

Pesquisa Operacional na Tomada de Decisões

Aplicações Reais

2ª Edição

Capítulo 3.2

© Gerson Lachtermacher, 2005

Conteúdos do Capítulo

- ♦ Caso LCL Motores Ltda.
- ♦ Caso LCL Previdência Privada.
- ♦ Caso LCL Malotes Ltda.
- ♦ Caso LCL Tintas S/A
- ♦ Caso LCL Armazéns e Comércio Ltda.
- ♦ Caso LCL Restaurantes Ltda.

Capítulo 3.2

Caso LCL Motores Ltda.

- ♦ A LCL Motores Ltda recebeu recentemente R\$90.000,00 em pedidos de seus três tipos de motores. Cada motor necessita de um determinado número de horas de trabalho no setor de montagem e de acabamento. A LCL pode terceirizar parte da sua produção. A tabela a seguir resume essas informações. Modele o Problema para descobrir como distribuir a produção.

Modelo	1	2	3	Capacidade
Demanda (unid)	3000	2500	500	
Montagem(h/unid)	1	2	0,5	6000 h
Acabamento (h/unid)	2,5	1	4	10000 h
Produção (RS)	50	90	120	
Terceirizado (RS)	65	92	140	

Capítulo 3.2

Caso LCL Motores Ltda

- ♦ Variáveis de Decisão
 - F_1 – N° motores do modelo 1 fabricados pela LCL
 - F_2 – N° motores do modelo 2 fabricados pela LCL
 - F_3 – N° motores do modelo 3 fabricados pela LCL
 - T_1 – N° motores do modelo 1 terceirizados pela LCL
 - T_2 – N° motores do modelo 2 terceirizados pela LCL
 - T_3 – N° motores do modelo 3 terceirizados pela LCL

Capítulo 3.2

Caso LCL Motores Ltda

- ♦ Função-objetivo

$$\text{Min } 50F_1 + 90F_2 + 120F_3 + 65T_1 + 92T_2 + 140T_3$$

- ♦ Restrições de Produção

$$1F_1 + 2F_2 + 0,5F_3 \leq 6000 \quad (\text{montagem})$$

$$2,5F_1 + 1F_2 + 4F_3 \leq 10000 \quad (\text{acabamento})$$

Capítulo 3.2

Caso LCL Motores Ltda

- ♦ Restrições de Demanda

$$F_1 + T_1 = 3000 \quad (\text{motor do tipo 1})$$

$$F_2 + T_2 = 2500 \quad (\text{motor do tipo 2})$$

$$F_3 + T_3 = 500 \quad (\text{motor do tipo 3})$$

Capítulo 3.2

Caso LCL Motores Ltda O Modelo

$$\text{Min } 50F_1 + 90F_2 + 120F_3 + 65T_1 + 92T_2 + 140T_3$$

st

$$1F_1 + 2F_2 + 0,5F_3 \leq 6000 \text{ (montagem)}$$

$$2,5F_1 + 1F_2 + 4F_3 \leq 10000 \text{ (acabamento)}$$

$$F_1 + T_1 = 3000 \text{ (motor do tipo 1)}$$

$$F_2 + T_2 = 2500 \text{ (motor do tipo 2)}$$

$$F_3 + T_3 = 500 \text{ (motor do tipo 3)}$$

$$F_1, F_2, F_3, T_1, T_2, T_3 \geq 0$$

Capítulo 3.2

Caso LCL Motores Ltda

	A	B	C	D	E	F	G
1	LCL Motores	Motores					
2	Tipo	1	2	3			
3	Fabricado						
4	Terceirizado						
5	Total p/ tipo						
6	Demanda	3000	2500	500			
7							
8	Custos	Reais/Unidade					
9	Fabricado	50	90	120			
10	Terceirizado	65	92	140			
11							
12	Horas	Horas/unidade			Usadas	Disponíveis	
13	Montagem	1	2	0,5		6000	
14	Acabamento	2,5	1	4		10000	
15							
16	Custo Total	0					

Capítulo 3.2

Caso LCL Motores Ltda Função-Objetivo

	A	B	C	D	E	F	G
1	LCL Motores	Motores					
2	Tipo	1	2	3			
3	Fabricado						
4	Terceirizado						
5	Total p/ tipo						
6	Demanda	3000	2500	500			
7							
8	Custos	Reais/Unidade					
9	Fabricado	50	90	120			
10	Terceirizado	65	92	140			
11							
12	Horas	Horas/unidade			Usadas	Disponíveis	
13	Montagem	1	2	0,5		6000	
14	Acabamento	2,5	1	4		10000	
15							
16	Custo Total	0					

Capítulo 3.2

Caso LCL Motores Ltda Função-Objetivo (alternativa)

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	LCL Motores	Motores						
2	Tipo	1	2	3				
3	Fabricado							
4	Terceirizado							
5	Total p/ tipo	0	0	0				
6	Demanda	3000	2500	500				
7								
8	Custos	Reais/Unidade						
9	Fabricado	50	90	120				
10	Terceirizado	65	92	140				
11								
12	Horas	Horas/unidade			Usadas	Disponíveis		
13	Montagem	1	2	0,5		6000		
14	Acabamento	2,5	1	4		10000		
15								
16	Custo Total	0						

Capítulo 3.2

Caso LCL Motores Ltda LHS

	A	B	C	D	E	F
1	LCL Motores	Motores				
2	Tipo	1	2	3		
3	Fabricado					
4	Terceirizado					
5	Total p/ tipo	0	0	0		
6	Demanda	3000	2500	500		
7						
8	Custos	Reais/Unidade				
9	Fabricado	50	90	120		
10	Terceirizado	65	92	140		
11						
12	Horas	Horas/unidade			Usadas	Disponíveis
13	Montagem	1	2	0,5		6000
14	Acabamento	2,5	1	4		10000
15						
16	Custo Total	0				

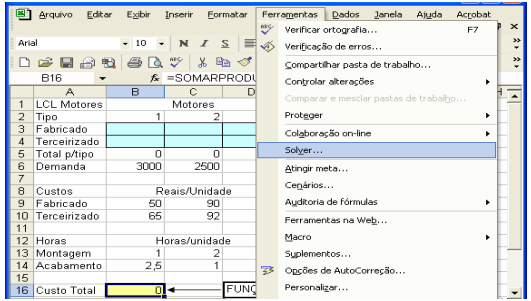
Capítulo 3.2

Caso LCL Motores Ltda LHS

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	LCL Motores	Motores						
2	Tipo	1	2	3				
3	Fabricado							
4	Terceirizado							
5	Total p/ tipo	0	0	0				
6	Demanda	3000	2500	500				
7								
8	Custos	Reais/Unidade						
9	Fabricado	50	90	120				
10	Terceirizado	65	92	140				
11								
12	Horas	Horas/unidade			Usadas	Disponíveis		
13	Montagem	1	2	0,5		6000		
14	Acabamento	2,5	1	4		10000		
15								
16	Custo Total	0						

Capítulo 3.2

Caso LCL Motores Ltda Definindo o Modelo



Capítulo 3.2

Caso LCL Motores Ltda Definindo o Modelo



Capítulo 3.2

Caso LCL Motores Ltda Resposta

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	LCL Motores	Motores						
2	Tipo	1	2	3				
3	Fabricado	3000	500	500				VARIÁVEL DE DECISÃO
4	Terceirizado	0	2000	0				
5	Total p/tipo	3000	2500	500				
6	Demanda	3000	2500	500				
7								
8	Custos	Reais/Unidade						
9	Fabricado	50	90	120				
10	Terceirizado	65	92	140				
11								
12	Horas	Horas/unidade			Usadas	Disponíveis		
13	Montagem	1	2	0,5	4250	6000		
14	Acabamento	2,5	1	4	10000	10000		
15								
16	Custo Total	439000						FUNÇÃO-OBJETIVO

Capítulo 3.2

Caso LCL Investimentos S.A.

- ♦ A LCL Investimentos S.A. gerencia recursos de terceiros através da escolha de carteiras de investimento para diversos clientes, baseados em *bonds* de diversas empresas. Um de seus clientes exige que:
 - Não mais de 25% do total seja aplicado em um único investimento.
 - Mais de 50% do total deve ser aplicado em títulos de maturidade de mais de 10 anos.
 - O total aplicado em títulos de alto risco deve ser no máximo de 50% do total investido.
- ♦ A tabela a seguir mostra os dados dos títulos selecionados

Capítulo 3.2

Caso LCL Investimentos S.A.

	Retorno Anual	Anos para Vencimento	Risco
Título 1	8,7%	15	1- Muito Baixo
Título 2	9,5%	12	3- Regular
Título 3	12,0%	8	4- Alto
Título 4	9,0%	7	2- Baixo
Título 5	13,0%	11	4- Alto
Título 6	20,0%	5	5- Muito Alto

Capítulo 3.2

Caso LCL Investimentos S.A.

- ♦ Variáveis de Decisão
 - P_1 – Percentual do total aplicado no título do tipo 1
 - P_2 – Percentual do total aplicado no título do tipo 2
 - P_3 – Percentual do total aplicado no título do tipo 3
 - P_4 – Percentual do total aplicado no título do tipo 4
 - P_5 – Percentual do total aplicado no título do tipo 5
 - P_6 – Percentual do total aplicado no título do tipo 6

Capítulo 3.2

Caso LCL Investimentos S.A.

- ♦ Função-objetivo

$$\text{Max } 0,087 \left(\frac{P_1}{100} \right) + 0,095 \left(\frac{P_2}{100} \right) + 0,12 \left(\frac{P_3}{100} \right) + 0,09 \left(\frac{P_4}{100} \right) + 0,13 \left(\frac{P_5}{100} \right) + 0,2 \left(\frac{P_6}{100} \right)$$

Capítulo 3.2

Caso LCL Investimentos S.A.

- ♦ Restrição de Orçamento

$$P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5 + P_6 = 100$$

- ♦ Restrições de Máximo de Aplicação por Tipo de Título

$$P_1 \leq 25 \quad P_2 \leq 25 \quad P_3 \leq 25$$

$$P_4 \leq 25 \quad P_5 \leq 25 \quad P_6 \leq 25$$

Capítulo 3.2

Caso LCL Investimentos S.A.

- ♦ Restrições de Mínimo de Aplicação em Título de Maturidade maior que 10 anos.

$$P_1 + P_2 + P_5 \geq 50$$

- ♦ Restrições de Máximo de Aplicação em Título de Alto Risco.

$$P_1 + P_2 + P_4 \geq 50 \quad \text{ou} \quad P_3 + P_5 + P_6 \leq 50$$

Capítulo 3.2

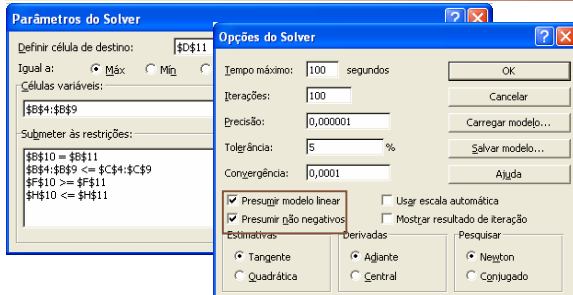
Caso LCL Investimentos S.A.

=SOMARPRODUTO(B4:B9,H4:H9)							
A	B	C	D	E	F	G	H
1							
2		Percentual	Percentual	Retorno	Anos para	Mais de	Risco
3	Tipo	Investido	Máximo	Anual	Vencimento	10 anos	Risco
4	Título 1	0.00%	25	8.70%	15	1	1- Muito Baixo
5	Título 2	0.00%	25	9.50%	12	1	3- Regular
6	Título 3	0.00%	25	12.00%	8	0	4- Alto
7	Título 4	0.00%	25	9.00%	7	0	2- Baixo
8	Título 5	0.00%	25	13.00%	11	1	4- Alto
9	Título 6	0.00%	25	20.00%	5	0	5- Muito Alto
10	Total Invest.						
11	Total Disp.	100.00%	Retorno	0	Matuidade	0	Risco calculado
12					Min. Matur.	50%	Max. Risco

=SOMARPRODUTO(B4:B9,D4:D9)
 =SOMARPRODUTO(B4:B9,F4:F9)

Capítulo 3.2

Caso LCL Investimentos S.A.



Capítulo 3.2

Caso LCL Investimentos S.A.

A	B	C	D	E	F	G	H
2		Percentual	Percentual	Retorno	Anos para	Mais de	Risco
3	Tipo	Investido	Máximo	Anual	Vencimento	10 anos	Risco
4	Título 1	0.00%	25.00%	8.70%	15	1	1- Muito Baixo
5	Título 2	25.00%	25.00%	9.50%	12	1	3- Regular
6	Título 3	0.00%	25.00%	12.00%	8	0	4- Alto
7	Título 4	25.00%	25.00%	9.00%	7	0	2- Baixo
8	Título 5	25.00%	25.00%	13.00%	11	1	4- Alto
9	Título 6	25.00%	25.00%	20.00%	5	0	5- Muito Alto
10	Total Invest.	100.00%			Matuidade	50.00%	Risco calculado
11	Total Disp.	100.00%	Retorno	12.88%	Min. Matur.	50%	Max. Risco

Capítulo 3.2

Caso LCL Correios e Malotes

- ♦ A LCL Correios e Malotes, uma franquia da ECT- Empresa de Correios e Telégrafos, deseja estabelecer o número de funcionários de horário integral que deve contratar para iniciar suas atividades. Para fazê-lo, recebeu uma tabela da ECT com o mínimo de funcionários por dia da semana. Essas informações se encontram na tabela a seguir.

Capítulo 3.2

Caso LCL Correios e Malotes Continuação

- ♦ O sindicato dos empregados mantém um acordo sindical que determina que cada empregado deve trabalhar cinco dias consecutivos e folgar em seguida dois dias, e que as franquias devem ter apenas empregados em regime de horário integral. Formule o problema de maneira a resolver o problema.

Dia da Semana	N.º Mínimo Empregados	Dia da Semana	N.º Mínimo Empregados
2ª	18	6ª	14
3ª	12	Sábado	16
4ª	15	Domingo	11
5ª	19		

Capítulo 3.2

Caso LCL Correios e Malotes Variáveis de Decisão

- ♦ N_1 – n.º de func. que iniciam atividades no domingo
- ♦ N_2 – n.º de func. que iniciam atividades na 2ª feira
- ♦ N_3 – n.º de func. que iniciam atividades na 3ª feira
- ♦ N_4 – n.º de func. que iniciam atividades na 4ª feira
- ♦ N_5 – n.º de func. que iniciam atividades na 5ª feira
- ♦ N_6 – n.º de func. que iniciam atividades na 6ª feira
- ♦ N_7 – n.º de func. que iniciam atividades no sábado

Capítulo 3.2

Caso LCL Correios e Malotes

- $N_1 + N_2 + N_3 + N_4 + N_5$ -Nº de Empregados que trabalham na 5ª feira
- $N_2 + N_3 + N_4 + N_5 + N_6$ -Nº de Empregados que trabalham na 6ª feira
- $N_3 + N_4 + N_5 + N_6 + N_7$ -Nº de Empregados que trabalham no Sábado
- $N_4 + N_5 + N_6 + N_7 + N_1$ -Nº de Empregados que trabalham no Domingo
- $N_5 + N_6 + N_7 + N_1 + N_2$ -Nº de Empregados que trabalham na 2ª feira
- $N_6 + N_7 + N_1 + N_2 + N_3$ -Nº de Empregados que trabalham na 3ª feira
- $N_7 + N_1 + N_2 + N_3 + N_4$ -Nº de Empregados que trabalham na 4ª feira

Capítulo 3.2

Caso LCL Correios e Malotes

- ♦ Função Objetivo

$$\text{Min } N_1 + N_2 + N_3 + N_4 + N_5 + N_6 + N_7$$

- ♦ Restrições de N.º Mínimo de Empregados

$$\begin{array}{l|l} N_1 + N_2 + N_3 + N_4 + N_5 \geq 19 & N_2 + N_3 + N_4 + N_5 + N_6 \geq 14 \\ N_3 + N_4 + N_5 + N_6 + N_7 \geq 16 & N_4 + N_5 + N_6 + N_7 + N_1 \geq 11 \\ N_5 + N_6 + N_7 + N_1 + N_2 \geq 18 & N_6 + N_7 + N_1 + N_2 + N_3 \geq 12 \\ N_7 + N_1 + N_2 + N_3 + N_4 \geq 15 & \end{array}$$

Capítulo 3.2

Caso LCL Correios e Malotes

	A	B	C	D
2		Empregados	Empregados	Empregados
3	Dia de Início de Trabalho	a Contratar	No Trabalho	Requeridos
4	Domingo	0	0	11
5	Segunda-Feira	0	0	18
6	Terça-Feira	0	0	12
7	Quarta-Feira	0	0	15
8	Quinta-Feira	0	0	19
9	Sexta-Feira	0	0	14
10	Sábado	0	0	16
11				
12	Total de Empregados	0		
13				

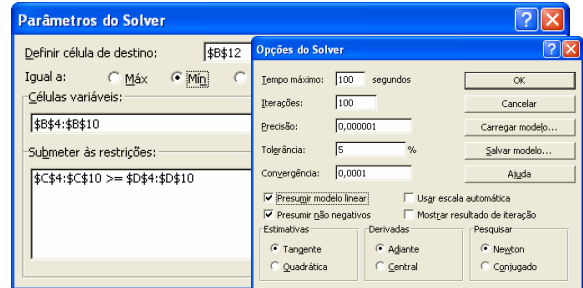
Capítulo 3.2

Caso LCL Correios e Malotes

	A	B	C	D
2		Empregados	Empregados	Empregados
3	Dia de Início de Trabalho	a Contratar	No Trabalho	Requeridos
4	Domingo	0	=SOMA(B4:B7;B10)	11
5	Segunda-Feira	0	=SOMA(B4;B5;B8;B10)	18
6	Terça-Feira	0	=SOMA(B4;B6;B9;B10)	12
7	Quarta-Feira	0	=SOMA(B4;B7;B10)	15
8	Quinta-Feira	0	=SOMA(B4;B8)	19
9	Sexta-Feira	0	=SOMA(B5;B9)	14
10	Sábado	0	=SOMA(B6;B10)	16
11				
12	Total de Empregados	=SOMA(B4;B10)		
13				

Capítulo 3.2

Caso LCL Correios e Malotes



Capítulo 3.2

Caso LCL Correios e Malotes

	A	B	C	D
2		Empregados	Empregados	Empregados
3	Dia de Início de Trabalho	a Contratar	No Trabalho	Requeridos
4	Domingo	5	19,33333333	11
5	Segunda-Feira	1,666666667	18	18
6	Terça-Feira	1,666666667	12	12
7	Quarta-Feira	3	15	15
8	Quinta-Feira	7,666666667	19	19
9	Sexta-Feira	0	14	14
10	Sábado	3,666666667	16	16
11				
12	Total de Empregados	22,66666667		
13				

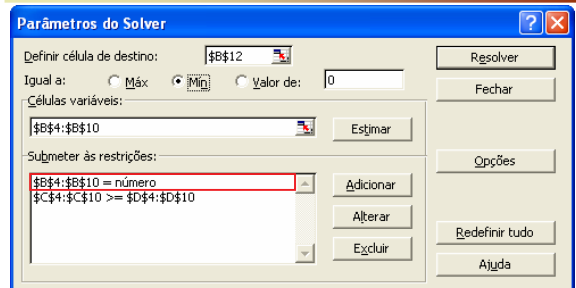
Capítulo 3.2

Caso LCL Correios e Malotes

- ◆ Porém a solução apresentada não parece lógica já que o n° de pessoas a iniciar o trabalho num determinado dia não pode ser fracionário.
- ◆ A solução para tal é identificar as variáveis de decisão como inteiras

Capítulo 3.2

Caso LCL Correios e Malotes



Capítulo 3.2

Caso LCL Correios e Malotes

	A	B	C	D
1	LCL Correios e Malotes Ltda			
2			Empregados	Empregados
3	Dia de Início de Trabalho		No Trabalho	Requeridos
4	Domingo	5	20	11
5	Segunda-Feira	2	19	18
6	Terça-Feira	1	12	12
7	Quarta-Feira	3	15	15
8	Quinta-Feira	8	19	19
9	Sexta-Feira	0	14	14
10	Sábado	4	16	16
11				
12	Total de Empregados	23		

Capítulo 3.2

Caso LCL Tintas Ltda

A firma LCL Tintas Ltda produz dois tipos de tintas chamadas: Seca Rápido (SR) e Super Seca (SS). Ambas são produzidas a partir de uma base de silicato e uma solução de óleo de linhaça, que são adquiridos pela LCL de vários fornecedores. Atualmente apenas duas soluções preliminares estão disponíveis no mercado, além dos produtos isolados. A solução do tipo A contém 60% de silicato e 40% de óleo de linhaça, e a do tipo B contém 30% de silicato e 70% de óleo de linhaça. O preço da solução A custa R\$0,50 por litro e a do tipo B custa R\$ 0,75 por litro, enquanto o silicato e óleo de linhaça isoladamente custam R\$1,00 e R\$1,10 por litro. Cada litro de SR requer no mínimo 25% de silicato e 50% de óleo de linhaça, e cada litro de SS requer no mínimo 20% de silicato e no máximo 50% de óleo de linhaça. Formule o problema de programação linear para determinar quantos litros de cada solução e de cada produto isoladamente devem ser comprados para produzir exatamente 100 litros de SR e 250 litros de SS?

Capítulo 3.2

Caso LCL Tintas Ltda Variáveis de Decisão

- X_{AR} - Quantidade em litros da solução A que foi utilizado na produção da tinta SR
- X_{BR} - Quantidade em litros da solução B que foi utilizado na produção da tinta SR
- X_{SR} - Quantidade em litros de silicato puro que foi utilizado na produção da tinta SR
- X_{OR} - Quantidade em litros de óleo de linhaça que foi utilizado na produção da tinta SR
- X_{AS} - Quantidade em litros da solução A que foi utilizado na produção da tinta SS
- X_{BS} - Quantidade em litros da solução B que foi utilizado na produção da tinta SS
- X_{SS} - Quantidade em litros de silicato puro que foi utilizado na produção da tinta SS
- X_{OS} - Quantidade em litros de óleo de linhaça que foi utilizado na produção da tinta SS

Capítulo 3.2

Caso LCL Tintas Ltda

Função Objetivo

$$\text{Min } 0,5(X_{AR}+X_{AS})+0,75(X_{BR}+X_{BS})+1,0(X_{SR}+X_{SS})+1,1(X_{OR}+X_{OS})$$

Restrições de Tipo de Componentes

$$0,6 X_{AR} + 0,3 X_{BR} + X_{SR} \geq 0,25 (X_{AR} + X_{BR} + X_{SR} + X_{OR})$$

$$0,4 X_{AR} + 0,7 X_{BR} + X_{OR} \geq 0,50 (X_{AR} + X_{BR} + X_{SR} + X_{OR})$$

$$0,6 X_{AS} + 0,3 X_{BS} + X_{SS} \geq 0,20 (X_{AS} + X_{BS} + X_{SS} + X_{OS})$$

$$0,4 X_{AS} + 0,7 X_{BS} + X_{OS} \leq 0,50 (X_{AS} + X_{BS} + X_{SS} + X_{OS})$$

Restrições de Quantidade de Produção

$$X_{AR} + X_{BR} + X_{SR} + X_{OR} = 100$$

$$X_{AS} + X_{BS} + X_{SS} + X_{OS} = 250$$

Capítulo 3.2

Caso LCL Tintas Ltda O Modelo

$$\text{Min } 0,5X_{AR} + 0,5X_{AS} + 0,75X_{BR} + 0,75X_{BS} + 1X_{SR} + 1X_{SS} + 1,1X_{OR} + 1,1X_{OS}$$

$$st$$

$$0,35X_{AR} + 0,05X_{BR} + 0,75X_{SR} - 0,25X_{OR} \geq 0$$

$$-0,1X_{AR} + 0,2X_{BR} - 0,5X_{SR} + 0,5X_{OR} \geq 0$$

$$0,4X_{AS} + 0,1X_{BS} + 0,8X_{SS} - 0,2X_{OS} \geq 0$$

$$-0,1X_{AS} + 0,2X_{BS} - 0,5X_{SS} + 0,5X_{OS} \leq 0$$

$$X_{AR} + X_{BR} + X_{SR} + X_{OR} = 100$$

$$X_{AS} + X_{BS} + X_{SS} + X_{OS} = 250$$

$$X_{AR}, X_{BR}, X_{SR}, X_{OR}, X_{AS}, X_{BS}, X_{SS}, X_{OS} \geq 0$$

Capítulo 3.2

Caso LCL Tintas Ltda O Modelo no Excel

	A	B	C	D	E	F	G
1							
2		Solução A	Solução B	Silicato Puro	Óleo de Linhaça		
3	Custo	0,5	0,75	1	1,5		
4	Matéria Prima						
5	Silicato	60%	30%	100%	0%		
6	Óleo de Linhaça	40%	70%	0%	100%		
7							
8	Material Usado					Total Prod.	Demanda
9	Tinta Seca Rápido					0,00	100,00
10	Tinta Super Seca					0,00	250,00
11							
12	Quant. p/Componente	Tinta SR	Tinta SS	Tinta SR	Tinta SS		
13	Silicato	0	0	0	0		
14	Óleo de Linhaça	0	0	0	0		
15							
16	Custo_Total	0,00					

Capítulo 3.2

Caso LCL Tintas Ltda O Modelo no Excel

Parâmetros do Solver	Opções do Solver
Definir célula de destino: $\$B\16	Tempo máximo: 100 segundos
Igual a: <input type="radio"/> Máx <input checked="" type="radio"/> Míd <input type="radio"/> Mín	Iterações: 100
Células variáveis: $\$B\$9:\$E\10	Ereção: 0,000001
Submeter às restrições:	Tolerância: 5 %
$\$B\$13 \geq \$D\13	Convergência: 0,0001
$\$B\$14 \geq \$D\14	<input checked="" type="checkbox"/> Presumir modelo linear <input type="checkbox"/> Usar escala automática
$\$C\$13 \geq \$E\13	<input checked="" type="checkbox"/> Presumir não negativos <input type="checkbox"/> Mostrar resultado de iteração
$\$C\$14 \leq \$E\14	Estimativas: <input type="radio"/> Tangente <input checked="" type="radio"/> Quadrática
$\$F\$9:\$F\$10 = \$G\$9:\$G\10	Derivadas: <input checked="" type="radio"/> Adjacente <input type="radio"/> Central
	Pesquisar: <input checked="" type="radio"/> Newton <input type="radio"/> Conjugado

Capítulo 3.2

Caso LCL Tintas Ltda Solução Ótima

	A	B	C	D	E	F	G
2		Solução A	Solução B	Silicato Puro	Óleo de Linhaça		
3	Custo	0,5	0,75	1	1,5		
4	Matéria Prima						
5	Silicato	60%	30%	100%	0%		
6	Óleo de Linhaça	40%	70%	0%	100%		
7							
8	Material Usado					Total Prod.	Demanda
9	Tinta Seca Rápido	66,67	33,33	0,00	0,00	100,00	100,00
10	Tinta Super Seca	250,00	0,00	0,00	0,00	250,00	250,00
11							
12	Quant. p/Componente	Tinta SR	Tinta SS	Tinta SR	Tinta SS		
13	Silicato	50	150	25	50		
14	Óleo de Linhaça	50	100	50	125		
15							
16	Custo Total	183,33					

Capítulo 3.2

Caso LCL Armazéns e Comércio Ltda.

- ♦ A LCL Armazéns e Comércio Ltda. possui 1 armazém com capacidade de armazenamento de 200.000 toneladas de grãos. No início do mês de janeiro a LCL tinha 8.000 toneladas de grãos de trigo em seu armazém. Considerando que em cada mês você pode comprar ou vender trigo a preços pré-fixados pelo governo (tabela a seguir), em qualquer quantidade desejada, desde que sujeitas as restrições de armazenagem e o estoque inicial do mês (vendas máximas no mês_i = saldo mês_(i-1)). Formule o problema de maneira a maximizar o lucro da operação nos próximos 12 meses.

Capítulo 3.2

Caso LCL Armazéns e Comércio Ltda.

Mês do Ano	Preço de Venda (R\$/ton)	Preço de Compra (R\$/ton)
Janeiro	3	8
Fevereiro	6	8
Março	8	2
Abril	2	3
Maiο	4	4
Junho	5	3
Julho	6	3
Agosto	1	2
Setembro	3	5
Outubro	2	5
Novembro	3	3
Dezembro	3	3

Capítulo 3.2

Caso LCL Armazéns e Comércio Ltda.

- ♦ Variáveis de Decisão
 QC_i – Quantidade de Grãos Comprados no mês i
 QV_i – Quantidade de Grãos Vendidos no mês i
- ♦ Variáveis Auxiliares
 SF_i – Saldo Final no mês i
 SF_0 – Saldo Final em Dezembro anterior = 8000 ton.

Capítulo 3.2

Caso LCL Armazéns e Comércio Ltda.

- ♦ Função Objetivo

$$\text{Max Lucro} = \text{Receita} - \text{Custo}$$

$$\text{Receita} = \sum_{i=1}^{12} (P_{\text{Venda}_i} \times QV_i)$$

$$\text{Custo} = \sum_{i=1}^{12} (P_{\text{Compra}_i} \times QC_i)$$

Capítulo 3.2

Caso LCL Armazéns e Comércio Ltda.

- ♦ Restrições Auxiliares de Saldo Armazenado
 $SF_i = SF_{i-1} + QC_i - QV_i \quad \text{para } i = 1 \dots 12$
- ♦ Restrições de Armazenagem
 $SF_i \leq 200.000 \quad \text{para } i = 1 \dots 12$
- ♦ Restrições de Quantidade Vendida
 $QV_i \leq SF_{i-1} \quad \text{para } i = 1 \dots 12$

Capítulo 3.2

Caso LCL Armazéns e Comércio Ltda. O Modelo

$Max\ 3QV_1 + 6QV_2 + 8QV_3 + 2QV_4 + 4QV_5 + 5QV_6 + 6QV_7 + 1QV_8 + 3QV_9 + 2QV_{10} + 3QV_{11} + 3QV_{12}$
 $- 8QC_1 - 8QC_2 - 2QC_3 - 3QC_4 - 4QC_5 - 3QC_6 - 3QC_7 - 2QC_8 - 5QC_9 - 5QC_{10} - 3QC_{11} - 3QC_{12}$
 st
 $SF_1 = 8000 + QC_1 - QV_1$; $SF_2 = SF_1 + QC_2 - QV_2$; $SF_3 = SF_2 + QC_3 - QV_3$;
 $SF_4 = SF_3 + QC_4 - QV_4$; $SF_5 = SF_4 + QC_5 - QV_5$; $SF_6 = SF_5 + QC_6 - QV_6$;
 $SF_7 = SF_6 + QC_7 - QV_7$; $SF_8 = SF_7 + QC_8 - QV_8$; $SF_9 = SF_8 + QC_9 - QV_9$;
 $SF_{10} = SF_9 + QC_{10} - QV_{10}$; $SF_{11} = SF_{10} + QC_{11} - QV_{11}$; $SF_{12} = SF_{11} + QC_{12} - QV_{12}$;
 $SF_1 \leq 200000$; $SF_2 \leq 200000$; $SF_3 \leq 200000$; $SF_4 \leq 200000$; $SF_5 \leq 200000$; $SF_6 \leq 200000$;
 $SF_7 \leq 200000$; $SF_8 \leq 200000$; $SF_9 \leq 200000$; $SF_{10} \leq 200000$; $SF_{11} \leq 200000$; $SF_{12} \leq 200000$;
 $QV_1 \leq 8000$; $QV_2 \leq SF_1$; $QV_3 \leq SF_2$; $QV_4 \leq SF_3$; $QV_5 \leq SF_4$; $QV_6 \leq SF_5$; $QV_7 \leq SF_6$;
 $QV_8 \leq SF_7$; $QV_9 \leq SF_8$; $QV_{10} \leq SF_9$; $QV_{11} \leq SF_{10}$; $QV_{12} \leq SF_{11}$;
 $QC_i ; QV_i \geq 0$ ($i=1,2,\dots,12$)

Capítulo 3.2

Caso LCL Armazéns e Comércio Ltda. O Modelo no Excel

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
		PV	PC	QV	QC	Saldo Final	Max		
1	Dez					8000			
2	Jan	3	8	0	0	8000	200000		
3	Fev	6	8	0	0	8000	200000		
4	Mar	8	2	0	0	8000	200000		
5	Abr	2	3	0	0	8000	200000		
6	Mai	4	4	0	0	8000	200000		
7	Jun	5	3	0	0	8000	200000		
8	Jul	6	3	0	0	8000	200000		
9	Ago	1	2	0	0	8000	200000		
10	Set	3	5	0	0	8000	200000		
11	Out	2	5	0	0	8000	200000		
12	Nov	3	3	0	0	8000	200000		
13	Dez	3	3	0	0	8000	200000		
14	Lucro=								

Capítulo 3.2

Caso LCL Armazéns e Comércio Ltda. O Modelo no Excel

	A	B	C	D	E	F	G
		PV	PC	QV	QC	Saldo Final	Max
1	Dez					8000	
2	Jan	3	8	0	0	=F2+E3-D3	200000
3	Fev	6	8	0	0	=F3+E4-D4	200000
4	Mar	8	2	0	0	=F4+E5-D5	200000
5	Abr	2	3	0	0	=F5+E6-D6	200000
6	Mai	4	4	0	0	=F6+E7-D7	200000
7	Jun	5	3	0	0	=F7+E8-D8	200000
8	Jul	6	3	0	0	=F8+E9-D9	200000
9	Ago	1	2	0	0	=F9+E10-D10	200000
10	Set	3	5	0	0	=F10+E11-D11	200000
11	Out	2	5	0	0	=F11+E12-D12	200000
12	Nov	3	3	0	0	=F12+E13-D13	200000
13	Dez	3	3	0	0	=F13+E14-D14	200000
14	Lucro=					=SOMARPRODUTO(E3:E14;D3:D14)-SOMARPRODUTO(C3:C14;E3:E14)	

Capítulo 3.2

Caso LCL Armazéns e Comércio Ltda. O Modelo no Excel

Parâmetros do Solver

Definir célula de destino: OK

Igual a: Máx Min Cancelar

Células variáveis: Carregar modelo...

Submeter às restrições: Salvar modelo...

Ajuda

Opções do Solver

Tempo máximo: 100 segundos OK

Iterações: 100 Cancelar

Precisão: 0,000001 Carregar modelo...

Tolerância: 5% Salvar modelo...

Convergência: 0,0001 Ajuda

Presunção modelo linear Usar escala automática

Presunção não negativos Mostrar resultado de iteração

Estimativas: Tangente Aglutinada Newton

Quadrática Central Conjugado

Capítulo 3.2

Caso LCL Armazéns e Comércio Ltda. A Solução

	A	B	C	D	E	F	G
		PV	PC	QV	QC	Saldo Final	Max
1	Dez					8000	
2	Jan	3	8	0	0	8000	200000
3	Fev	6	8	0	0	8000	200000
4	Mar	8	2	8000	200000	200000	200000
5	Abr	2	3	0	0	200000	200000
6	Mai	4	4	0	0	200000	200000
7	Jun	5	3	200000	200000	200000	200000
8	Jul	6	3	200000	0	0	200000
9	Ago	1	2	0	200000	200000	200000
10	Set	3	5	200000	0	0	200000
11	Out	2	5	0	0	0	200000
12	Nov	3	3	0	0	0	200000
13	Dez	3	3	0	0	0	200000
14	Lucro=						1464000

Capítulo 3.2

Caso LCL Restaurantes Ltda.

A LCL Restaurantes Ltda. quer construir um novo restaurante. O total R\$ 500.000,00 da obra será pago a construtora em duas parcelas de R\$ 150.000,00 ao final do 2º e do 5º mês e uma parcela de R\$ 200.000,00 ao final da construção no 7º mês. A empresa dispõe de 4 tipos de investimentos (tabela a seguir) que podem ser utilizados a fim de gerar caixa para quitar a construção de maneira a reduzir a necessidade total de caixa.

Capítulo 3.2

Caso LCL Restaurantes Ltda.

Investimento	Mês Disponível para aplicação	Meses de Duração Da aplicação	Retorno ao Final do Investimento
Tipo A	1,2,3,4,5,6,7	1	1,5%
Tipo B	1,3,5	2	3,2%
Tipo C	1,4	3	4,5%
Tipo D	1	7	9,0%

Capítulo 3.2

Caso LCL Restaurantes Ltda.

- ♦ Variável de Decisão
 - A_i – Valor aplicado no mês i na aplicação A ($i=1,2,3,4,5,6,7$)
 - B_i – Valor aplicado no mês i na aplicação B ($i=1,3,5$)
 - C_i – Valor aplicado no mês i na aplicação C ($i=1,4$)
 - D_i – Valor aplicado no mês i na aplicação D ($i=1$)

Capítulo 3.2

Caso LCL Restaurantes Ltda.

- ♦ Função Objetivo

$$\text{Min } A_1 + B_1 + C_1 + D_1$$

- ♦ Restrições

$$\begin{pmatrix} \text{Total R\$} \\ \text{retornando} \\ \text{no final} \\ \text{do mês} \end{pmatrix}_i - \begin{pmatrix} \text{Total R\$} \\ \text{reinvestido} \\ \text{no final} \\ \text{do mês} \end{pmatrix}_i = \begin{pmatrix} \text{Total R\$ de} \\ \text{pagamento} \\ \text{no final} \\ \text{do mês} \end{pmatrix}_i$$

Capítulo 3.2

Caso LCL Restaurantes Ltda.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
LCL Restaurantes Ltda.										
Fluxo de Caixa no Final do Mês										
Invest.	0	1	2	3	4	5	6	7		Total Aplicado
A1	-1	1,015								0,00
A2		-1	1,015							0,00
A3			-1	1,015						0,00
A4				-1	1,015					0,00
A5					-1	1,015				0,00
A6						-1	1,015			0,00
A7							-1	1,015		0,00
B1	-1		1,032							0,00
B3			-1		1,032					0,00
B5					-1		1,032			0,00
C1	-1			1,045						0,00
C4					-1		1,045			0,00
D1	-1								1,09	0,00
Disponível	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Pagos em Mil R\$	0,00	0,00	150,00	0,00	0,00	150,00	0,00	200,00		
Total Recursos	0,00									

Capítulo 3.2

Caso LCL Restaurantes Ltda.

Capítulo 3.2

Caso LCL Restaurantes Ltda.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
LCL Restaurantes Ltda.										
Fluxo de Caixa no Final do Mês										
Invest.	0	1	2	3	4	5	6	7		Total Aplicado
A1	-1	1,015								0,00
A2		-1	1,015							0,00
A3			-1	1,015						0,00
A4				-1	1,015					0,00
A5					-1	1,015				147,78
A6						-1	1,015			0,00
A7							-1	1,015		197,04
B1	-1		1,032							463,39
B3			-1		1,032					328,21
B5					-1		1,032			190,93
C1	-1			1,045						0,00
C4					-1		1,045			0,00
D1	-1								1,09	0,00
Disponível	-463,39	0,00	150,00	0,00	0,00	150,00	0,00	200,00		
Pagos em Mil R\$	0,00	0,00	150,00	0,00	0,00	150,00	0,00	200,00		
Total Recursos	463,39									

Capítulo 3.2