Os Caps. ~~3~~ 5 e 4 exploram casos particulares da programação linear, enquanto que os Caps. 6 e 7 ampliam o alcance do método simplex, discutindo dualidade e a pós-otimização.

Tópicos adicionais não analisados neste livro são, entre outros, o simplex revisado, utilizado nos pacotes comerciais; métodos que evitam a ciclagem; e a decomposição, para problemas de grande porte. Para o aprofundamento desses, e outros temas, as seguintes referências são recomendadas:

Bregalda, Paulo F., Antônio A.F. de Oliveira e Cláudio T. Bornstein. *Introdução à Programação Linear*. Editora Campus Ltda., Rio de Janeiro, 1981.

Chvatal, Vasek. *Linear Programming*, W. H. Freeman, New York, 1983.

Hadley, G., *Linear Programming*, Addison-Wesley, Reading, Mass., 1962.

3.11. PROBLEMAS PROPOSTOS

3.1. Dado o problema de programação linear:

Máx. $Z = 2x_1 + 3x_2$ sujeito a

$$
\begin{aligned}
-x_1 + 2x_2 &\leq 4 \\
x_1 + x_2 &\leq 6 \\
x_1 + 3x_2 &\leq 9 \\
x_1,\ x_2 &\geq 0
\end{aligned}
$$

a) Achar a solução gráfica;

b) Resolver pelo método simplex e, a cada iteração, identificar o vértice correspondente no plano (x_1, x_2).

3.2. Dado o problema de programação linear:

Máx. $Z = 7x_1 + 9x_2$ sujeito a

$$
\begin{aligned}
x_1 - x_2 &\geq -2 \\
3x_1 + 5x_2 &\leq 15 \\
5x_1 + 4x_2 &\leq 20 \\
x_1,\ x_2 &\geq 0
\end{aligned}
$$

a) Achar a solução gráfica;

b) Resolver pelo método simplex e, a cada iteração, identificar o vértice correspondente no plano (x_1, x_2).

3.3. Transformar o sistema, a seguir, para a forma padrão:

Mín. $Z = 3x_1 - 2x_2 - x_3$ sujeito a

$$x_1 + x_2 + x_3 \leq 8$$
$$2x_1 - x_2 - x_3 \geq 10$$
$$4x_1 + 2x_2 - x_3 = -7$$
$$x_1 \geq 0;\ x_2 \leq 0;\ x_3 \text{ sem restrição de sinal}$$

3.4. Dado o seguinte problema de programação linear:

Máx. $Z = 3x_1 + x_2 + 5x_3$ sujeito a

$$x_1 - 2x_2 + 4x_3 + x_4 = 12$$
$$2x_1 + x_2 + 3x_3 + x_5 = 15$$
$$x_1, x_2, x_3, x_4, x_5 \geq 0$$

a) Qual a solução básica inicial óbvia e qual o valor de Z?

b) Supor que a variável x_3 passe de 0 a 1, mantidos $x_1 = x_2 = 0$. Qual o valor resultante de x_4, x_5 e de Z?

c) Qual o valor máximo que x_3 pode alcançar e qual a nova solução factível básica quando x_3 alcançar seu valor máximo?

3.5. Resolver o seguinte problema de programação linear:

Máx. $Z = 3x_1 + 2x_2 + 5x_3$ sujeito a

$$2x_1 + 3x_2 + 4x_3 \leq 10$$
$$5x_1 + 6x_2 + 2x_3 \leq 12$$

e
$$x_1 \geq 0;\ x_2 \geq 0;\ x_3 \geq 0.$$

3.6. Resolver o seguinte problema de programação linear:

Mín. $Z = x_4 + x_5 + x_6$ sujeito a

$$-x_1 - 2x_3 + x_4 = 5$$
$$2x_1 - 3x_2 + x_3 + x_5 = 3$$
$$2x_1 - 5x_2 + 6x_3 + x_6 = 5$$
$$x_j \geq 0\ (j = 1, 2, \ldots, 6).$$

3.7. Resolver o seguinte problema de programação linear:

Máx. $Z = 4x_1 + 2x_2 + 2x_3$ sujeito a

$$x_1 + x_2 + 2x_3 \leq 4$$
$$4x_1 - 5x_2 - 3x_3 \leq 30$$

e
$$x_1 \geq 0;\ x_3 \geq 0.$$

x_2 sem restrição de sinal.

3.8. Resolver o seguinte problema de programação linear:

Mín. $Z = -x_1 - 2x_2 + x_3$ sujeito a

$$-2x_1 - x_2 + x_3 \geq -2$$
$$2x_1 - x_2 + 5x_3 \leq 6$$
$$-4x_1 - x_2 - x_3 \geq -6$$

e
$$x_1 \geq 0;\ x_3 \geq 0$$

x_2 sem restrição de sinal.

3.9. Dado o seguinte problema de programação linear:

Máx. $Z = x_1 + 3x_2$ sujeito a

$$-x_1 + 2x_2 \leq 4$$
$$x_1 + x_2 \leq 6$$
$$x_1 + 3x_2 \leq 9$$

e
$$x_1 \geq 0;\ x_2 \geq 0.$$

a) Achar a solução gráfica;

b) Resolver pelo método simplex e identificar as múltiplas soluções.

3.10. Determinar todas as soluções factíveis básicas do sistema:

$$x_1 + x_2 + x_3 = \frac{1}{3}$$
$$x_1 + x_2 + 3x_3 = 1$$

3.11. Dado o sistema:

$$2x_1 + 6x_2 + 2x_3 + x_4 = 3$$
$$6x_1 + 4x_2 + 4x_3 - 6x_4 = 2$$

Achar todas as soluções factíveis básicas pelo processo da função objetivo artificial.

3.12. Resolver o seguinte problema de programação linear usando variáveis artificiais e aplicando os dois métodos (itens 3.8.2. e 3.8.3.):

Máx. $Z = 3x_1 + 2x_2 - 5x_3$ sujeito a

$$3x_1 + 4x_2 + 3x_3 = 7$$
$$-6x_1 + 20x_2 - 35x_3 = 17$$

e
$$x_1 \geq 0;\ x_2 \geq 0;\ x_3 \geq 0.$$