

Avaliando Resultados: Propostas de Melhoria

Após estudarmos todo o processo de modelagem matemática em tomadas de decisão, temos que aprender a analisar, detalhadamente os resultados, avaliando-os e “criando” propostas de melhoria do processo de negócio em questão.

Vamos focar esta Unidade de Estudo nos modelos de otimização, visto que os modelos multicritérios apresentam, em seus resultados, uma hierarquização das alternativas de decisão (e, isto requer ao decisor escolher uma das alternativas, justificando-a em função dos critérios de decisão pré-estabelecidos).

Nos modelos de otimização, a análise precisa ser um pouco mais detalhada, visto que é importante analisar os resultados do problema (situação empresarial) e da pós-otimização (análise de sensibilidade).

Vamos considerar a seguinte situação empresarial:

Uma empresa do segmento automobilístico fábrica 3 modelos de automóveis nas suas fábricas: modelo de 1.100 cilindradas (c.c.), modelo de 1.400 c.c. e modelo de 1.800 c.c.

Um conflito trabalhista faz prever uma greve prolongada na fábrica 1 num futuro muito próximo.

Para fazer face a esta situação, a direção da empresa decidiu preparar um plano excepcional de produção e vendas para o próximo período, pressupondo que não haverá produção na fábrica 1 durante este período.

Neste mesmo período, a capacidade de produção da fábrica 2 será de 4.000 unidades de 1.100 c.c., ou 3.000 unidades de 1.400 c.c. ou 2.000 unidades de 1.800 c.c. ou qualquer combinação apropriada destes 3 modelos. Uma combinação apropriada pode ser, por exemplo, 2.000 unidades de 1.100 c.c. (50% da capacidade), 900 unidades de 1.400 c.c. (30% da capacidade) e 400 modelos de 1.800 c.c. (20% da capacidade).

Analogamente a fábrica 3 tem capacidade para 3.000 modelos de 1.100 c.c. ou 8.000 modelos de 1.400 c.c. ou qualquer combinação apropriada destes 2 modelos, não sendo o modelo de 1.800 c.c. produzido nesta fábrica.

Cada automóvel de 1.100 c.c. é vendido por \$1.150, cada modelo de 1.400 c.c. é vendido por \$1.450 e cada modelo de 1.800 c.c. é vendido por \$1.800.

O custo de produção na fábrica 2 é de \$875, \$1.200 e \$1.450 para cada unidade produzida dos modelos de 1.100 c.c., 1.400 c.c. e 1.800 c.c. respectivamente. Por sua vez o custo de produção na fábrica 3 é de \$900 para cada unidade produzida do modelo de 1.100 c.c. e de \$1.100 para cada unidade do modelo de 1.400 c.c.

A empresa assumiu compromissos que a obrigam a fornecer 1.000 unidades do modelo de 1.800 c.c. para exportação.

Por outro lado, dada a queda na procura pelos modelos de 1.100 c.c. e 1.800 c.c., o departamento comercial estima em 1.000 e 2.500 unidades as vendas máximas destes 2 modelos, respectivamente. Como o modelo de 1.400 c.c. é atualmente um grande sucesso comercial, não existe limitação para suas vendas.

No início do período, os estoques dos 3 modelos são de 200 unidades do modelo de 1.100 c.c., 600 unidades do modelo de 1.400 c.c. e 200 unidades do modelo de 1.800 c.c.

É possível, dados os últimos acordos assinados, importar da Argentina até 500 unidades do modelo de 1.100 c.c. Cada modelo importado custará \$1.000.

Considerando que o objetivo da empresa é maximizar seus lucros, analise a situação empresarial e formule propostas de melhoria.

Como fizemos nas Unidades de Estudo 2, 3 e 4, o primeiro passo é o desenvolvimento do modelo matemático de otimização:

(i) Variáveis do modelo (problema):

X_1 – número de unidades do modelo de 1.100 c

.c. a serem produzidas na Fábrica 2.

X_2 – número de unidades do modelo de 1.400 c.c. a serem produzidas na Fábrica 2.

X_3 – número de unidades do modelo de 1.800 c.c. a serem produzidas na Fábrica 2.

X_4 – número de unidades do modelo de 1.100 c.c. a serem produzidas na Fábrica 3.

X_5 – número de unidades do modelo de 1.400 c.c. a serem produzidas na Fábrica 3.

X_6 – número de unidades do modelo de 1.100 c.c. a serem importadas da Argentina.

(ii) Função Objetivo:

$$\text{Máx } Z = 275 \times X_1 + 250 \times X_2 + 350 \times X_3 + 250 \times X_4 + 350 \times X_5 + 150 \times X_6$$

(iii) Restrições:

$$\text{Modelo 1.100 c.c.} \Rightarrow X_1 + X_4 + X_6 \leq (1000 - 200)$$

$$\text{Modelo 1.100 c.c.} \Rightarrow X_6 \leq 500$$

$$\text{Modelo 1.800 c.c.} \Rightarrow X_3 \Rightarrow (1000 - 200)$$

$$\text{Modelo 1.800 c.c.} \Rightarrow X_3 \leq (2500 - 200)$$

$$\text{Capac. Prod Fábrica 2} \Rightarrow X_1 / 4000 + X_2 / 3000 + X_3 / 2000 \leq 1$$

$$\text{Capac. Prod Fábrica 3} \Rightarrow X_4 / 3000 + X_5 / 8000 \leq 1$$

Todos os valores de X devem ser ≥ 0 .

Após o desenvolvimento do modelo matemático, utilizamos o MS-Excel para resolver o sistema de equações:

Variáveis	$X_{1.100 - \text{fab.2}}$	$X_{1.400 - \text{fab.2}}$	$X_{1.800 - \text{fab.2}}$	$X_{1.100 - \text{fab.3}}$	$X_{1.400 - \text{fab.3}}$	$X_{1.100 - \text{import.}}$		
Valor	300	1.575	800	0	8.000	500		
Coefficientes							Equações	
Lucro (F.Obj.)	275	250	350	250	350	150	3.631.250	Restrição
Dem.Max.1.100	1	0	0	1	0	1	800	800
Imp.Max.1.100	0	0	0	0	0	1	500	500
Cont.Min.1.800	0	0	1	0	0	0	800	800
Dem.Max.1.800	0	0	1	0	0	0	800	2300
Cap.Fab.2	0,00025	0,000333333	0,0005	0	0	0	1	1
Cap.Fab.3	0	0	0	0,000333333	0,000125	0	1	1

e fazer a análise de sensibilidade:

Células Variáveis						
		Final	Reduzido	Objetivo	Permitido	Permitido
Célula	Nome	Valor	Custo	Coefficiente	Aumentar	Reduzir
\$B\$2	Valor X 1.100 - fab.2	300	0	275	62,5	87,5
\$C\$2	Valor X 1.400 - fab.2	1575	0	250	116,6666667	16,66666667
\$D\$2	Valor X 1.800 - fab.2	800	0	350	25	1E+30
\$E\$2	Valor X 1.100 - fab.3	0	-770,8333333	250	770,8333333	1E+30
\$F\$2	Valor X 1.400 - fab.3	8000	0	350	1E+30	289,0625
\$G\$2	Valor X 1.100 - import.	500	0	150	1E+30	62,5

Restrições						
		Final	Sombra	Restrição	Permitido	Permitido
Célula	Nome	Valor	Preço	Lateral R.H.	Aumentar	Reduzir
\$H\$10	Cap.Fab.2 Equações	1	750.000	1	1E+30	0,525
\$H\$11	Cap.Fab.3 Equações	1	2.800.000	1	1E+30	1
\$H\$6	Dem.Max.1.100 Equações	800	87,50	800	2100	300
\$H\$7	Imp.Max.1.100 Equações	500	62,50	500	300	500
\$H\$8	Cont.Min.1.800 Equações	800	-25,00	800	1050	800
\$H\$9	Dem.Max.1.800 Equações	800	0,00	2300	1E+30	1500

Estão aí, os resultados que precisam ser analisados para que as propostas de melhoria possam ser formuladas.

Análise dos Resultados dos Modelos

Observando-se a tabela dos resultados da resolução do modelo de otimização, podemos concluir que a empresa terá um lucro de 3.631.250 unidades monetárias, para a seguinte programação de produção e/ou importação:

- na fabrica 2:
 - modelo 1.100 c.c.: 300 unidades.
 - modelo 1.400 c.c.: 1.575 unidades.
 - modelo 1.800 c.c.: 800 unidades.
- na fábrica 3:
 - modelo 1.100 c.c.: 0 unidades.
 - modelo 1.400 c.c.: 8.000 unidades.
- importação da Argentina:
 - modelo 1.110 c.c.: 500 unidades.

Além disso, quando observamos o comportamento das restrições, é possível concluir que a empresa:

- atenderá a demanda máxima do modelo de 1.100 c.cc
- importará toda a cota do modelo de 1.100 c.c.
- cumprirá o contrato de exportação do molde de 1.800 c.c.
- não conseguirá atender a demanda máxima do modelo de 1.800 c.c., deixando de atender 1.500 consumidores.
- utilizará 100% da capacidade de produção da fábrica 2.
- utilizará 100% da capacidade de produção da fábrica 3.

Observando-se, agora, a primeira tabela da análise de sensibilidade (variação dos coeficientes da função objetivo), é possível concluir que a empresa:

- deverá produzir 300 unidades do modelo de 1.100 c.c. na fábrica 2, enquanto o lucro unitário estiver variando entre 187,50 e 337,50 unidades monetárias.
- deverá produzir 1.575 unidades do modelo de 1.400 c.c. na fábrica 2, enquanto o lucro unitário estiver variando entre 233,33 e 366,67 unidades monetárias.
- deverá produzir 800 unidades do modelo de 1.800 c.c. na fábrica 2, enquanto o lucro unitário for inferior à 375,00 unidades monetárias.
- Só deverá produzir unidades do modelo de 1.100 c.c. na fábrica 3, se o lucro unitário for superior à 1.020,83 unidades monetárias.
- deverá produzir 8.000 unidades do modelo de 1.400 c.c. na fábrica 3, enquanto o lucro unitário for superior à 60,94 unidades monetárias.
- deverá importar 500 unidades do modelo de 1.100 c.c., enquanto o lucro unitário for superior à 87,50 unidades monetárias.

Ainda em relação à primeira tabela da análise de sensibilidade (custo reduzido), é possível concluir que, se a empresa decidir produzir, na fábrica 3, unidades do modelo de 1.100 c.c. e vendê-las, terá uma redução, no seu lucro, de 770,83 unidades monetárias por veículo produzido e vendido.

Em relação à segunda tabela da análise de sensibilidade (preço-sombra), é possível concluir que a empresa poderá considerar que:

- se duplicar a capacidade de produção da fábrica 2, terá um incremento no lucro de 750.000 unidades monetárias.
- se duplicar a capacidade de produção da fábrica 3, terá um incremento no lucro de 2.800.000 unidades monetárias.
- Se aumentar uma unidade de demanda do modelo de 1.100 c.c., terá um incremento no lucro de 87,50 unidades monetárias.
- Se aumentar uma unidade de importação do modelo de 1.100 c.c., terá um incremento no lucro de 62,50 unidades monetárias.
- Se decidir produzir uma unidade do modelo de 1.100 c.c. na fábrica 3, terá uma redução no lucro de 25,00 unidades monetárias.

Com esta análise detalhada é possível fazermos algumas proposições de melhoria do negócio da empresa em questão.

Propostas de Melhoria

Observando-se detalhadamente os itens apontados na análise dos resultados, é possível propor as seguintes melhorias nos negócios da empresa em pauta:

- 1ª Proposta: implementar a programação de produção apontada pelo modelo de otimização (que resulta em lucro máximo para o negócio), isto é:
 - produzir na fábrica 2:

- ✓ modelo 1.100 c.c.: 300 unidades.
 - ✓ modelo 1.400 c.c.: 1.575 unidades.
 - ✓ modelo 1.800 c.c.: 800 unidades.
- produzir na fábrica 3:
 - ✓ modelo 1.100 c.c.: 0 unidades.
 - ✓ modelo 1.400 c.c.: 8.000 unidades.
- importar da Argentina:
 - ✓ modelo 1.110 c.c.: 500 unidades.
- 2ª Proposta: se a primeira proposta for implementada, monitorar os preços de venda e os custos, ou seja, os lucros dos veículos produzidos e vendidos, de modo que estes lucros estejam nos intervalos definidos na análise de sensibilidade:
 - modelo de 1.100 c.c. produzido na fábrica 2: o lucro unitário deverá estar entre 187,50 e 337,50 unidades monetárias.
 - modelo de 1.400 c.c. produzido na fábrica 2: o lucro unitário deverá estar entre 233,33 e 366,67 unidades monetárias.
 - modelo de 1.800 c.c. produzido na fábrica 2: o lucro unitário deverá ser inferior à 375,00 unidades monetárias.
 - modelo de 1.100 c.c. produzido na fábrica 3, somente o lucro unitário for superior à 1.020,83 unidades monetárias.
 - modelo de 1.400 c.c. produzido na fábrica 3, enquanto o lucro unitário for superior à 60,94 unidades monetárias.
 - modelo de 1.100 c.c. importado da Argentina, enquanto o lucro unitário for superior à 87,50 unidades monetárias.
- 3ª Proposta: considerando haver demanda não atendida do modelo de 1.800 c.c. (1.500 consumidores), propõe-se o aumento gradativo de 25,00 unidades monetárias no preço de venda (de modo que o lucro unitário não exceda 375,00 unidades monetárias). Durante o processo gradativo de aumento de preço, a empresa deverá monitorar a redução de demanda, parando o aumento se a demanda, pelo modelo de 1.800 c.c., atingir o valor de 1.000 unidades.
- 4ª Proposta: havendo recursos financeiros para investimentos, propõe-se duplicar a capacidade de produção da fábrica 3, visto que proporcionará um aumento significativo no lucro.