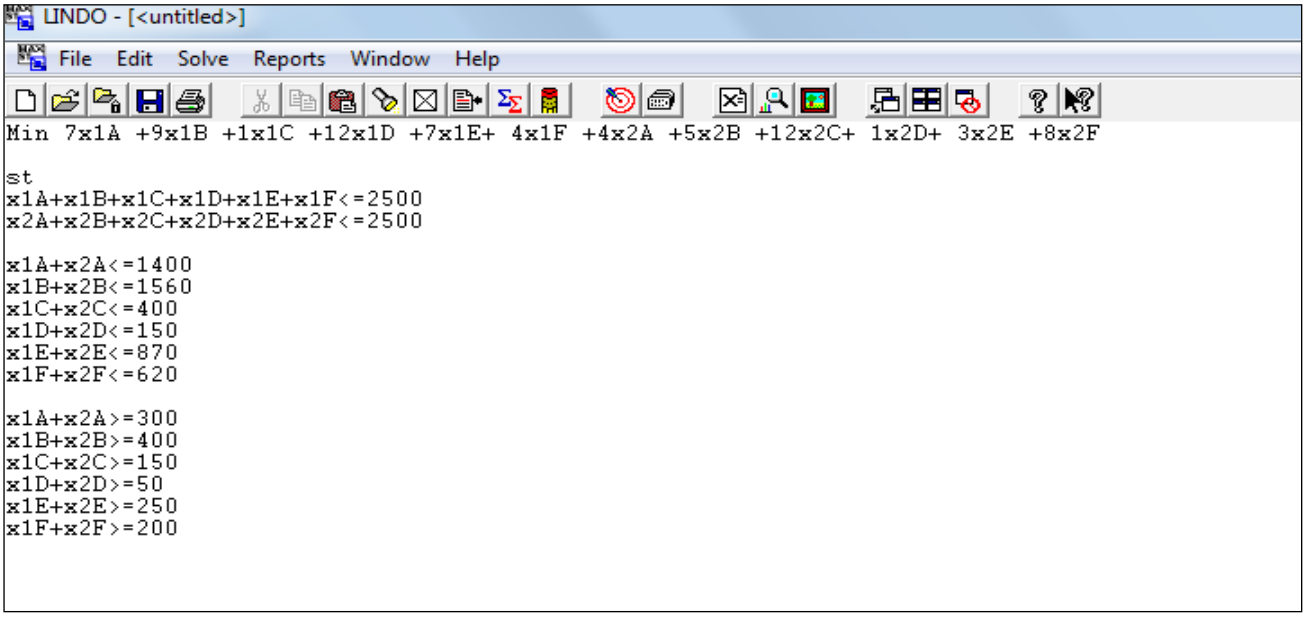
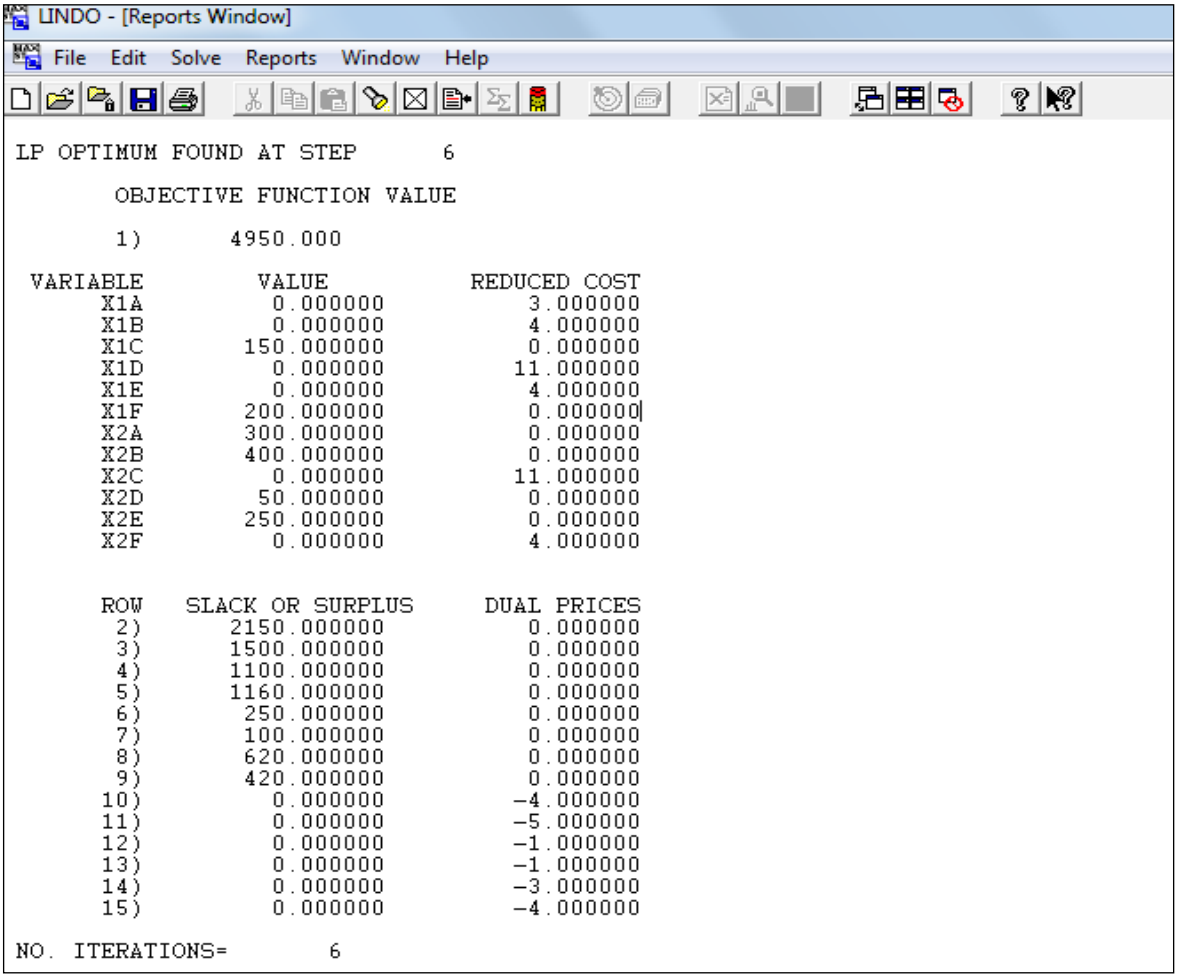


Figura 1: Tela de entrada do Lindo para o problema



```
LINDO - [Reports Window]
File  Edit  Solve  Reports  Window  Help

LP OPTIMUM FOUND AT STEP      6

        OBJECTIVE FUNCTION VALUE

        1)      4950.000

 VARIABLE        VALUE          REDUCED COST
       X1A        0.000000          3.000000
       X1B        0.000000          4.000000
       X1C      150.000000          0.000000
       X1D        0.000000         11.000000
       X1E        0.000000          4.000000
       X1F      200.000000          0.000000
       X2A      300.000000          0.000000
       X2B      400.000000          0.000000
       X2C        0.000000         11.000000
       X2D       50.000000          0.000000
       X2E      250.000000          0.000000
       X2F        0.000000          4.000000

       ROW   SLACK OR SURPLUS     DUAL PRICES
        2)     2150.000000          0.000000
        3)     1500.000000          0.000000
        4)     1100.000000          0.000000
        5)     1160.000000          0.000000
        6)      250.000000          0.000000
        7)      100.000000          0.000000
        8)      620.000000          0.000000
        9)      420.000000          0.000000
       10)        0.000000         -4.000000
       11)        0.000000         -5.000000
       12)        0.000000         -1.000000
       13)        0.000000         -1.000000
       14)        0.000000         -3.000000
       15)        0.000000         -4.000000

NO. ITERATIONS=       6
```

Figura 2. Tela de saída do Lindo para a solução do problema

Observa-se pelos resultados não compensa enviar produtos da distribuidora de 1 para A, a não ser que haja uma redução de custo de 3 reais, não compensa enviar de 1 para B a não ser que haja uma redução de custo de 4 reais, de 1 para D a não ser que haja redução de 11 reais e assim sucessivamente como mostrado em Figura 1 anterior, na coluna REDUCED COST.

Ou seja, o software fornece resultados que mostram uma análise completa, chamada análise de sensibilidade possibilitando a visualização do que é necessário modificar para que compense determinada modificação.

IV. CONCLUSÃO

Foi modelado um problema transporte de medicamentos de duas centrais para seis postos de saúde de diferentes, visando minimizar o custo do transporte.

O modelo fornecido possuía 14 restrições que eram de capacidade de fornecimento e necessidades dos estabelecimentos. O modelo foi resolvido usando o software LINDO e apresentou soluções coerentes quando testadas.

Pôde-se concluir que o método simplex é bastante prático e eficiente na resolução de problemas de otimização de transporte que envolvem várias variáveis.

REFERÊNCIAS

1. PRADO, D. Programação Linear .Belo Horizonte, Ed. EDG, 1999

2. SILVA, E.M. da et. al Pesquisa Operacional. São Paulo. Atlas, 1998

3. CAIXETA-FILHO, J.V. Pesquisa Operacional. São Paulo, Ed. Atlas, 2000.

4. LACHTERMACHER, G. Pesquisa Operacional na Tomada de Decisões – Modelagem em Excel, Ed. Campus, 2002.

5. JUNIOR, A. C. G. & SOUZA, M.J.F. Lindo: Manual de Referência, Departamento de Computação Universidade Federal de Ouro Preto, 2004.

6. ARAÚJO, V .M. B. M. Modelagem Matemática aplicada a dietas alimentares e estudo da obesidade. Disponível em < http://www.fira.edu.br/revista/reec_vol2_num1_pag30.pdf> Acesso em 28 Ago. 2012.