SOLVER como suplemento do Excel

SOLVER as Excel add-in

SOLVER como suplemento de Excel

A ferramenta SOLVER é extremamente útil para todos os profissionais que necessitam resolver problemas de recursos limitados e usá-los da maneira mais eficiente possível; normalmente procurando Maximização de Lucros e Minimização de Custos.

A otimização matemática conduz a determinação de objetivos, considerando-se as restrições para todas as variáveis de decisão.

Com isso, a cessão do SOLVER pela Frontline Systems à Microsoft, faz deste aplicativo um excelente solucionador de problemas.

The tool solver is extremely useful for all professionals who need to solve problems of limited resources and use them in the most efficient manner possible; normally looking for maximization of profits and minimizing costs. The mathematical optimization leads the determination of goals, considering the restrictions for all variables of the decision. With this, the transfer of the SOLVER by Frontline systems to Microsoft, makes this application a excellent troubleshooter.

La herramienta Solver es extremadamente útil para todos los profesionales que necesitan para resolver problemas con los limitados recursos y utilizarlos de la manera más eficiente posible; normalmente busca la Maximización de los Beneficios y Minimizar los Costos. La optimización matemática conduce a la determinación de objetivos, habida cuenta de las restricciones para todas las variables de decisión. Con ello, la transferencia del SOLVER de Frontline Systems a Microsoft, hace de esta aplicación un excelente solucionador de problemas.

Palavras-chave: *Desenvolvimentismo.*

Autores:

Marco Antonio Greco

Engenheiro Mecânico (FEI-PUC/SP – USU/RJ). Pós-graduado em Engenharia Econômica e Administração Industrial (COPPE-UFRJ). Professor do Curso de Engenharia Mecânica na Universidade Estácio de Sá - Campus Praça XI e Campus Niterói

Email: *marco.grecog@gmail.com*

Desde muito tempo que os empresários, financistas, contabilistas, responsáveis por produção nas indústrias, logísticas de distribuição em todos os países, se preocupam com os Lucros, com os Custos dos processos de fabricação, de distribuição e das vendas.

Os profissionais que se incumbem de preparar dados para obter resultados das necessárias análises, normalmente, são Economistas, Contabilistas, Administradores, Engenheiros e muitas vezes Analistas de Sistemas.

Atualmente com a larga utilização de micros, cada vez mais potentes em processamento e com grande capacidade de armazenamento, ferramentas desenvolvidas por empresas fornecedoras de soluções de Informática, tornam disponíveis

software que facilitam e agilizam os cálculos para se determinar objetivos a alcançar.

Uma dessas ferramentas como o nome de aplicativo, programa ou rotina está disponível em uma das plataformas de planilhas eletrônicas mais utilizadas no mundo, o Excel, do Office da Microsoft.

Trata-se do “SOLVER”; um suplemento instalável do Excel, é um software desenvolvido pela Frontline Systems e cedido à Microsoft para utilização naquela ferramenta do Office.

A Frontline Systems (www.frontsys.com) possui software para bancos de dados (matrizes) muito grandes, bem superiores aos possíveis com o Excel.

Para o bom aproveitamento desta ferramenta é desejável, mas não imprescindível, que o usuário tenha noções de Álgebra Linear, Matrizes e Programação Linear.

A montagem das matrizes, a análise das restrições e a determinação da função objetivo levam à solução desejada.

Na maioria dos cursos de Pós-graduação em Gestão de Negócios, Engenharia Econômica, Administração Industrial, Logística, etc. oferecidos pelas Universidades; este software é utilizado para resolver problemas de Maximização de Lucros, Minimização de Custos e outros.

O objetivo deste artigo é somente mostrar alguns exemplos de problemas que foram resolvidos com o uso do SOLVER; para que os leitores vejam com calma e aproveitem os exemplos para quando precisarem.

Este 1º exemplo tem a ver com o orçamento da publicidade alocada em função da sazonalidade para se verificar o Lucro.

A empresa do Sr. Jorge Bobina apresenta um modelo de Marketing típico mostrando as vendas partindo de um número básico (talvez devido à equipe de vendas) juntamente com aumentos em publicidade, mas com retorno decrescente; por exemplo, os primeiros R\$ 10.000,00 de publicidade no 1º trimestre produzem cerca de 798 unidades vendidas a mais, mas os próximos R\$ 10.000,00 produzem apenas cerca de 399 unidades a mais. Verificar se o orçamento de publicidade está baixo demais e se a publicidade deveria ser alocada de modo diferente ao longo do tempo para se tirar proveito do fator sazonalidade.

Problema de Marketing com Solver					
Mês	1º Trim	2º Trim	3º Trim	4º Trim	Total
Sazonalidade	0,9	1,1	0,9	1,4	
Unidades vendidas	3.592	4.390	3.592	5.587	17.160
Receita de vendas	143.662,10	175.587,02	143.662,10	223.474,38	686.386
Custo de vendas	89.788,81	109.741,88	89.788,81	139.671,49	428.991
Margem bruta	53.873,29	65.845,13	53.873,29	83.802,89	257.395
Equipe de vendas	8.000,00	8.000,00	8.000,00	8.000,00	32.000
Publicidade	10.000,00	10.000,00	10.000,00	10.000,00	40.000
Despesas administrativas	21.549,32	26.338,05	21.549,32	33.521,16	102.958
Custo total	39.549,32	44.338,05	39.549,32	51.521,16	174.958
Lucro do produto	14.323,97	21.507,08	14.323,97	32.281,74	82.436,76
Margem de lucro	10 %	12 %	10 %	14 %	12 %
Preço do produto	40,00				
Custo do produto	25,00				

O 2º exemplo refere-se à programação de uma dieta do Sr. Rolando Escada Abaixo, levando em conta as quantidades de vitaminas e os alimentos que as contém, considerando os custos unitários dos alimentos com objetivo de saber o consumo diário dos alimentos e ao menor custo possível.

O Sr. Rolando Escada Abaixo foi forçado pelo seu médico, Dr. Fujiu Nakombi, a fazer uma dieta alimentar que forneça diariamente, pelos menos as seguintes quantidades de vitaminas A, B, C e D:

A	80
B	70
C	100
D	60

A dieta deverá incluir leite, arroz, feijão e carne, que contêm os seguintes miligramas de vitaminas em cada uma de suas unidades

Alimentos				
Vitaminas	Leite	Arroz	Feijão	Carne
A	10	5	9	10
B	8	7	6	6
C	15	3	4	7
D	20	2	3	9

Os custos unitários desses alimentos são os seguintes :

Leite	\$ 1,00 / l
Arroz	\$ 0,80 / kg
Feijão	\$ 1,20 / kg
Carne	\$ 3,50 / kg

Deseja-se saber o consumo diário de cada um desses alimentos de tal maneira que a dieta satisfaça as prescrições médicas e seja a de menor custo possível.

xj = quantidades de produtos que irão entrar na dieta

Objetivo : Minimizar : $1.x1 + 0,8.x2 + 1,2.x3 + 3,5.x4$

Restrições :

$$10.x1 + 5.x2 + 9.x3 + 10.x4 \geq 80$$

$$8.x1 + 7.x2 + 6.x3 + 6.x4 \geq 70$$

$$15.x1 + 3.x2 + 4.x3 + 7.x4 \geq 100$$

$$20.x1 + 2.x2 + 3.x3 + 9.x4 \geq 60$$

$$xj \geq 0$$

Quantidades de vitaminas ==>		80	70	100	60
A	2650	10	5	9	10
B	2090	8	7	6	6
C	2230	15	3	4	7
D	2580	20	2	3	9
Custos unitários ==>		1,00	0,80	1,20	3,50
466,00					

O 3º problema é o interesse do empresário Mc' Akon em maximizar o lucro mensal da produção de seus produtos, com os recursos que têm disponíveis.

A empresa do Sr. Mc' Akon está interessada em maximizar o lucro mensal proveniente de 4 de seus produtos, designados por P1, P2, P3 e P4. Para fabricar esses 4 produtos, a fábrica utiliza 2 tipos de máquinas, M1 e M2 e 2 tipos de mão de obra, MO1 e MO2.

Quadro de disponibilidades

Máquina	Tempo disponível	Mão de obra	Tempo disponível
	(maq.hora/mês)		(homem.hora/mês)
M1	80	MO1	120
M2	20	MO2	160

Nº de máq.-hora para produzir uma unidade de cada produto

	Produtos			
Máq.	P1	P2	P3	P4
M1	5	4	8	9
M2	2	6	0	8

Nº de homens-hora para produzir uma unidade de cada produto

Mão de obra	Produtos			
	P1	P2	P3	P4
MO1	2	4	2	8
MO2	7	3	0	7

	Potencial de vendas	Lucro unitário
Produtos	(unidades/mês)	(\$/unidade)
P1	70	10
P2	60	8
P3	40	9
P4	20	7

x_j = produção mensal de cada produto P_j

Objetivo : maximizar $10.x_1 + 8.x_2 + 9.x_3 + 7.x_4$

Restrições :

$$5.x_1 + 4.x_2 + 8.x_3 + 9.x_4 \leq 80$$

$$2.x_1 + 6.x_2 + \quad + 8.x_4 \leq 20$$

$$2.x_1 + 4.x_2 + 2.x_3 + 8.x_4 \leq 120$$

$$7.x_1 + 3.x_2 + \quad + 7.x_4 \leq 160$$

$$x_1 \leq 70 ; x_2 \leq 60 ; x_3 \leq 40 ; x_4 \leq 20$$

	Produtos					
	Potencial de vendas	70	60	40	20	
M1	80	217	5	4	8	9
M2	20	124	2	6	0	8
MO1	120	126	2	4	2	8
MO2	160	143	7	3	0	7
x_j =Produção mensal de cada produto			10	8	9	7
			1.680,00			

O 4º problema também é de um empresário, Sr. Omar Motta, que armazena seus produtos (garrafas de suco e garrafas de vinho) para venda, considerando restrições para os 2 tipos de produtos, ele quer determinar o lucro líquido máximo com a produção da fábrica.

A fábrica do Sr. Omar Motta produz garrafas e usa uma única máquina, que está disponível 60 horas/semana							
O trabalho é programado semanalmente onde se gasta toda a semana produzindo garrafas e armazenando-as em um galpão; ao final de cada semana toda a produção da semana é despachada							
Dois produtos são produzidos, garrafas de suco e garrafas de vinho, a máquina gasta 6 horas para produzir 100 caixas de garrafas de suco e 5 horas para produzir 100 caixas de garrafas de vinho.							
O galpão tem 15000 m³. A contribuição líquida por caixa de garrafas de suco para o lucro (sem custos de produção) é \$5,00 e é de \$4,50 por caixa de garrafas de vinho. O departamento de Marketing estima que se pode vender quantas caixas de garrafas de vinho se puder produzir, mas se pode vender um máximo de 800 caixas de garrafas de suco por semana. Deve ser determinada a produção da fábrica, que respeitando as restrições produzirá o lucro líquido máximo							
Formulação algébrica :							
J = nº de caixas de garrafas de suco produzidas por semana							
W = nº de caixas de garrafas de vinho produzidas por semana							
Maximizar o lucro total líquido em \$: $5 \cdot J + 4,5 \cdot W$							
Restrições :							
Tempo de máquina em horas : $(6/100) \cdot J + (5/100) \cdot W \leq 60$							
Venda de garrafas de suco , em caixas : $J \leq 800$							
Não-negatividade : J , W ≥ 0							
A seguir : problema montado com os dados enunciados							
Tipo da garrafa	Horas de trabalho para cada caixa de garrafas	Espaço para armazenar cada caixa	Contribuição líquida por caixa	Número de caixas	Lucro total de garrafas	Espaço necessário total	Total horas trabalhadas
Suco = J	0,06	10	5,0	200	1000	2000	12
Vinho = W	0,05	20	4,5	200	900	4000	10
Total					1900	6000	22
Restrições							
Espaço disponível		15000					
Máximo de caixas de vasilhame		800					
Total de horas disponível		60					
A seguir : problema resolvido com os dados enunciados							
Tipo da garrafa	Horas de trabalho para cada caixa de garrafas	Espaço para armazenar cada caixa	Contribuição líquida por caixa	Número de caixas	Lucro total de garrafas	Espaço necessário total	Total horas trabalhadas
Suco = J	0,06	10	5,0	643	1000	6.429	39
Vinho = W	0,05	20	4,5	429	900	8.571	21
Total					5.142,86	15.000	60

O 5º problema, o Sr. Tanakara Kenfoi, com base no inventário existente em sua empresa, deseja produzir produtos acabados de modo a maximizar seu lucro.

O Sr. Tanakara Kenfoi gerencia uma fábrica que produz 3 produtos :					
TV's, Aparelhos de som Stereo e speakers. Cada produto é montado de partes do estoque e há 5 tipos de componentes : chassis, tubos de imagem, alto falantes, caixa de força e partes eletrônicas. O objetivo é produzir um conjunto de produtos que devem maximizar os lucros, dados o inventário de componentes existentes.					
Para montar uma TV , são necessários : 1 chassis, 1 tubo de imagem, 2 alto-falantes, 1 caixa de força e 2 conjuntos de partes eletrônicas. Para montar um aparelho de som stereo são necessários : 1 chassis, 2 alto-falantes, 1 caixa de força e 1 conjunto de partes eletrônicas Para montar um speaker, são necessários somente : 1 alto-flante e 1 conjunto de partes eletrônicas. Cada aparelho de TV é vendido com um GPM de \$75 cada, aparelhos de som com GPM de \$50 cada e speakers por \$35 cada.					
O inventário existente é de 450 chassis, 250 tubos de imagem, 800 alto-falantes, caixas de força e 600 conjuntos de partes eletrônicas.					
Formulação algébrica :					
x1 = quantidade de TV's montadas;					
x2 = quantidade de aparelhos de som;					
x3 = quantidade de speakers					
Objetivo : maximizar o lucro de : $75.x1 + 50.x2 + 35.x3$					
Restrições :					
$1.x1 + 1.x2 + 0.x3 \leq 450$ (chassis)					
$1.x1 + 0.x2 + 0.x3 \leq 250$ (tubos de imagem)					
$2.x1 + 2.x2 + 1.x3 \leq 800$ (alto-falantes)					
$1.x1 + 1.x2 + 0.x3 \leq 450$ (caixa de força)					
$2.x1 + 1.x2 + 1.x3 \leq 600$ (partes eletrônicas)					
			TV's	Som	Speaker
	Quantidades a serem montadas		100	100	100
Componentes	Inventário	Quant. Usada			
chassis	450	200	1	1	0
tubo de imagem	250	100	1	0	0
alto-falante	800	500	2	2	1
caixa de força	450	200	1	1	0
parte eletrônica	600	400	2	1	1
		Lucro			
		por produto	75	50	35
	Total	16000			
			TV's	Som	Speaker
	Quantidades a serem montadas		200	200	0
Componentes	Inventário	Quant. Usada			
chassis	450	400	1	1	0
tubo de imagem	250	200	1	0	0
alto-falante	800	800	2	2	1
caixa de força	450	400	1	1	0
parte eletrônica	600	600	2	1	1
		Lucro			
		por produto	75	50	35
	Total	25000			

O 6º problema foi solicitado em um trabalho tipo “Atividade Estruturada” em uma Universidade em São Paulo, com a finalidade de maximizar o lucro da produção da fábrica.

Problema de Pesquisa Operacional com Solver

Uma fábrica produz marobus, marobos e marobis pelos processos alfa e beta a partir de insumos

(recursos) : pequebes e pequebas.

O processo alfa usa, por fornada, 2 unidades de pequebes e 5 de pequebas para produzir 20 marobus, 25 marobos e 30 marobis.

O processo beta usa, por fornada, 4 unidades de pequebes e 5 de pequebas para produzir 23 marobus, 27 marobos, 35 marobis.

Os lucros são de 10 unidades monetárias por fornada do processo alfa e 15 unidades monetárias do processo beta.

Dispõe-se de 150 pequebes e de 300 pequebas.

O sistema de fabricação exige que para cada fornada do processo beta sejam executadas, pelo menos, duas fornadas de alfa. É preciso produzir não mais de 3 marobis para cada marobus.

Objetivando a maximização do lucro total, modele o problema, resolva-o através do "Solver do Excel"

Modelagem :

VD A = quantidade a ser produzida pelo processo alfa

B = quantidade a ser produzida pelo processo beta

Zmáx = 10 . A + 15 . B

S.a Disponibilidade de pequebes : 2 . A + 4 . B ≤ 150

Disponibilidade de pequebas : 5 . A + 5 . B ≤ 300

Disponibilidade de forno : 2 . A - B ≥ 0

Produção : marobis / marobus : 30 . A + 34 . B ≥ 0

(3) (1)

ñ n : A ≥ 0 ; B ≥ 0

3 / 1 = (30 . A + 35 . B) / (20 . A + 23 . B)

60 . A + 69 . B ≤ 30 . A + 35 . B

30 . A + 34 . B ≥ 0

Valor de Alfa	Valor de Beta	Lucro Z
45	15	675

	Alfa	Beta	Disponib.	Consumo	Sobras
Pequebes	2	4	150	150	0
Pequebas	5	5	300	300	0
Demanda	2	-1	0	105	-105
Demanda	30	34	0	1860	-1860
Lucro	10	15	0	0	0

O 7º e último problema, deixamos para exercício dos leitores; trata-se do investidor chinês Sr. Pun Yat Chin, que possui um determinado valor a investir inicialmente e deseja formular um modelo que forneça um plano de investimento, informando quanto de dinheiro o investidor terá no ano seguinte.

O famoso investidor chinês Pun Yat Chin, lutador de Sai Korren Dô, tem 3 alternativas de investimento, disponíveis no próximo ano, elas não são mutuamente exclusivas; qualquer dinheiro recebido de qualquer alternativa poderá ser reinvestido, imediatamente, em qualquer uma das 3 alternativas. A alternativa A está disponível no princípio de cada um dos 4 trimestres seguintes, cada \$ investido em A no princípio de um trimestre devolve \$ 1,10 no final daquele trimestre.

A alternativa B está disponível no princípio de cada um dos 2 semestres seguintes, cada \$ investido em B no princípio de um semestre devolve \$ 1,20 no final daquele semestre.

A alternativa C só está disponível no princípio do primeiro ano, cada \$ investido lhe devolve \$ 1,40 um ano mais tarde.

O capital inicial do Sr. Pun é de \$ 5.000,00. Deseja-se formular um modelo para fornecer o plano de investimento que maximize a quantidade de dinheiro que o investidor pode acumular no final do próximo ano.

Objetivo : Maximizar : $1,1 \cdot x_{A4} + 1,2 \cdot x_{B2} + 1,4 \cdot x_{C1}$

Restrições :

$$x_{A1} + x_{B1} + x_{C1} + R_1 = 5.000$$

$$x_{A2} + R_2 = R_1 + 1,1 \cdot x_{A1}$$

$$x_{A3} + x_{B3} + R_3 = R_2 + 1,1 \cdot x_{A2} + 1,2 \cdot x_{B1}$$

$$x_{A4} + R_4 = R_3 + 1,1 \cdot x_{A3}$$

$$x_{ij} \geq 0 \text{ para todo } i \text{ e todo } j$$

$$R_j \geq 0 \text{ para todo } j$$

O SOLVER não termina pela solução do problema, ele apresenta ainda :

- um Relatório de Limites;
- um Relatório de Respostas e
- um Relatório de Sensibilidade

A seguir, cada destes relatórios para o 5º problema :

Microsoft Excel 8.0a Relatório de limites

Destino		
Célula	Nome	Valor
\$C\$48	Total Por produto	25000

Ajustável			Inferior	Destino	Superior	Destino
Célula	Nome	Valor	Limite	Resultado	Limite	Resultado
\$D\$39	Quantidades a serem montadas TV's	200	0	10000	200	25000
\$E\$39	Quantidades a serem montadas Som	200	0	15000	200	25000
\$F\$39	Quantidades a serem montadas Speaker	0	0	25000	0	25000

Microsoft Excel 8.0a Relatório de resposta

Célula de destino (Máx)

Célula	Nome	Valor original	Valor final
\$C\$48	Total Por produto	16000	25000

Células ajustáveis

Célula	Nome	Valor original	Valor final
\$D\$39	Quantidades a serem montadas TV's	100	200
\$E\$39	Quantidades a serem montadas Som	100	200
\$F\$39	Quantidades a serem montadas Speaker	100	0

Restrições

Célula	Nome	Valor da célula	Fórmula	Status	Transigência
\$C\$41	chassis Quant. Usada	400	\$C\$41<=\$B\$41	Sem agrupar	50
\$C\$42	tubo de imagem Quant. Usada	200	\$C\$42<=\$B\$42	Sem agrupar	50
\$C\$43	alto-falante Quant. Usada	800	\$C\$43<=\$B\$43	Agrupar	0
\$C\$44	caixa de força Quant. Usada	400	\$C\$44<=\$B\$44	Sem agrupar	50
\$C\$45	parte eletrônica Quant. Usada	600	\$C\$45<=\$B\$45	Agrupar	0
\$D\$39	Quantidades a serem montadas TV's	200	\$D\$39>=0	Sem agrupar	200
\$E\$39	Quantidades a serem montadas Som	200	\$E\$39>=0	Sem agrupar	200
\$F\$39	Quantidades a serem montadas Speaker	0	\$F\$39>=0	Agrupar	0

Microsoft Excel 8.0a Relatório de sensibilidade**Células ajustáveis**

Célula	Nome	Final Valor	Reduzido Gradiente
\$D\$39	Quantidades a serem montadas TV's	200	0
\$E\$39	Quantidades a serem montadas Som	200	0
\$F\$39	Quantidades a serem montadas Speaker	0	-2,499975145

Restrições

Célula	Nome	Final Valor	Lagrange Multiplicador
\$C\$41	chassis Quant. Usada	400	0
\$C\$42	tubo de imagem Quant. Usada	200	0
\$C\$43	alto-falante Quant. Usada	800	12,5
\$C\$44	caixa de força Quant. Usada	400	0
\$C\$45	parte eletrônica Quant. Usada	600	25

Considerações finais

Como podem verificar, esta ferramenta do Excel é extremamente útil aos profissionais de Engenharia, seja a modalidade que for; certamente haverá uma oportunidade de aplicá-la em casos reais da empresa em que estiverem trabalhando.

Dedico este resumo aos universitários da Estácio de Sá, procurando mostrar-lhes que um aplicativo como o Excel pode ajudar a resolver problemas na sua vida profissional.

Referências bibliográficas

Hiller, Frederick S; **Lieberman**, Gerald J. ; Introdução à Pesquisa Operacional, Stanford University, Editora Campus, 1974.

Ragsdale, Cliff T. ; Spreadsheet Modeling and Decision Analysis, Virginia Polytechnic and State University, USA, 1998.

Shimizu, Tomio ; Pesquisa Operacional em Engenharia, Economia e Administração – Modelos Básicos e Métodos Computacionais, Editora Guanabara Dois, 1984.

Hirschfeld, Henrique; Engenharia Econômica, Editora Atlas, 1986.

Lapponi, Juan Carlos; Modelagem Financeira com Excel e VBA, Editora Campus, 2008

Ellenrieder, Alberto von; Pesquisa Operacional, ITA, Editora Almeida Neves, 1971.

Bronson, Richard; Pesquisa Operacional, Editora McGraw-Hill, 1985.