INVESTIGAÇÃO OPERACIONAL

Programação Linear

Exercícios

Cap. IV – Modelo Dual

António Carlos Morais da Silva
Professor de I.O.

IV. Modelo Problema Dual

1. Apresente o modelo Dual do seguinte problema Primal:

Min $f(X) = x_1 + 2x_2$

s.a.

$$3x_1 + 4x_2 \leq 10$$
$$x_1, x_2 \geq 0$$

2. Apresente o modelo Dual do seguinte problema Primal:

Max $f(X) = x_1 + 2x_2$

s.a.

$$\begin{aligned} 2x_1 - 3x_2 &\leq 7 \\ x_1 + 2x_2 &\leq 10 \\ x_1, x_2 &\geq 0 \end{aligned}$$

3. Apresente o modelo Dual do seguinte problema Primal:

Min $f(X) = 5x_1 + 4x_2$

s.a.

$$\begin{aligned} 6x_1 + 3x_2 &\geq 18 \\ 2x_1 + 4x_2 &\geq 12 \\ 2x_1 + 8x_2 &\geq 16 \\ x_1, x_2 &\geq 0 \end{aligned}$$

4. Apresente o modelo Dual do seguinte problema Primal:

Min $f(X) = 2x_1 + 3x_2 + 5x_3$

s.a.

$$\begin{aligned} 3x_1 + 2x_2 + 5x_3 &\geq 7 \\ 2x_1 \qquad\quad + x_3 &\geq 5 \\ 4x_2 + 3x_3 &\geq 8 \\ x_1, x_2, x_3 &\geq 0 \end{aligned}$$

5. Apresente o modelo Dual do seguinte problema Primal:

Max $f(X) = x_1 - 3x_2 + 5x_3 - x_4$

s.a.

$$\begin{aligned} 3x_1 + 2x_2 - 4x_3 - 2x_4 &\geq 12 \\ - x_2 + 4x_4 &= 10 \\ 2x_1 + x_2 - 3x_3 &\leq 15 \end{aligned}$$
$$x_1 \text{ livre} ;\ x_2, x_3, x_4 \geq 0$$

6. Considere o seguinte problema de PL:

Max $f(X) = 6x_1 + 3x_2$

s.a.

$$\begin{array}{lcll} 3x_1 & + & 5x_2 & \leq 30 \\ 4x_1 & + & 2x_2 & \leq 20 \\ \multicolumn{4}{l}{x_1 , x_2 \geq 0} \end{array}$$

a. Apresentar o modelo Dual.

b. Sabendo que a base óptima do problema Primal é $x_1 = 5$ e $F_1 = 15$, calcular a solução óptima do problema Dual recorrendo exclusivamente às relações de complementaridade Primal-Dual.

7. Considere o seguinte problema de PL :

Min $f(X) = {}^1/_2\, x_1 + {}^3/_2\, x_2$

s.a.

$$\begin{array}{lcll} 5x_1 & + & 4x_2 & \geq 600 \\ 2x_1 & + & 4x_2 & \geq 2400 \\ 8x_1 & & & \geq 600 \\ \multicolumn{4}{l}{x_1 , x_2 \geq 0} \end{array}$$

a. Apresentar o problema Dual.

b. Calcular as soluções óptimas dos problemas Primal e Dual.

c. Associar as duas soluções e verificar as relações de complementaridade Primal-Dual.

8. Considere o seguinte problema de PL:

Max $f(X) = x_1 + 3x_2$

s.a.

$$\begin{array}{lcll} 4x_1 & + & 2x_2 & \leq 10 \\ x_1 & + & x_2 & \geq 2 \\ \multicolumn{4}{l}{x_1 \geq 0 , x_2 \leq 0} \end{array}$$

a. Apresentar o problema Dual.

b. Calcular a solução óptima do problema Primal.

c. Identificar no quadro-óptimo do problema Primal a solução óptima do problema Dual.

9. O modelo seguinte tem solução Ilimitada:

Max $f(X) = 2x_1 + x_2$

s.a.

$$\begin{array}{rcrcr} & & x_2 & \leq & 5 \\ -x_1 & + & x_2 & \leq & 1 \end{array}$$

$x_1, x_2 \geq 0$

a. Verificar que o Problema Dual não tem solução (conjunto de soluções vazio).

10. O modelo seguinte não tem soluções (conjunto de soluções vazio):

Max $f(X) = 3x_1 + 5x_2$

s.a.

$$\begin{array}{rcrcr} 4x_1 & + & 4x_2 & \leq & 20 \\ 7x_1 & + & 3x_2 & \leq & 21 \\ x_1 & & & \geq & 5 \end{array}$$

$x_1, x_2 \geq 0$

a. Verificar se o problema Dual não tem soluções ou tem solução Ilimitada.

11. O modelo seguinte não tem soluções (conjunto de soluções vazio):

Max $f(X) = x_1 + 3x_2$

s.a.

$$\begin{array}{rcrcr} x_1 & - & x_2 & \geq & 1 \\ 3x_1 & - & x_2 & \leq & -3 \end{array}$$

$x_1 ; x_2 \geq 0$

a. Verificar se o problema Dual tem solução ilimitada ou não tem soluções (conjunto de soluções vazio).

12. Considere o seguinte problema de PL :

Max $f(X) = x_1 + 2x_2$

s.a.

$$\begin{array}{rcrcr} 2x_1 & - & 3x_2 & \leq & 7 \\ x_1 & + & 2x_2 & \leq & 10 \end{array}$$

$x_1 ; x_2 \geq 0$

a. Calcular o valor óptimo das variáveis dos problemas Primal e Dual.

b. Verificar as relações de complementaridade Primal-Dual.

13. Considere o seguinte problema de PL:

Min $f(X) = 5x_1 + 4x_2$

s.a.

$$
\begin{aligned}
6x_1 + 3x_2 &\geq 18 \\
2x_1 + 4x_2 &\geq 12 \\
2x_1 + 8x_2 &\geq 16 \\
x_1,\ x_2 &\geq 0
\end{aligned}
$$

a. Calcular o valor óptimo das variáveis dos problemas Primal e Dual.

b. Verificar as relações de complementaridade Primal-Dual.

14. Considere o seguinte problema de PL :

Max $f(X) = x_1 + x_2$

s.a.

$$
\begin{aligned}
-2x_1 + x_2 &\leq 2 \\
x_1 - 2x_2 &\leq 2 \\
x_1,\ x_2 &\geq 0
\end{aligned}
$$

a. Calcular as soluções óptimas dos problemas Primal e Dual

15. Considere o seguinte problema de PL :

Max $f(X) = 2x_1 + x_2$

s.a.

$$
\begin{aligned}
x_1 + x_2 &\geq 4 \\
x_1 + x_2 &\leq 3 \\
x_1,\ x_2 &\geq 0
\end{aligned}
$$

a. Calcular as soluções óptimas dos problemas Primal e Dual

16. Considere o seguinte problema de PL :

Max $f(X) = x_1 + x_2$

s.a.

$$
\begin{aligned}
x_1 - x_2 &\geq 0 \\
x_1 - x_2 &\leq -1 \\
x_1,\ x_2 &\geq 0
\end{aligned}
$$

a. Calcular as soluções óptimas dos problemas Primal e Dual

17. Definir cada uma das designações seguintes:

    a. Variável Artificial
    b. Solução Básica Admissível (SBA)
    c. Variáveis de Decisão
    d. Valor de uma variável de decisão do problema Dual
    e. Restrição Não Saturada
    f. Função - Objectivo
    g. Solução Óptima Admissível
    h. Preço-sombra
    i. Método Simplex
    j. Variável de Folga
    k. Forma-padrão
    l. Variável Excedentária
    m. Variáveis Básicas

As questões seguintes são todas do tipo Verdadeira/Falsa

18. Se o problema Primal Minimiza f(X), o problema Dual Maximiza g(Y).

19. A função objectivo do problema Primal deve ser sempre do tipo MAX.

20. Se uma restrição técnica do problema Primal não carece de variável de folga ou excedentária, para satisfazer a forma-padrão Simplex, a variável Dual associada é "Livre".

21. Se uma restrição técnica do problema Primal carece de uma variável de folga, para satisfazer a forma-padrão Simplex, a variável Dual associada será não negativa se o problema Primal Maximiza f(X) e não positiva se o problema Primal Minimiza f(X).

22. Se uma restrição técnica do problema Primal carece de uma variável excedentária, para satisfazer a forma-padrão Simplex, a variável Dual associada será "Livre" quer no problema Primal se maximize ou minimize f(X).

23. Se no problema Primal há uma variável de decisão "Livre", a restrição técnica associada do problema Dual é uma equação.

24. O Dual do problema Dual é o problema Primal.

25. As restrições Duais, associadas a variáveis artificiais do problema Primal, são redundantes.

26. A solução óptima do problema Primal (problema Dual) pode ser obtida por simples consulta do quadro óptimo do problema Dual (problema Primal).

27. Se o número de variáveis do problema Primal é muito menor do que o número de restrições, é mais rápido calcular a solução óptima resolvendo o problema Dual.

28. Conhecidas duas soluções admissíveis e não óptimas, sendo uma do problema Primal e outra do problema Dual, o valor da função objectivo do problema Primal nunca excede o valor da função objectivo do problema Dual, independentemente de qual dos problemas é de Maximização ou Minimização.

29. A igualdade dos valores das funções-objectivo dos problemas Primal e Dual é a ÚNICA condição necessária para provar a optimalidade dos valores das variáveis dos dois problemas.

30. O quadro Simplex para uma dada base pode ser inteiramente calculado desde que conhecido o modelo de PL associado.

31. A alteração do vector-coluna dos recursos, pode afectar a regra de paragem no quadro óptimo do problema Dual.

32. A alteração do vector-coluna dos recursos, apenas pode afectar a admissibilidade da solução do problema Dual.

33. A alteração de qualquer coeficiente do modelo de PL (excepto vector-recursos) só pode afectar a regra de paragem do método Simplex.

34. Se uma variável é VNB da solução óptima, a alteração do seu coeficiente original em f(X) pode provocar a alteração da admissibilidade do valor da variável Dual associada.

35. Se uma variável é VB da solução óptima, o valor da variável Dual complementar é zero.

36. Usando o método Simplex, enquanto não for atingido o óptimo do problema Primal , a solução do problema Dual não é admissível.

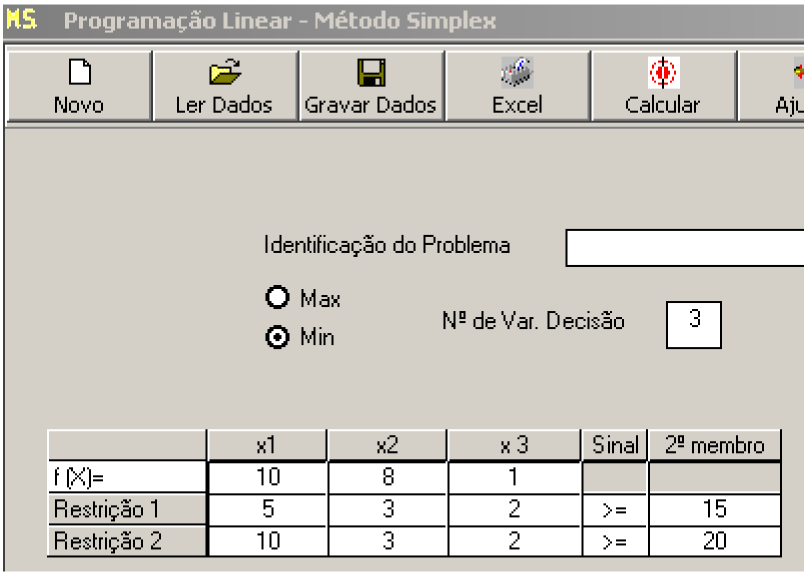
37. Se o problema Primal tem solução Ilimitada, o conjunto das soluções admissíveis do problema Dual é vazio.

38. Se o problema Primal é Impossível, o problema Dual tem sempre solução Ilimitada.

39. Admitindo que o valor máximo de f(X) corresponde a lucro, este deve ser igual ao valor interno dos recursos utilizados.

40. Sempre que uma dada actividade tem um custo interno superior ao respectivo lucro marginal, a variável de decisão associada tem valor óptimo nulo.

41. Considere o modelo de PL (input do software do autor):



Usando o método Simplex obtém-se o seguinte quadro óptimo:

VB	x_1	x_2	x_3	E_1	E_2	A_1	A_2	VSM
x_3	5	3/2	1	0	- 1/2	0	1/2	10
E_1	5	0	0	1	-1	-1	1	5
f (X)	-5	- 13/2	0	0	- 1/2	0	1/2	10

Solução óptima do Dual:

$y_1 = 0$; $y_2 = 1/2$; $y_3 = -5$; $y_4 = -13/2$

Max g(Y*) = 10

INVESTIGAÇÃO OPERACIONAL

Programação Linear

Soluções dos Exercícios

Cap. IV – Modelo Dual

António Carlos Morais da Silva
Professor de I.O.

1. $\text{Max } g(Y) = 10y_1$

$$
\begin{array}{llcl}
\text{s.a.} & 3y_1 & \leq & 1 \\
 & 4y_1 & \leq & 2 \\
 & y_1 & \leq & 0
\end{array}
$$

2. $\text{Min } g(Y) = 7y_1 + 10y_2$

$$
\begin{array}{lccccc}
\text{s.a.} & 2y_1 & + & y_2 & \geq & 1 \\
 & -3y_1 & + & 2y_2 & \geq & 2 \\
 & & & y_1, y_2 & \geq & 0
\end{array}
$$

3. $\text{Max } g(Y) = 18y_1 + 12y_2 + 16y_3$

$$
\begin{array}{lcccccccc}
\text{s.a.} & 6y_1 & + & 2y_2 & + & 2y_3 & \leq & 5 \\
 & 3y_1 & + & 4y_2 & + & 8y_3 & \leq & 4 \\
 & & & & & y_1, y_2, y_3 & \geq & 0
\end{array}
$$

4. $\text{Max } g(Y) = 7y_1 + 5y_2 + 8y_3$

$$
\begin{array}{lcccccccc}
\text{s.a.} & 3y_1 & + & 2y_2 & & & \leq & 2 \\
 & 2y_1 & & & + & 4y_3 & \leq & 3 \\
 & 5y_1 & + & y_2 & + & 3y_3 & \leq & 5 \\
 & & & & & y_1, y_2, y_3 & \geq & 0
\end{array}
$$

5. $\text{Min } g(Y) = 12y_1 + 10y_2 + 15y_3$

$$
\begin{array}{lcccccccc}
\text{s.a.} & 3y_1 & & & + & 2y_3 & = & 1 \\
 & 2y_1 & - & y_2 & + & y_3 & \geq & -3 \\
 & -4y_1 & & & - & 3y_3 & \geq & 5 \\
 & -2y_1 & + & 4y_2 & & & \geq & -1
\end{array}
$$

$$y_1 \leq 0 \text{ ; } y_2 \text{ livre ; } y_3 \geq 0$$

6.

a. $\text{Min } g(Y) = 30y_1 + 20y_2$

$$
\begin{array}{lccccc}
\text{s.a.} & 3y_1 & + & 4y_2 & \geq & 6 \\
 & 5y_1 & + & 2y_2 & \geq & 3 \\
 & & & y_1, y_2 & \geq & 0
\end{array}
$$

b. Com os dados do problema é possível visualizar o seguinte extracto do quadro-óptimo do Problema Primal:

VB	x_1	x_2	F_1	F_2	VSM
x_1	1		0		5
F_1	0		1		15
f(X)	0		0		30
	y_3		y_1		

Conhecendo os valores de $y_1 = y_3 = 0$, podem calcular-se os valores de y_2 e y_4 resolvendo o sistema de equações da forma-padrão do Problema Dual:

$$\begin{cases} 3y_1 + 4y_2 - y_3 = 6 \\ 5y_1 + 2y_2 - y_4 = 3 \end{cases}$$

$$\begin{cases} 0 + 4y_2 - 0 = 6 \\ 0 + 2y_2 - y_4 = 3 \end{cases}$$

$$\begin{cases} y_2 = {}^3/_2 \\ y_4 = 0 \end{cases}$$

Solução óptima do Problema Dual :

$y_1 = 0$; $y_2 = 3/2$; $y_3 = 0$; $y_4 = 0$; Min $g(Y^*) = 30 =$ Max $f(X^*)$

7.

a. Max $g(Y) = 600y_1 + 2400y_2 + 600y3$

$$\text{s.a.} \quad \begin{array}{rcl} 5y_1 + 2y_2 + 8y_3 & \leq & 1/2 \\ 4y_1 + 4y_2 & \leq & 3/2 \\ y_1 , y_2 & \geq & 0 \end{array}$$

b.

$$X^* = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ E_1 \\ E_2 \\ E_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1200 \\ 0 \\ 5400 \\ 0 \\ 9000 \end{bmatrix} \qquad Y^* = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ y_3 \\ y_4 \\ y_5 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ {}^1/_4 \\ 0 \\ 0 \\ {}^1/_2 \end{bmatrix} \qquad \begin{array}{l} \text{Min } f(X^*) = 600 \\ \text{Max } g(Y^*) = 600 \end{array}$$

c.

Problema Primal		Problema Dual		Complementaridade
Variáveis Básicas	$x_1 = 1200$ (1ª V. Decisão)	Variáveis Não Básicas	$y_4 = 0$ (1ª V. Auxiliar)	(1200)(0) = 0
	$E_1 = 5400$ (1ª V. Auxiliar)		$y_1 = 0$ (1ª V. Decisão)	(5400)(0) = 0
	$E_3 = 9000$ (3ª V. Auxiliar)		$y_3 = 0$ (3ª V. Decisão)	(9000)(0) = 0
Variáveis Não Básicas	$x_2 = 0$ (2ª V. Decisão)	Variáveis Básicas	$y_5 = 1/2$ (2ª V. Auxiliar)	(0)(1/2) = 0
	$E_2 = 0$ (2ª V. Auxiliar)		$y_2 = 1/4$ (2ª V. Decisão)	(0)(1/4) = 0

8.

a. Min $g(Y) = 10y_1 + 2y_2$

$$
\begin{array}{llcccc}
\text{s.a.} & 4y_1 & + & y_2 & \geq & 1 \\
 & 2y_1 & + & y_2 & \leq & 3 \\
 & \multicolumn{5}{l}{y_1 \geq 0 \, ; \, y_2 \leq 0}
\end{array}
$$

b. Solução Óptima do problema Primal : $x_1 = {}^5/_2$; $x_2 = 0$; $F_1 = 0$; $E_2 = {}^1/_2$; Max $f(X^*) = {}^5/_2$

c. Solução Óptima do problema Dual : $y_1 = {}^1/_4$; $y_2 = 0$; $y_3 = 0$; $y_4 = {}^5/_2$; Min $g(Y^*) = {}^5/_2$

9. O modelo Dual é:

Min $g(Y) = 5y_1 + y_2$

$$
\begin{array}{lccccc}
\text{s.a.} & & & -y_2 & \geq & 2 \\
 & y_1 & + & y_2 & \geq & 1 \\
 & \multicolumn{5}{l}{y_1 , y_2 \geq 0}
\end{array}
$$

Veja-se que a 1ª restrição técnica $y_2 \leq -2$ é incompatível com a restrição lógica $y_2 \geq 0$ pelo que o conjunto de soluções do problema Dual é vazio. Assim sendo o problema Dual não tem solução admissível.

10. O modelo Dual é:

Min $g(Y) = 20y_1 + 21y_2 + 5y_3$

$$
\begin{array}{lcccccccc}
\text{s.a.} & 4y_1 & + & 7y_2 & + & y_3 & \geq & 3 \\
 & 4y_1 & + & 3y_2 & + & & \geq & 5 \\
 & \multicolumn{7}{l}{y_1 , y_2 \geq 0 \, ; \, y_3 \leq 0}
\end{array}
$$

O 1º quadro Simplex do 2 º Passo é o seguinte:

VB	y_1	y_2	y'_3	y_4	y_5	y_1^a	y_2^a	VSM
y_2	4/3	1	0	0	-1/3	0	1/3	5/3
y'_3	16/3	0	1	1	-7/3	-1	7/3	26/3
g(Y)	-56/3	0	0	-5	14/3	5	-14/3	-25/3

Deve entrar para a base a variável y_5, mas não há "ratio" finita não negativa pelo que a solução do problema Dual é Ilimitada.

11. Problema Dual tem solução Ilimitada.

12. a. b.

Problema Primal		Problema Dual		Complementaridade
Variáveis Básicas	$x_2 = 5$ (2ª V. Decisão)	Variáveis Não Básicas	$y_4 = 0$ (2ª V. Auxiliar)	(5)(0) = 0
	$F_1 = 22$ (1ª V. Auxiliar)		$y_1 = 0$ (1ª V. Decisão)	(22)(0) = 0
Variáveis Não Básicas	$x_1 = 0$ (1ª V. Decisão)	Variáveis Básicas	$y_3 = 0$ (1ª V. Auxiliar)	(0)(0) = 0
	$F_2 = 0$ (2ª V. Auxiliar)		$y_2 = 1$ (2ª V. Decisão)	(0)(1) = 0

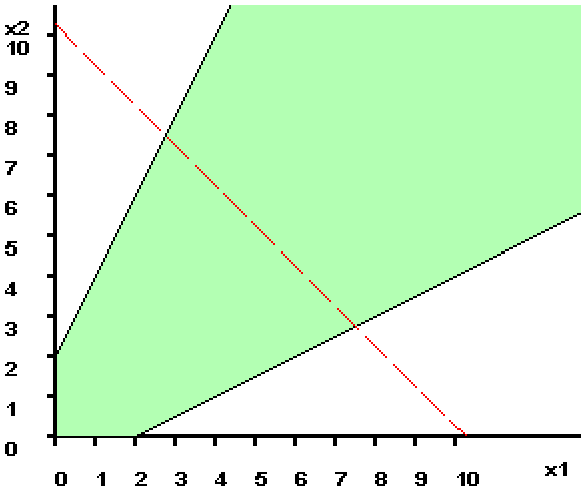
$$\text{Max } f(X^*) = 10 = \text{Min } g(Y^*) = 7y_1 + 10y_2$$

13. a. b.

Problema Primal		Problema Dual		Complementaridade
Variáveis Básicas	$x_1 = 2$ (1ª V. Decisão)	Variáveis Não Básicas	$y_4 = 0$ (1ª V. Auxiliar)	(2)(0) = 0
	$x_2 = 2$ (2ª V. Decisão)		$y_5 = 0$ (2ª V. Auxiliar)	(2)(0) = 0
	$E_3 = 4$ (3ª V. Auxiliar)		$y_3 = 0$ (3ª V. Decisão)	(4)(0) = 0
Variáveis Não Básicas	$E_1 = 0$ (1ª V. Auxiliar)	Variáveis Básicas	$y_1 = 2/3$ (1ª V. Decisão)	(0)(2/3) = 0
	$E_2 = 0$ (2ª V. Auxiliar)		$y_2 = 1/2$ (2ª V. Decisão)	(0)(1/2) = 0

$$\text{Min } f(X^*) = 18 = \text{Max } g(Y^*) = 18y_1 + 12y_2 + 16y_3$$

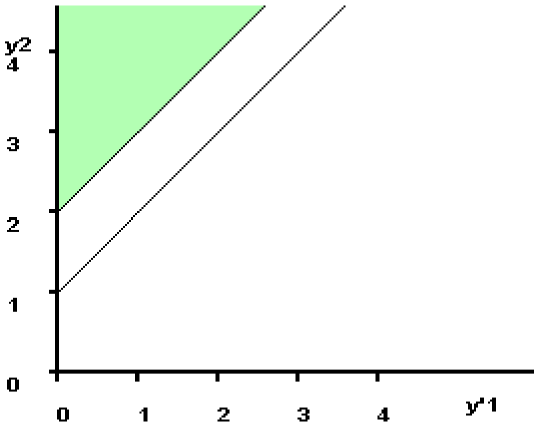
14.



Problema Primal : solução ilimitada

Se o problema Primal tem solução Ilimitada o problema Dual não tem soluções (conjunto de soluções vazio)

15.



Problema Dual : solução ilimitada

Se o problema Dual tem solução Ilimitada o problema Primal não tem soluções (conjunto de soluções vazio)

16.

Problema Primal:

As duas restrições técnicas são incompatíveis; o problema não tem soluções (conjunto de soluções vazio)

Problema Dual:

Min $g(Y) = -y_2$

s.a.

$y_1 + y_2 \geq 1$

$-y_1 - y_2 \geq 1$ ou seja $y_1 + y_2 \leq -1$

$y_1 \leq 0$; $y_2 \geq 0$

As duas restrições técnicas são incompatíveis; o problema não tem soluções (conjunto de soluções vazio)

17.

a. Uma variável Artificial não tem qualquer significado físico, sendo apenas utilizada para construir uma solução inicial para aplicação do método Simplex quando o modelo de PL apresenta restrições dos tipos "=" e "≥" .

b. Uma solução básica é a que está associada a um conjunto de vectores independentes do sistema de equações que formam uma matriz com determinante diferente de zero. Genericamente, num sistema de "m" equações lineares com "n" variáveis com "n > m", obtém-se uma solução básica quando "n-m" variáveis são consideradas nulas e o sistema é resolvido em ordem a "m" variáveis.

c. São as variáveis do modelo de PL que o decisor pode controlar.
Atinge-se uma solução óptima quando são calculados os valores das variáveis de decisão que optimizam o valor de uma função-objectivo.

d. É o "preço-sombra" ou "valor marginal" de uma unidade do segundo membro da restrição técnica a que e associa a variável de decisão do problema Dual.
Tem sempre valor nulo para recursos associados a restrições não saturadas.

e. Diz-se "não saturada" a restrição de um modelo de PL que não é satisfeita como igualdade.

f. É uma função linear a Maximizar ou Minimizar no modelo de PL. Traduz o critério do decisor para apreciar soluções admissíveis.

g. A solução do modelo de PL que Maximiza (minimiza) a função-objectivo.

h. Valor marginal (preço interno) de uma unidade adicional do segundo membro da restrição técnica do problema Primal a que está associada a respectiva variável de decisão do problema Dual.

i. Método algébrico para solucionar problemas de programação linear.

j. Variável, com domínio não negativo, que é adicionada ao primeiro membro de uma restrição do tipo "≤" para converter a desigualdade numa igualdade. Em regra, o valor da variável de folga é interpretado como a quantidade de recurso que não é utilizado na solução óptima do problema.

k. Formulação do problema de PL em que :
- as restrições técnicas são apresentadas como igualdades
- os segundos membros das restrições têm valor não negativo
- as variáveis do modelo têm domínio não negativo

l. Variável, com domínio não negativo, que é subtraída ao primeiro membro de uma restrição do tipo "≥ " para converter a desigualdade numa igualdade.

m. Variáveis em ordem às quais se resolve um sistema de equações lineares. Genericamente, num sistema de "m" equações lineares com "n" variáveis com "n > m", obtém-se uma solução básica quando "n-m" variáveis são consideradas nulas e o sistema é resolvido em ordem a "m" variáveis.

18. Verdadeira.

19. Falsa.

20. Verdadeira. Se a restrição não carece de variável de equilíbrio é porque já é uma igualdade a que se associa uma variável de decisão Dual, livre (sem restrição de sinal).

21. Verdadeira. Se a restrição carece de variável de folga é do tipo " $\leq$ ".

    Se o Primal é maximizante, então a restrição é **típica** e a variável Dual associada é **típica** ($y \geq 0$).

    Se o Primal é minimizante, então a restrição é **não típica** e a variável Dual associada é **não típica** ($y \leq 0$).

22. Falsa.

23. Verdadeira.

24. Verdadeira.

25. Verdadeira.

26. Verdadeira.

27. Verdadeira.

28. Falsa. O problema que minimiza tem sempre a função objectivo com valor majorante do da função objectivo do problema que maximiza.

29. Falsa.

30. Verdadeira.

31. Verdadeira. Se a solução deixa de ser admissível, no problema Dual é afectada a regra de paragem do Simplex.

32. Falsa. Ver a resposta anterior.

33. Falsa.

34. Verdadeira. Pode alterar-se o seu coeficiente na equação de f(X) que é valor de uma variável Dual associada. Se dessa alteração resultar a violação da regra de paragem do Simplex então o valor da variável Dual deixa de ser admissível.

35. Verdadeira (relação de complementaridade Primal-Dual).

36. Verdadeira.

37. Verdadeira.

38. Falsa.

Veja-se o exemplo seguinte:

$$\begin{array}{llcllcl} \text{Max } f = & 8x_1 & + & 6x_2 & & \\ \text{s.a.} & x_1 & - & x_2 & \leq & 3/5 \\ & x_1 & - & x_2 & \geq & 2 \\ & & & x_1, x_2 & \geq & 0 \end{array}$$

O modelo Dual é:

$$\begin{array}{llcllcl} \text{Min } g(Y) = & 3/5\, y_1 & + & 2y_2 & & \\ \text{s.a.} & y_1 & + & y_2 & \geq & 8 \\ & -y_1 & - & y_2 & \geq & 6 \\ & & & \multicolumn{3}{l}{y_1 \geq 0 \; ; \; y_2 \leq 0} \end{array}$$

Geometricamente pode ver-se que **são vazios** os conjuntos-solução do Primal e do Dual.

No quadro seguinte apresenta-se a relação entre os valores das funções-objectivo dos dois problemas:

		Problema Dual : Min g(Y)	
		Possível	Impossível
Problema Primal Max f(X)	Possível	Max f(X) = Min g(Y)	Max f(X)= ilimitado
	Impossível	Min g(Y) = ilimitado	Primal e Dual sem solução

39. Verdadeira.

40. Verdadeira.

41. Falsa. As variáveis auxiliares são utilizadas na forma-padrão do Simplex no pressuposto que o seu domínio é não negativo.

As variáveis y_3 e y_4 são variáveis auxiliares do problema Dual pelo que o seu valor é:

$$y_3 = 5 \; ; \; y_4 = 13/2$$

Não esquecer que em Minimização a regra de paragem do Simplex é:

"na equação de f(X), todos os coeficientes, das variáveis da forma-padrão, são não positivos"

pelo que o valor das <u>variáveis auxiliares do Dual</u> é sempre o valor absoluto dos coeficientes das variáveis de decisão na equação de f(X).