



Optimização

Aula 6



Programação Linear (PL)

- **Aula 6: Método Simplex (Aula Prática)**
- O método Simplex.
- Algoritmo Primal Simplex.



Problema 1 — Veios e Engrenagens

Uma oficina mecânica fabrica dois componentes: veios e engrenagens. Cada veio proporciona uma margem de contribuição de 40 u.m. e cada engrenagem 30 u.m. A produção está sujeita a duas limitações: torneamento e fresagem.

Recurso	Veio x_1	Engrenagem x_2	Disponibilidade
Torneamento	2 h	1 h	100 h
Fresagem	1 h	2 h	80 h

x_1 = número de veios produzidos

x_2 = número de engrenagens produzidas

Determine a produção que maximiza a margem total, resolvendo pelo método Simplex.



Problema 1 (Formulação)

Maximizar $Z = 40x_1 + 30x_2$

$$2x_1 + x_2 \leq 100$$

$$x_1 + 2x_2 \leq 80$$

$$x_1, x_2 \geq 0$$

Forma canónica (introduzindo variáveis de folga):

$$2x_1 + x_2 + x_3 = 100$$

$$x_1 + 2x_2 + x_4 = 80$$



Problema 1 — Redução à Forma Padrão

Restrição de desigualdade	Variável de folga	Restrição de igualdade
$2x_1 + x_2 \leq 100$	x_3	$2x_1 + x_2 + x_3 = 100$
$x_1 + 2x_2 \leq 80$	x_4	$x_1 + 2x_2 + x_4 = 80$

Todas as variáveis (decisão e folga) ≥ 0 .



Problema 1 (Quadro Inicial)

	c_j	40	30	0	0		
C_B	x_B	x_1	x_2	x_3	x_4	b	Razão
0	x_3	2	1	1	0	100	50
0	x_4	1	2	0	1	80	80
	z_j	0	0	0	0	0	
	$C_j - z_j$	40	30	0	0		

Entra x_1 (maior $C_j - Z_j = 40$). Sai x_3 , pelo teste da razão mínima ($100/2 = 50$). Pivô = 2.



Problema 1 (1.ª Iteração)

	C_j	40	30	0	0		
C_B	x_B	x_1	x_2	x_3	x_4	b	Razão
40	x_1	1	0,5	0,5	0	50	100
0	x_4	0	1,5	-0,5	1	30	20
	z_j	40	20	20	0	2000	
	$C_j - z_j$	0	10	-20	0		

Entra x_2 (maior $C_j - Z_j = 10$). Sai x_4 , pelo teste da razão mínima ($30/1,5 = 20$). Pivô = 1,5.



Problema 1 (Quadro Óptimo)

	c_j	40	30	0	0	
c_B	x_B	x_1	x_2	x_3	x_4	b
40	x_1	1	0	$2/3$	$-1/3$	40
30	x_2	0	1	$-1/3$	$2/3$	20
	z_j	40	30	$50/3$	$20/3$	2200
	$c_j - z_j$	0	0	$-50/3$	$-20/3$	

Todos os valores $C_j - Z_j \leq 0 \Rightarrow$ não existe variável que possa entrar na base e aumentar Z . A solução é ótima.

Solução ótima: $x_1 = 40$; $x_2 = 20$; $Z = 2200$



Problema 1 (Resposta)

Resposta:

Deve-se produzir 40 veios e 20 engrenagens, obtendo-se uma margem máxima de 2200 u.m. Os recursos de torneamento e fresagem são utilizados na totalidade (folgas nulas).



Problema 2 – Componentes Maquinados A e B

Uma fábrica produz dois componentes mecânicos, A e B. O lucro unitário é de 50 u.m. para A e 60 u.m. para B. A produção utiliza um centro CNC e uma operação de acabamento, ambos com capacidade limitada.

Recurso	A x_1	B x_2	Disponibilidade
Centro CNC	3 h	2 h	120 h
Acabamento	2 h	4 h	160 h

x_1 = número de componentes A produzidos

x_2 = número de componentes B produzidos

Determine o programa de produção que maximiza o lucro total, resolvendo pelo método Simplex.



Problema 2 (Formulação)

Maximizar $Z = 50x_1 + 60x_2$

$$3x_1 + 2x_2 \leq 120$$

$$2x_1 + 4x_2 \leq 160$$

$$x_1, x_2 \geq 0$$

Forma canónica (introduzindo variáveis de folga):

$$3x_1 + 2x_2 + x_3 = 120$$

$$2x_1 + 4x_2 + x_4 = 160$$



Problema 2 — Redução à Forma Padrão

Restrição de desigualdade	Variável de folga	Restrição de igualdade
$3x_1 + 2x_2 \leq 120$	x_3	$3x_1 + 2x_2 + x_3 = 120$
$2x_1 + 4x_2 \leq 160$	x_4	$2x_1 + 4x_2 + x_4 = 160$

Todas as variáveis (decisão e folga) ≥ 0 .



Problema 2 (Quadro Inicial)

	C_j	50	60	0	0		
C_B	x_B	x_1	x_2	x_3	x_4	b	Razão
0	x_3	3	2	1	0	120	60
0	x_4	2	4	0	1	160	40
	z_j	0	0	0	0	0	
	$C_j - z_j$	50	60	0	0		

Entra x_2 (maior $C_j - Z_j = 60$). Sai x_4 , pelo teste da razão mínima ($160/4 = 40$). Pivô = 4.



Problema 2 (1.ª Iteração)

	c_j	50	60	0	0		
c_B	x_B	x_1	x_2	x_3	x_4	b	Razão
0	x_3	2	0	1	-0,5	40	20
60	x_2	0,5	1	0	0,25	40	80
	z_j	30	60	0	15	2400	
	$c_j - z_j$	20	0	0	-15		

Entra x_1 (maior $C_j - Z_j = 20$). Sai x_3 , pelo teste da razão mínima ($40/2 = 20$). Pivô = 2.



Problema 2 (Quadro Óptimo)

	C_j	50	60	0	0	
C_B	x_B	x_1	x_2	x_3	x_4	b
50	x_1	1	0	0,5	-0,25	20
60	x_2	0	1	-0,25	0,375	30
	z_j	50	60	10	10	2800
	$C_j - z_j$	0	0	-10	-10	

Todos os valores $C_j - z_j \leq 0 \Rightarrow$ não existe variável que possa entrar na base e aumentar Z . A solução é ótima.

Solução ótima: $x_1 = 20$; $x_2 = 30$; $Z = 2800$



Problema 2 (Resposta)

Resposta:

Deve-se produzir 20 componentes A e 30 componentes B, obtendo-se um lucro máximo de 2800 u.m. O centro CNC e a operação de acabamento são utilizados na totalidade (folgas nulas).



Problema 3 — Conjuntos de Transmissão Tipo A e B

Uma empresa fabrica dois conjuntos de transmissão, Tipo A e Tipo B, com margens unitárias de 60 u.m. e 40 u.m. respectivamente. A produção está limitada por três recursos: maquinação, montagem e inspecção.

Recurso	Tipo A x_1	Tipo B x_2	Disponível
Maquinação	4 h	2 h	160 h
Montagem	2 h	3 h	120 h
Inspecção	1 h	1 h	45 h

x_1 = número de conjuntos Tipo A produzidos

x_2 = número de conjuntos Tipo B produzidos

Determine o plano óptimo de produção, resolvendo pelo método Simplex.



Problema 3 (Formulação)

Maximizar $Z = 60x_1 + 40x_2$

$$4x_1 + 2x_2 \leq 160$$

$$2x_1 + 3x_2 \leq 120$$

$$x_1 + x_2 \leq 45$$

$$x_1, x_2 \geq 0$$

Forma canónica (introduzindo variáveis de folga):

$$4x_1 + 2x_2 + x_3 = 160$$

$$2x_1 + 3x_2 + x_4 = 120$$

$$x_1 + x_2 + x_5 = 45$$



Problema 3 — Redução à Forma Padrão

Restrição de desigualdade	Variável de folga	Restrição de igualdade
$4x_1 + 2x_2 \leq 160$	x_3	$4x_1 + 2x_2 + x_3 = 160$
$2x_1 + 3x_2 \leq 120$	x_4	$2x_1 + 3x_2 + x_4 = 120$
$x_1 + x_2 \leq 45$	x_5	$x_1 + x_2 + x_5 = 45$

Todas as variáveis (decisão e folga) ≥ 0 .



Problema 3 (Quadro Inicial)

	C_j	60	40	0	0	0		
C_B	x_B	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	b	Razão
0	x_3	4	2	1	0	0	160	40
0	x_4	2	3	0	1	0	120	60
0	x_5	1	1	0	0	1	45	45
	z_j	0	0	0	0	0	0	
	$C_j - z_j$	60	40	0	0	0		

Entra x_1 (maior $C_j - z_j = 60$). Sai x_3 , pelo teste da razão mínima ($160/4 = 40$). Pivô = 4.



Problema 3 (1.ª Iteração)

	C_j	60	40	0	0	0		
C_B	x_B	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	b	Razão
60	x_1	1	0,5	0,25	0	0	40	80
0	x_4	0	2	-0,5	1	0	40	20
0	x_5	0	0,5	-0,25	0	1	5	10
	z_j	60	30	15	0	0	2400	
	$C_j - z_j$	0	10	-15	0	0		

Entra x_2 (maior $C_j - Z_j = 10$). Sai x_5 , pelo teste da razão mínima ($5/0,5 = 10$). Pivô = 0,5.



Problema 3 (Quadro Ótimo)

	C_j	60	40	0	0	0	
C_B	x_B	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	b
60	x_1	1	0	0,5	0	-1	35
0	x_4	0	0	0,5	1	-4	20
40	x_2	0	1	-0,5	0	2	10
	z_j	60	40	10	0	20	2500
	$C_j - z_j$	0	0	-10	0	-20	

Todos os valores $C_j - Z_j \leq 0 \Rightarrow$ não existe variável que possa entrar na base e aumentar Z . A solução é ótima.

Solução ótima: $x_1 = 35$; $x_2 = 10$; $Z = 2500$



Problema 3 (Resposta)

Resposta:

Deve-se produzir 35 conjuntos Tipo A e 10 conjuntos Tipo B, obtendo-se uma margem máxima de 2500 u.m. Sobram 20 h de capacidade de montagem ($x_4 = 20$); a maquinaria e a inspecção são utilizadas na totalidade.



Problema 4 — Veios, Engrenagens e Flanges

Uma oficina de maquinação produz três componentes: veios, engrenagens e flanges, utilizando três recursos limitados — torneamento, fresagem e rectificação. Pretende-se a combinação diária que maximiza a margem de contribuição sabendo que o lucro é de 40 u.m. para os veios, 35 u.m. para as engrenagens e 30 u.m para as flanges.

Recurso	x_1 (veios)	x_2 (engren.)	x_3 (flanges)	Disponibilidade
Torneamento (h)	2	1	1	100
Fresagem (h)	1	2	1	80
Rectificação (h)	1	1	2	90

x_1 = número de veios produzidos

x_2 = número de engrenagens produzidas

x_3 = número de flanges produzidas

Determine a combinação de produção que maximiza a margem total, resolvendo pelo método Simplex.



Problema 4 (Formulação)

$$\text{Maximizar } Z = 40x_1 + 35x_2 + 30x_3$$

$$2x_1 + x_2 + x_3 \leq 100$$

$$x_1 + 2x_2 + x_3 \leq 80$$

$$x_1 + x_2 + 2x_3 \leq 90$$

$$x_1, x_2, x_3 \geq 0$$

Forma canónica (introduzindo variáveis de folga):

$$2x_1 + x_2 + x_3 + x_4 = 100$$

$$x_1 + 2x_2 + x_3 + x_5 = 80$$

$$x_1 + x_2 + 2x_3 + x_6 = 90$$



Problema 4 — Redução à Forma Padrão

Restrição de desigualdade	Variável de folga	Restrição de igualdade
$2x_1 + x_2 + x_3 \leq 100$	x_4	$2x_1 + x_2 + x_3 + x_4 = 100$
$x_1 + 2x_2 + x_3 \leq 80$	x_5	$x_1 + 2x_2 + x_3 + x_5 = 80$
$x_1 + x_2 + 2x_3 \leq 90$	x_6	$x_1 + x_2 + 2x_3 + x_6 = 90$

Todas as variáveis (decisão e folga) ≥ 0 .



Problema 4 (Quadro Inicial)

	c_j	40	35	30	0	0	0		
c_B	x_B	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	b	Razão
0	x_4	2	1	1	1	0	0	100	50
0	x_5	1	2	1	0	1	0	80	80
0	x_6	1	1	2	0	0	1	90	90
	z_j	0	0	0	0	0	0	0	
	$c_j - z_j$	40	35	30	0	0	0		

Entra x_1 (maior $C_j - Z_j = 40$). Sai x_4 , pelo teste da razão mínima ($100/2 = 50$). Pivô = 2.



Problema 4 (Iteração 1)

	c_j	40	35	30	0	0	0		
C_B	x_B	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	b	Razão
40	x_1	1	0,5	0,5	0,5	0	0	50	100
0	x_5	0	1,5	0,5	-0,5	1	0	30	20
0	x_6	0	0,5	1,5	-0,5	0	1	40	80
	z_j	40	20	20	20	0	0	2000	
	$c_j - z_j$	0	15	10	-20	0	0		

Entra x_2 (maior $C_j - Z_j = 15$). Sai x_5 , pelo teste da razão mínima ($30/1,5 = 20$). Pivô = 1,5.



Problema 4 (Iteração 2)

	c_j	40	35	30	0	0	0		
c_B	x_B	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	b	Razão
40	x_1	1	0	1/3	2/3	-1/3	0	40	120
35	x_2	0	1	1/3	-1/3	2/3	0	20	60
0	x_6	0	0	4/3	-1/3	-1/3	1	30	22,5
	z_j	40	35	25	15	10	0	2300	
	$c_j - z_j$	0	0	5	-15	-10	0		

Entra x_3 (maior $C_j - Z_j = 5$). Sai x_6 , pelo teste da razão mínima ($30 / (4/3) = 22,5$).
 Pivô = $4/3$.



Problema 4 (Quadro Óptimo)

	c_j	40	35	30	0	0	0	
c_B	x_B	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	b
40	x_1	1	0	0	0,75	-0,25	-0,25	32,5
35	x_2	0	1	0	-0,25	0,75	-0,25	12,5
30	x_3	0	0	1	-0,25	-0,25	0,75	22,5
	z_j	40	35	30	13,75	8,75	3,75	2412,5
	$c_j - z_j$	0	0	0	-13,75	-8,75	-3,75	

Todos os valores $C_j - Z_j \leq 0 \Rightarrow$ não existe variável que possa entrar na base e aumentar Z . A solução é ótima.

Solução ótima: $x_1 = 32,5$; $x_2 = 12,5$; $x_3 = 22,5$; $Z = 2412,5$



Problema 4 (Resposta)

Resposta:

Deve-se produzir 32,5 veios, 12,5 engrenagens e 22,5 flanges por dia, obtendo-se uma margem máxima de 2412,5 u.m. Os três recursos (torneamento, fresagem e rectificação) são utilizados na totalidade — folgas nulas em todos eles.



Problema 5 – Conjuntos Mecânicos A, B e C

Uma fábrica produz três tipos de conjuntos mecânicos, A, B e C. Cada conjunto exige tempo de centro CNC, montagem e inspeção, com capacidades semanais limitadas. Pretende-se o plano de produção que maximiza a margem total que o lucro é de 50 u.m. para o conjunto A, 45 u.m. para o B e 35 u.m para o C.

Recurso	x_1 (A)	x_2 (B)	x_3 (C)	Disponibilidade
Centro CNC (h)	2	1	1	120
Montagem (h)	1	3	1	150
Inspeção (h)	1	1	2	100

x_1 = número de conjuntos do Tipo A

x_2 = número de conjuntos do Tipo B

x_3 = número de conjuntos do Tipo C

Determine o plano de produção que maximiza a margem total, resolvendo pelo método Simplex.



Problema 5 (Formulação)

Maximizar $Z = 50x_1 + 45x_2 + 35x_3$

$$2x_1 + x_2 + x_3 \leq 120$$

$$x_1 + 3x_2 + x_3 \leq 150$$

$$x_1 + x_2 + 2x_3 \leq 100$$

$$x_1, x_2, x_3 \geq 0$$

Forma canónica (introduzindo variáveis de folga):

$$2x_1 + x_2 + x_3 + x_4 = 120$$

$$x_1 + 3x_2 + x_3 + x_5 = 150$$

$$x_1 + x_2 + 2x_3 + x_6 = 100$$



Problema 5 — Redução à Forma Padrão

Restrição de desigualdade	Variável de folga	Restrição de igualdade
$2x_1 + x_2 + x_3 \leq 120$	x_4	$2x_1 + x_2 + x_3 + x_4 = 120$
$x_1 + 3x_2 + x_3 \leq 150$	x_5	$x_1 + 3x_2 + x_3 + x_5 = 150$
$x_1 + x_2 + 2x_3 \leq 100$	x_6	$x_1 + x_2 + 2x_3 + x_6 = 100$

Todas as variáveis (decisão e folga) ≥ 0 .



Problema 5 (Quadro Inicial)

	C_j	50	45	35	0	0	0		
C_B	x_B	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	b	Razão
0	x_4	2	1	1	1	0	0	120	60
0	x_5	1	3	1	0	1	0	150	150
0	x_6	1	1	2	0	0	1	100	100
	z_j	0	0	0	0	0	0	0	
	$C_j - z_j$	50	45	35	0	0	0		

Entra x_1 (maior $C_j - z_j = 50$). Sai x_4 , pelo teste da razão mínima ($120/2 = 60$). Pivô = 2.



Problema 5 (Iteração 1)

	c_j	50	45	35	0	0	0		
C_B	x_B	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	b	Razão
50	x_1	1	0,5	0,5	0,5	0	0	60	120
0	x_5	0	2,5	0,5	-0,5	1	0	90	36
0	x_6	0	0,5	1,5	-0,5	0	1	40	80
	z_j	50	25	25	25	0	0	3000	
	$c_j - z_j$	0	20	10	-25	0	0		

Entra x_2 (maior $C_j - Z_j = 20$). Sai x_5 , pelo teste da razão mínima ($90/2,5 = 36$). Pivô = 2,5.



Problema 5 (Iteração 2)

	C_j	50	45	35	0	0	0		
C_B	x_B	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	b	Razão
50	x_1	1	0	0,4	0,6	-0,2	0	42	105
45	x_2	0	1	0,2	-0,2	0,4	0	36	180
0	x_6	0	0	1,4	-0,4	-0,2	1	22	110/7
	z_j	50	45	29	21	8	0	3720	
	$C_j - z_j$	0	0	6	-21	-8	0		

Entra x_3 (maior $C_j - Z_j = 6$). Sai x_6 , pelo teste da razão mínima ($22/1,4 = 110/7$).
Pivô = 1,4.



Problema 5 (Quadro Óptimo)

	c_j	50	45	35	0	0	0	
C_B	x_B	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	b
50	x_1	1	0	0	5/7	-1/7	-2/7	250/7
45	x_2	0	1	0	-1/7	3/7	-1/7	230/7
35	x_3	0	0	1	-2/7	-1/7	5/7	110/7
	z_j	50	45	35	135/7	50/7	30/7	26700/7
	$C_j - z_j$	0	0	0	-135/7	-50/7	-30/7	

Todos os valores $C_j - Z_j \leq 0 \Rightarrow$ não existe variável que possa entrar na base e aumentar Z . A solução é ótima.

Solução ótima: $x_1 = 250/7 \approx 35,7$; $x_2 = 230/7 \approx 32,9$; $x_3 = 110/7 \approx 15,7$; $Z = 26700/7$



Problema 5 (Resposta)

Resposta:

Deve-se produzir aproximadamente 35,7 conjuntos A, 32,9 conjuntos B e 15,7 conjuntos C por semana, obtendo-se uma margem máxima de $26700/7 \approx 3814,3$ u.m. O centro CNC, a montagem e a inspecção são utilizados na totalidade.



Problema 6 — Manutenção Preventiva

Uma oficina de engenharia mecânica pretende reduzir o custo anual esperado das avarias dos seus equipamentos através da implementação de três programas de manutenção preventiva:

- x_1 : número de unidades do programa de alinhamento de máquinas;
- x_2 : número de unidades do programa de balanceamento de rotores;
- x_3 : número de unidades do programa de manutenção do sistema de lubrificação.

Sem a execução destes programas, o custo anual esperado com avarias é de **240 mil unidades monetárias**.

Cada unidade dos programas permite reduzir esse custo em:

- 8 mil unidades monetárias para o alinhamento;
- 6 mil unidades monetárias para o balanceamento;
- 5 mil unidades monetárias para a manutenção da lubrificação.



Problema 6 — Manutenção Preventiva

A execução dos programas está sujeita às seguintes limitações:

Recurso	x_1 (alinh.)	x_2 (balanc.)	x_3 (lubrif.)	Disponibilidade
Mão-de-obra (h)	2	1	1	8
Equip. diagnóstico (h)	1	2	1	8
Tempo de paragem (h)	1	1	2	8

Determine o número de unidades de cada programa de manutenção que deve ser executado para minimizar o custo anual esperado das avarias, respeitando as limitações dos recursos disponíveis. Resolva o problema pelo método Simplex.



Problema 6 (Formulação)

$$\text{Minimizar } Z = 240 - 8x_1 - 6x_2 - 5x_3$$

$$2x_1 + x_2 + x_3 \leq 8$$

$$x_1 + 2x_2 + x_3 \leq 8$$

$$x_1 + x_2 + 2x_3 \leq 8$$

$$x_1, x_2, x_3 \geq 0$$

Forma canónica (introduzindo variáveis de folga):

$$2x_1 + x_2 + x_3 + x_4 = 8$$

$$x_1 + 2x_2 + x_3 + x_5 = 8$$

$$x_1 + x_2 + 2x_3 + x_6 = 8$$



Problema 6 — Redução à Forma Padrão

Restrição de desigualdade	Variável de folga	Restrição de igualdade
$2x_1 + x_2 + x_3 \leq 8$	x_4	$2x_1 + x_2 + x_3 + x_4 = 8$
$x_1 + 2x_2 + x_3 \leq 8$	x_5	$x_1 + 2x_2 + x_3 + x_5 = 8$
$x_1 + x_2 + 2x_3 \leq 8$	x_6	$x_1 + x_2 + 2x_3 + x_6 = 8$

Todas as variáveis (decisão e folga) ≥ 0 .



Problema 6 (Quadro Inicial)

	C_j	-8	-6	-5	0	0	0		
C_B	x_B	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	b	Razão
0	x_4	2	1	1	1	0	0	8	4
0	x_5	1	2	1	0	1	0	8	8
0	x_6	1	1	2	0	0	1	8	8
	z_j	0	0	0	0	0	0	0	
	$z_j - C_j$	8	6	5	0	0	0		

Entra x_1 (maior $Z_j - C_j = 8$). Sai x_4 , pelo teste da razão mínima ($8/2 = 4$). Pivô = 2.



Problema 6 (Iteração 1)

	c_j	-8	-6	-5	0	0	0		
C_B	x_B	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	b	Razão
-8	x_1	1	0,5	0,5	0,5	0	0	4	8
0	x_5	0	1,5	0,5	-0,5	1	0	4	8/3
0	x_6	0	0,5	1,5	-0,5	0	1	4	8
	z_j	-8	-4	-4	-4	0	0	-32	
	$z_j - c_j$	0	2	1	-4	0	0		

Entra x_2 (maior $Z_j - C_j = 2$). Sai x_5 , pelo teste da razão mínima ($4/1,5 = 8/3$). Pivô = 1,5.



Problema 6 (Iteração 2)

	C_j	-8	-6	-5	0	0	0		
C_B	x_B	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	b	Razão
-8	x_1	1	0	1/3	2/3	-1/3	0	8/3	8
-6	x_2	0	1	1/3	-1/3	2/3	0	8/3	8
0	x_6	0	0	4/3	-1/3	-1/3	1	8/3	2
	z_j	-8	-6	-14/3	-10/3	-4/3	0	-112/3	
	$z_j - C_j$	0	0	1/3	-10/3	-4/3	0		

Entra x_3 (maior $Z_j - C_j = 1/3$). Sai x_6 , pelo teste da razão mínima $((8/3)/(4/3) = 2)$.
Pivô = 4/3.



Problema 6 (Quadro Óptimo)

	C_j	-8	-6	-5	0	0	0	
C_B	x_B	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	b
-8	x_1	1	0	0	0,75	-0,25	-0,25	2
-6	x_2	0	1	0	-0,25	0,75	-0,25	2
-5	x_3	0	0	1	-0,25	-0,25	0,75	2
	Z_j	-8	-6	-5	-3,25	-1,25	-0,25	-38
	$Z_j - C_j$	0	0	0	-3,25	-1,25	-0,25	

Todos os valores $Z_j - C_j \leq 0 \Rightarrow$ não existe variável que possa entrar na base e reduzir Z . A solução é ótima.

Solução ótima: $x_1 = 2$; $x_2 = 2$; $x_3 = 2$; $Z = 240 - 38 = 202$ mil u.m.



Problema 6 (Resposta)

Resposta:

Deve-se executar 2 unidades de cada programa — alinhamento, balanceamento e manutenção do sistema de lubrificação —, reduzindo o custo anual esperado das avarias de 240 mil para 202 mil u.m. Os três recursos (mão-de-obra, equipamento de diagnóstico e tempo de paragem) são utilizados na totalidade — folgas nulas em todos eles.