

UMA MODELAGEM MATEMÁTICA APLICADA À LOGÍSTICA DE TRANSPORTES VISANDO O DESLOCAMENTO DAS CARGAS COM CUSTO TOTAL MÍNIMO

Área de conhecimento (Tabela CNPq): 3.08.02.00-8 Pesquisa Operacional.

Apresentado no
4º Congresso de Pós-Graduação do IFSP
27 e 28 de novembro de 2019- Sorocaba-SP, Brasil

RESUMO: Este artigo tem o objetivo de analisar um caso hipotético de uma logística de transporte envolvendo deslocamento das cargas sob a ótica da pesquisa operacional. Para tanto o modelo será construído, resolvido e analisado, utilizando-se a ferramenta Visual Basic para Aplicativos no software Excel®.

PALAVRAS-CHAVES: Distribuição de Cargas, Pesquisa Operacional, Programação Linear, Otimização Combinatória.

A MATHEMATICAL MODELING APPLIED TO TRANSPORT LOGISTICS AIMING AT THE DISPLACEMENT OF LOADS WITH MINIMUM TOTAL COST

ABSTRACT: This paper aims to analyze a hypothetical case of a transport logistics involving displacement of the loads from the perspective of Operational Research. For both the model is built, solved and analyzed using the Visual Basic for Applications tool software in Excel®.

KEYWORDS: Load Distribution, Operations Research, Linear Programming, Combinatorial Optimization.

INTRODUÇÃO

O transporte pode ser a chave mestra para uma estratégia empresarial de sucesso, porque é capaz de auxiliar empresas e organizações na agregação e criação de valor ao cliente, provendo uma multiplicidade de maneiras para diferenciar a empresa da concorrência por meio de um serviço ágil, ou ainda, por meio da minimização de custos operacionais. Os custos de transporte, como sendo monetários de movimentação no espaço, possui um lugar especial na análise locacional. A tomada de decisão em uma organização é algo de grande responsabilidade, pois por meio desta pode-se definir como são escolhidas algumas ou apenas uma entre muitas alternativas para as ações a serem realizadas, haja vista que a preocupação com custos deve ser constante, já que se trata de um gasto que agrega valor aos produtos ou serviços. O propósito deste trabalho, além de minimizar o custo total do deslocamento das cargas dos locais de origem (polos produtores) para os locais de destino (polos consumidores), é proceder de forma a gerar uma distribuição ótima do produto, considerando que as quantidades produzidas/consumidas são diferentes em cada polo, necessitando um equacionamento adequado na distribuição. O objetivo é determinar (criar) um modelo matemático para o planejamento ideal na realização do transporte, utilizando a pesquisa operacional.

Um modelo que minimize o custo (gasto) total das cargas transportadas, através de planilhas eletrônicas do software Excel® e a ferramenta *Visual Basic for Applications_VBA*. O enfoque será no que é tarefa da transportadora contratada para a realização do transporte: a modelagem do problema e a análise de sua resposta.

MÉTODO

Para a solução de problemas de logística de transporte, neste trabalho será utilizado um caso hipotético para demonstrar aplicabilidade da modelagem matemática desenvolvida e o uso da ferramenta VBA no Excel®. A representação semiótica criada nesta modelagem, implica na “**Matriz Gasto**” com o transporte, formada por “linhas produtoras” e “colunas consumidoras”. Iremos considerar dois detalhes importantes neste caso: as toneladas de produtos produzidas e consumidas são diferentes para cada polo e o valor do frete (unidade monetária) por tonelada transportada(t) sendo fator previamente definido (calculado) pela transportadora dentre as hipóteses (possibilidades) de deslocamento (origem/destino) na matriz em questão. A técnica de otimização utilizada para a referida distribuição é o método de programação inteira chamada de “**Branch and Bound** ($\beta\beta$)”.

MODELO

Uma transportadora contratada para a realização do transporte de produtos, deverá buscar produtos em 6(seis) cidades produtoras (*Ata, Bora, Cota, Data, Eta e Fafa*) e levar para 9(nove) cidades consumidoras (*Ari, Tai, Urai, Rali, Sabi, Fui, Seci, Peri e Lara*) com o **custo total mínimo**. As quantidades produzidas do produto em cada cidade/polo são indicadas na Tabela 1 e as consumidas na Tabela 2.

TABELA 1: Quantidades produzidas do produto.

Polos Produtores	Ata	Bora	Cota	Data	Eta	fafa
Quantidades	400t	260t	200t	260t	450t	350t

TABELA 2: Quantidades consumidas do produto.

Polos Consumidores	Ari	Tai	Urai	Rali	Sabi	Fui	Seci	Peri	Lara
Quantidades	270t	200t	120t	310t	280t	240t	310t	280t	240t

MODELAGEM MATEMÁTICA

Rótulos Pertinentes ao Modelo Matemático.

p = ícone relativo às cidades produtoras.

c = ícone relativo às cidades consumidoras.

G(p_c) = gasto com o transporte em um/t da cidade **p** para a cidade **c**.

QP(p) = quantidade máxima de produto em toneladas (t) produzidas pela cidade **p**.

NC(c) = quantidade máxima de produto em toneladas (t), consumidas pela cidade **c**.

T(p_c) = toneladas (t) de produto transportados da cidade **p** para a cidade **c**.

CT = custo total de transporte em unidade monetária (u.m).

FUNÇÃO OBJETIVO (F.O)

A função objetivo será a minimização do custo total do transporte.

$$\text{Minimizar: } CT = \sum_{p=1}^6 \sum_{c=1}^9 G(p_c) \cdot T(p_c)$$

RESTRIÇÕES DO MODELO DE SAÍDA (ORIGEM)

Toneladas Transportadas “x” Quantidades Produzidas.

Para: $p = 1, 2, 3 \dots 6$

$$\sum_{c=1}^9 T(pc) \geq QP(p) = T(p1) + T(p2) + T(p3) + \dots + T(pc) \geq QP(p)$$

RESTRIÇÕES DO MODELO DE CHEGADA (DESTINO)

Toneladas Transportadas “x” Quantidades Consumidas.

Para: $c = 1, 2, 3 \dots 9$

$$\sum_{p=1}^6 T(pc) \geq NC(c) = T(1c) + T(2c) + T(3c) + \dots + T(pc) \geq NC(c)$$

SOLUÇÃO COMPUTACIONAL (VBA) PARA O MODELO

No Microsoft Excel o VBA é encontrado em:

Página Inicial > Desenvolvedor > Visual Basic... > Inserir > Módulo

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Todas as restrições e condições foram atendidas. Nada mais necessita ser alterado. O VBA respeita todas as restrições, sejam elas de saída (origem) ou chegada (destino).

Os valores, Tabela 3(Matriz Gasto), indicam os custos iniciais, ou seja, valor do frete (unidade monetária) por tonelada transportada(t), com suas respectivas informações e iconografias necessárias. Na Tabela 4 (Matriz Solução), os valores representam a solução do modelo matemático, caracterizando a distribuição ideal e de forma concomitante o custo ideal.

Vale dizer, que o valor apresentado no canto superior esquerdo (**F.O**), Tabela 4, representa o custo ideal da operação de distribuição.

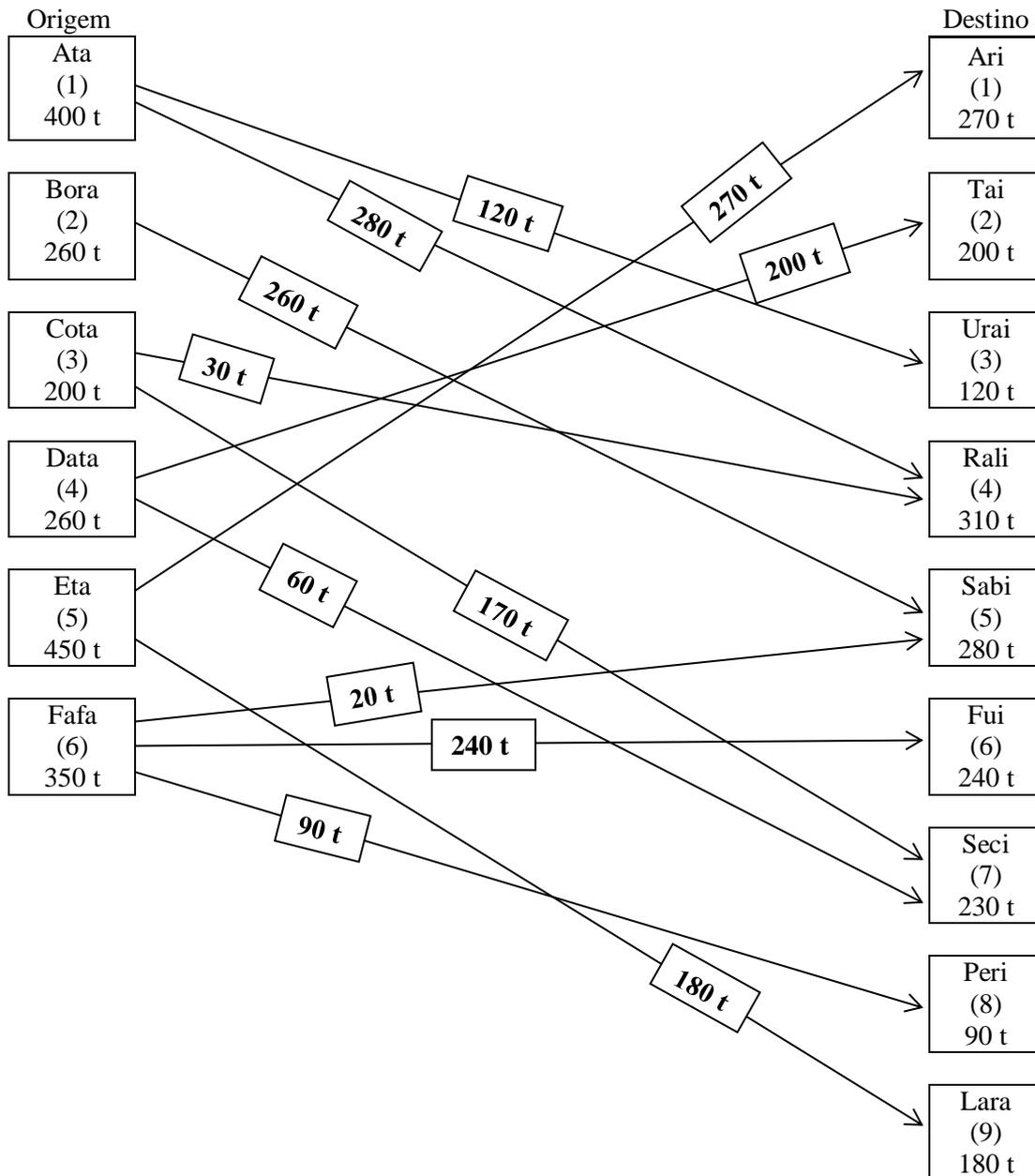
TABELA 3: Valor Frete / Tonelada Transportada – Matriz Gasto.

Coeficientes	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	20 (G11)	40 G(12)	10 G(13)	30 G(14)	60 G(15)	70 G(16)	80 G(17)	90 G(18)	50 G(19)
2	50 (G21)	60 G(22)	80 G(23)	20 G(24)	10 G(25)	70 G(26)	90 G(27)	30 G(28)	40 G(29)
3	90 (G31)	30 G(32)	50 G(33)	20 G(34)	70 G(35)	40 G(36)	10 G(37)	60 G(38)	80 G(39)
4	80 G(41)	20 G(42)	30 G(43)	70 (G44)	40 G(45)	90 G(46)	10 G(47)	50 G(48)	60 G(49)
5	10 G(51)	80 G(52)	50 G(53)	60 G(54)	30 G(55)	70 G(56)	90 G(57)	40 G(58)	20 G(59)
6	40 G(61)	60 G(62)	90 G(63)	80 G(64)	20 G(65)	10 G(66)	70 G(67)	30 G(68)	50 G(69)

TABELA 4: Matriz Solução.
 Função Objetivo: **CT = 30.900 um.**

Variáveis	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0 t	0 t	120 t	280 t	0 t	0 t	0 t	0 t	0 t
2	0 t	0 t	0 t	0 t	260 t	0 t	0 t	0 t	0 t
3	0 t	0 t	0 t	30 t	0 t	0 t	170 t	0 t	0 t
4	0 t	200 t	0 t	0 t	0 t	0 t	60 t	0 t	0 t
5	270 t	0 t	0 t	0 t	0 t	0 t	0 t	0 t	180 t
6	0 t	0 t	0 t	0 t	20 t	240 t	0 t	90 t	0 t

GRAFO DISTRIBUTIVO ÓTIMO DO MODELO



CONCLUSÕES

A solução apresentada pelo VBA através do modelo matemático desenvolvido é a melhor possível. O método computacional encontrou a melhor minimização de custo dentro das restrições de distribuição (origem/destino). Toda demanda foi contemplada e nenhum polo consumidor/produzidor deixou de ser atendido.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Instituto Federal de São Paulo pelo apoio e incentivo nas políticas de capacitação, fazendo-me repensar o meu lugar no palco da existência.

REFERÊNCIAS

BALLOU, Ronald H. Logística empresarial: transportes, administração de materiais e distribuição física. São Paulo: Atlas, 1993.

CHRISTOPHER, M. Logística e gerenciamento da cadeia de suprimentos. Estratégia para a Redução de Custos e Melhoria dos Serviços. São Paulo: Pioneira, 1997, 240p.

COLIN, EMERSON C. (2007) Pesquisa operacional: 170 aplicações em estratégia, finanças, logística, produção, marketing e vendas, LTC, Rio de Janeiro.

LACHTERMACHER, Gerson - Pesquisa operacional na tomada de decisões / 1. Ed. - São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2008.

MARTINS, Petrônio Garcia; LAUGENI, Fernando Piero – Administração da Produção / 2. ed. rev. aum. e atual – São Paulo: Saraiva, 2005.

MARTOS, A.C. (2000) Projeto de redes logísticas com consideração de estoques e modais: aplicação de programação linear inteiro-mista à indústria petroquímica. São Paulo: EPUSP, Departamento de Engenharia de Produção. 98p. Dissertação (Mestrado).

REBELO, J. (2011) Logística de carga no Brasil: Como reduzir Custos Logísticos e Melhorar Eficiência? - Sumário Executivo. Sustainable Development Department, World Bank.

RICIERI, Aguinaldo Prandini. Otimização natural: A genética dos máximos e mínimos. São Paulo: Prandiano, 1994.