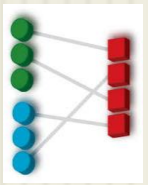
PESQUISA OPERACIONAL II 2018

# MÃO DE OBRA

Capítulo 3

# MÃO DE OBRA



## PROBLEMA DA DESIGNAÇÃO



**Designação de:**

- Operações a máquinas
- Operários a tarefas
- Trabalhadores a locais de trabalho
- Dinheiro a investimentos

**Designação de custo mínimo**

Minimizar o custo do transporte dos agentes designados aos locais de trabalho

**Designação de lucro máximo**

Maximizar a satisfação dos agentes designados aos locais de trabalho

$$\min f = \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{n} c_{ij}\, x_{ij}$$

Custo

$$s/a \quad \sum_{j=1}^{n} x_{ij} = 1 \quad (i = 1..n)$$

Horizontal

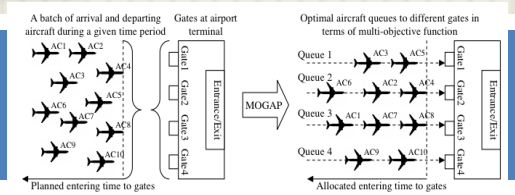
$$\sum_{i=1}^{n} x_{ij} = 1 \quad (j = 1..n)$$

Vertical

$$x_{ij} = 0/1$$

| | | | |
|---|---|---|---|
| x11 | x12 | x13 | x14 |
| x21 | x22 | x23 | x24 |
| x31 | x32 | x33 | x34 |
| x41 | x42 | x43 | x44 |

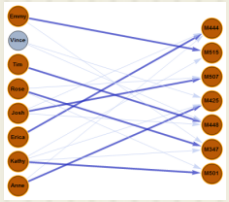
Capítulo 3



# 1. PROBLEMA DA DESIGNAÇÃO

## BÁSICO

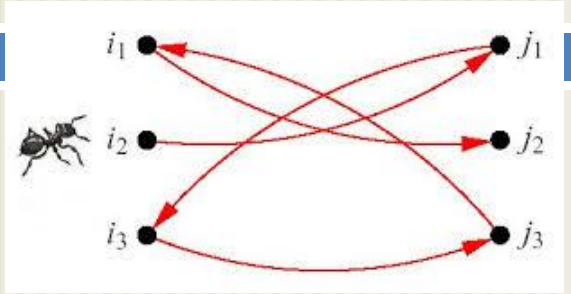
Dispõe-se de 4 operários para executar 4 tarefas. O custo da designação está na Tabela abaixo. Encontrar a designação de custo mínimo.



| | Tarefa 1 | Tarefa 2 | Tarefa 3 | Tarefa 4 |
|---|---|---|---|---|
| Operário 1 | 6 | 3 | 2 | 4 |
| Operário 2 | 10 | 6 | 2 | 5 |
| Operário 3 | 6 | 10 | 9 | 8 |
| Operário 4 | 11 | 5 | 4 | 9 |

# 1. PROBLEMA DA DESIGNAÇÃO

## BÁSICO




| | T1 | T2 | T3 | T4 |
|---|---|---|---|---|
| O1 | 6 | 3 | 2 | 4 |
| O2 | 10 | 6 | 2 | 5 |
| O3 | 6 | 10 | 9 | 8 |
| O4 | 11 | 5 | 4 | 9 |

### *Variáveis*

$$x_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{se i é designado a j} \\ 0 & \text{caso contrário} \end{cases}$$

### *Função-Objetivo*

$$\min f = 6x_{11} + 3x_{12} + 2x_{13} + 4x_{14} + 10x_{21} + 6x_{22} + 2x_{23} + 5x_{24} + 6x_{31} + 10x_{32} + 9x_{33} + 8x_{34} + 11x_{41} + 5x_{42} + 4x_{43} + 9x_{44}$$

### *Restrições*

$$x_{11} + x_{12} + x_{13} + x_{14} = 1$$
$$x_{21} + x_{22} + x_{23} + x_{24} = 1$$
$$x_{31} + x_{32} + x_{33} + x_{34} = 1$$
$$x_{41} + x_{42} + x_{43} + x_{44} = 1$$
$$x_{11} + x_{21} + x_{31} + x_{41} = 1$$
$$x_{12} + x_{22} + x_{32} + x_{42} = 1$$
$$x_{13} + x_{23} + x_{33} + x_{43} = 1$$
$$x_{14} + x_{24} + x_{34} + x_{44} = 1$$
$$x_{ij} = 0/1$$

| | | | |
|---|---|---|---|
| x11 | x12 | x13 | x14 |
| x21 | x22 | x23 | x24 |
| x31 | x32 | x33 | x34 |
| x41 | x42 | x43 | x44 |

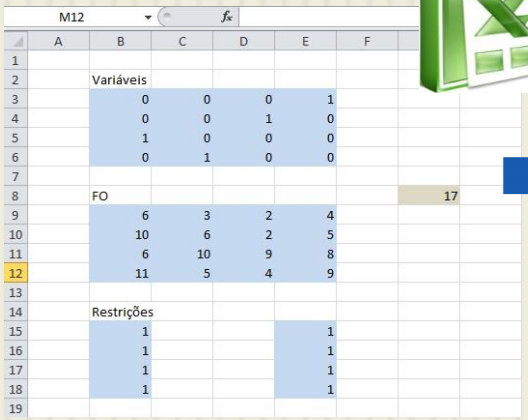
Assignment

# 1. PROBLEMA DA DESIGNAÇÃO

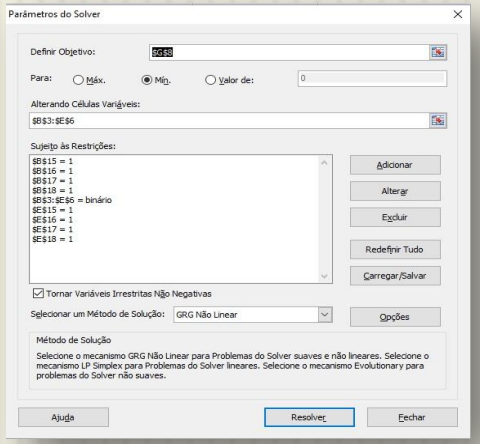
## BÁSICO

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | | 4 |
| | | 2 | |
| 6 | | | |
| | 5 | | |





| | A | B | C | D | E | F |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | | | | | | |
| 2 | | Variáveis | | | | |
| 3 | | 0 | 0 | 0 | 1 | |
| 4 | | 0 | 0 | 1 | 0 | |
| 5 | | 1 | 0 | 0 | 0 | |
| 6 | | 0 | 1 | 0 | 0 | |
| 7 | | | | | | |
| 8 | | FO | | | | 17 |
| 9 | | 6 | 3 | 2 | 4 | |
| 10 | | 10 | 6 | 2 | 5 | |
| 11 | | 6 | 10 | 9 | 8 | |
| 12 | | 11 | 5 | 4 | 9 | |
| 13 | | | | | | |
| 14 | | Restrições | | | | |
| 15 | | 1 | | | 1 | |
| 16 | | 1 | | | 1 | |
| 17 | | 1 | | | 1 | |
| 18 | | 1 | | | 1 | |
| 19 | | | | | | |

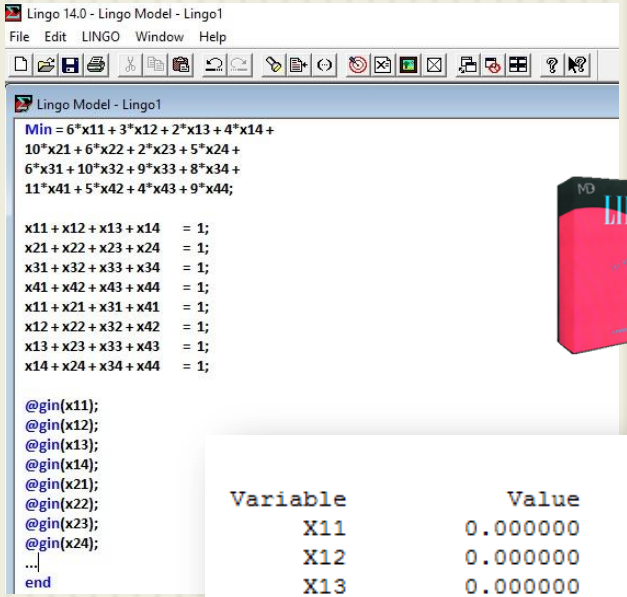



**Solução:**

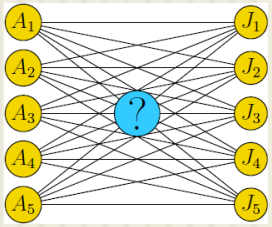
$x_{14} = 1$ $x_{23} = 1$
$x_{31} = 1$ $x_{42} = 1$

**Operário 1 - Tarefa 4**
**Operário 2 - Tarefa 3**
**Operário 3 - Tarefa 1**
**Operário 4 - Tarefa 2**

**O custo dessa designação, dado pela soma total do custo da designação dos operários às tarefas, é igual a 4 + 2 + 6 + 5 = 17**




| Variable | Value |
|---|---|
| X11 | 0.000000 |
| X12 | 0.000000 |
| X13 | 0.000000 |
| X14 | 1.000000 |
| X21 | 0.000000 |
| X22 | 0.000000 |
| X23 | 1.000000 |
| X24 | 0.000000 |
| X31 | 1.000000 |
| X32 | 0.000000 |
| X33 | 0.000000 |
| X34 | 0.000000 |
| X41 | 0.000000 |
| X42 | 1.000000 |
| X43 | 0.000000 |
| X44 | 0.000000 |



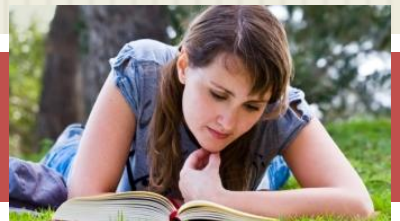

# 2. PROBLEMA DA DESIGNAÇÃO

**BÁSICO+**



**Um gerente vai realizar a conferência anual de vendas da empresa. Para auxiliar, ele contratou 4 funcionários temporários (Ana, Ivo, João e Silas) e cada um deles vai lidar com uma das 4 seguintes tarefas: 1) Word; 2) Excel; 3) Powerpoint; 4) Inscrições. Ele precisa determinar qual pessoa realizará cada tarefa. A Tabela ao lado fornece quantas horas cada um deles precisa para realizar cada tarefa e o salário por hora com base na formação de cada um deles. O que fazer?**

| | Word | Excel | Ppt | Inscrições | Salário/Hora |
|---|---|---|---|---|---|
| Ana | 35 | 41 | 27 | 40 | $ 14 |
| Ivo | 47 | 45 | 32 | 51 | $ 12 |
| João | 39 | 56 | 36 | 43 | $ 13 |
| Silas | 32 | 51 | 25 | 46 | $ 15 |



# 2. PROBLEMA DA DESIGNAÇÃO

BÁSICO+



35 x 14 = 390

| | T1 | T2 | T3 | T4 |
|---|---|---|---|---|
| O1 | 490 | 574 | 378 | 560 |
| O2 | 564 | 540 | 384 | 612 |
| O3 | 507 | 728 | 468 | 559 |
| O4 | 480 | 765 | 375 | 690 |

## *Variáveis*

$x_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{se i é designado a j} \\ 0 & \text{caso contrário} \end{cases}$

## *Função-Objetivo*

$$\min f = 490x_{11} + 574x_{12} + 378x_{13} + 560x_{14} + 564x_{21} + 540x_{22} + 384x_{23} + 612x_{24} + 507x_{31} + 728x_{32} + 468x_{33} + 559x_{34} + 480x_{41} + 765x_{42} + 375x_{43} + 690x_{44}$$

## *Restrições*

$$x_{11} + x_{12} + x_{13} + x_{14} = 1$$
$$x_{21} + x_{22} + x_{23} + x_{24} = 1$$
$$x_{31} + x_{32} + x_{33} + x_{34} = 1$$
$$x_{41} + x_{42} + x_{43} + x_{44} = 1$$
$$x_{11} + x_{21} + x_{31} + x_{41} = 1$$
$$x_{12} + x_{22} + x_{32} + x_{42} = 1$$
$$x_{13} + x_{23} + x_{33} + x_{43} = 1$$
$$x_{14} + x_{24} + x_{34} + x_{44} = 1$$
$$x_{ij} = 0/1$$

| | | | |
|---|---|---|---|
| x11 | x12 | x13 | x14 |
| x21 | x22 | x23 | x24 |
| x31 | x32 | x33 | x34 |
| x41 | x42 | x43 | x44 |

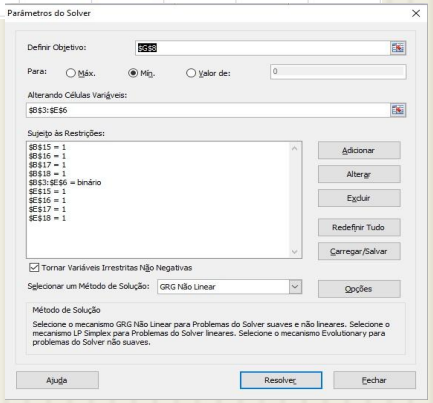
# 2. PROBLEMA DA DESIGNAÇÃO

## BÁSICO+

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | 378 | |
| | 540 | | |
| | | | 559 |
| 480 | | | |

G8 =SOMARPRODUTO(B9:E12;B3:E6)

| | A | B | C | D | E | F | G | H |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | | | | | | | | |
| 2 | | Variáveis | | | | | | |
| 3 | | 0 | 0 | 1 | 0 | | | |
| 4 | | 0 | 1 | 0 | 0 | | | |
| 5 | | 0 | 0 | 0 | 1 | | | |
| 6 | | 1 | 0 | 0 | 0 | | | |
| 7 | | | | | | | | |
| 8 | | FO | | | | | 1957 | |
| 9 | | 490 | 574 | 378 | 560 | | | |
| 10 | | 564 | 540 | 384 | 612 | | | |
| 11 | | 507 | 728 | 468 | 559 | | | |
| 12 | | 480 | 765 | 375 | 690 | | | |
| 13 | | | | | | | | |
| 14 | | Restrições | | | | | | |
| 15 | | 1 | | | 1 | | | |
| 16 | | 1 | | | 1 | | | |
| 17 | | 1 | | | 1 | | | |
| 18 | | 1 | | | 1 | | | |
| 19 | | | | | | | | |




**Solução:**

$x_{13} = 1$ $x_{23} = 1$

$x_{34} = 1$ $x_{41} = 1$

**Ana - Powerpoint**
**Ivo - Excel**
**João - Inscrições**
**Silas - Word**

**O custo da designação, dado pela soma total do custo da designação dos funcionários às tarefas, é igual a 378 + 540 + 559 + 480 = 1957**

Lingo 14.0 - Lingo Model - Lingo1

File Edit LINGO Window Help

Lingo Model - Lingo1

```
Min = 490*x11 + 574*x12 + 378*x13 + 560*x14 +
564*x21 + 540*x22 + 384*x23 + 612*x24 +
507*x31 + 728*x32 + 468*x33 + 559*x34 +
480*x41 + 765*x42 + 375*x43 + 690*x44;

x11 + x12 + x13 + x14    = 1;
x21 + x22 + x23 + x24    = 1;
x31 + x32 + x33 + x34    = 1;
x41 + x42 + x43 + x44    = 1;
x11 + x21 + x31 + x41    = 1;
x12 + x22 + x32 + x42    = 1;
x13 + x23 + x33 + x43    = 1;
x14 + x24 + x34 + x44    = 1;

@gin(x11);
@gin(x12);
@gin(x13);
@gin(x14);
@gin(x21);
@gin(x22);
@gin(x23);
@gin(x24);

end
```

| Variable | Value |
|---|---|
| X11 | 0.000000 |
| X12 | 0.000000 |
| X13 | 1.000000 |
| X14 | 0.000000 |
| X21 | 0.000000 |
| X22 | 1.000000 |
| X23 | 0.000000 |
| X24 | 0.000000 |
| X31 | 0.000000 |
| X32 | 0.000000 |
| X33 | 0.000000 |
| X34 | 1.000000 |
| X41 | 1.000000 |
| X42 | 0.000000 |
| X43 | 0.000000 |
| X44 | 0.000000 |

# 3. PROBLEMA DA DESIGNAÇÃO

## TERCEIRIZAÇÃO

**Uma prestadora de serviços dispõe de 7 agentes para designação a 3 locais de trabalho, sendo que os locais requerem 3, 2 e 1 agentes respectivamente, ou seja, 6 agentes no total. Os custos de designação são dados pelas tarifas de transporte público dos agentes aos locais de trabalho fornecidas na Tabela abaixo. O que fazer?**

| | Local 1 | Local 2 | Local 3 |
|---|---|---|---|
| Agente 1 | 4 | 6 | 3 |
| Agente 2 | 2 | 4 | 7 |
| Agente 3 | 5 | 3 | 2 |
| Agente 4 | 3 | 7 | 2 |
| Agente 5 | 4 | 8 | 5 |
| Agente 6 | 1 | 9 | 6 |
| Agente 7 | 5 | 7 | 9 |

# 3. PROBLEMA DA DESIGNAÇÃO

## TERCEIRIZAÇÃO



| | L1 | L2 | L3 |
|---|---|---|---|
| A1 | 4 | 6 | 3 |
| A2 | 2 | 4 | 7 |
| A3 | 5 | 3 | 2 |
| A4 | 3 | 7 | 2 |
| A5 | 4 | 8 | 5 |
| A6 | 1 | 9 | 6 |
| A7 | 5 | 7 | 9 |

### *Variáveis*

$$x_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{se i é designado a j} \\ 0 & \text{caso contrário} \end{cases}$$

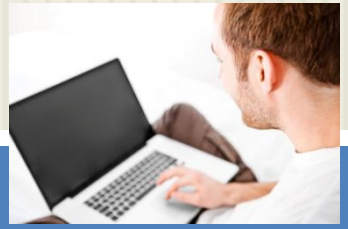
### *Função-Objetivo*

$$\min f = 4x_{11} + 6x_{12} + 3x_{13} + 2x_{21} + 4x_{22} + 7x_{23} + 5x_{31} + 3x_{32} + 2x_{33} + 3x_{41} + 7x_{42} + 2x_{43} + 4x_{51} + 8x_{52} + 5x_{53} + x_{61} + 9x_{62} + 6x_{63} + 5x_{71} + 7x_{72} + 9x_{73}$$

### *Restrições*

$$x_{11} + x_{12} + x_{13} \leq 1$$
$$x_{21} + x_{22} + x_{23} \leq 1$$
$$x_{31} + x_{32} + x_{33} \leq 1$$
$$x_{41} + x_{42} + x_{43} \leq 1$$
$$x_{51} + x_{52} + x_{53} \leq 1$$
$$x_{61} + x_{62} + x_{63} \leq 1$$
$$x_{71} + x_{72} + x_{73} \leq 1$$
$$x_{11} + x_{21} + x_{31} + x_{41} + x_{51} + x_{61} + x_{71} = 3$$
$$x_{12} + x_{22} + x_{32} + x_{42} + x_{52} + x_{62} + x_{72} = 2$$
$$x_{13} + x_{23} + x_{33} + x_{43} + x_{53} + x_{63} + x_{73} = 1$$
$$x_{ij} = 0/1$$

| | | |
|---|---|---|
| x11 | x12 | x13 |
| x21 | x22 | x23 |
| x31 | x32 | x33 |
| x41 | x42 | x43 |
| x51 | x52 | x53 |
| x61 | x62 | x63 |
| x71 | x72 | x73 |



# 3. PROBLEMA DA DESIGNAÇÃO

## TERCEIRIZAÇÃO

| | | |
|---|---|---|
| 1 | | |
| | 1 | |
| | 1 | |
| | | 1 |
| 1 | | |
| 1 | | |
| | | |

F12 =SOMARPRODUTO(B12:D18;B3:D9)

| | A | B | C | D | E | F | G | H | I |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | | | | | | | | | |
| 2 | | Variáveis | | | | Restrições | | | |
| 3 | | 1 | 0 | 0 | | 1 | | 3 | |
| 4 | | 0 | 1 | 0 | | 1 | | 2 | |
| 5 | | 0 | 1 | 0 | | 1 | | 1 | |
| 6 | | 0 | 0 | 1 | | 1 | | | |
| 7 | | 1 | 0 | 0 | | 1 | | | |
| 8 | | 1 | 0 | 0 | | 1 | | | |
| 9 | | 0 | 0 | 0 | | 0 | | | |
| 10 | | | | | | | | | |
| 11 | | FO | | | | | | | |
| 12 | | 4 | 6 | 3 | | 18 | | | |
| 13 | | 2 | 4 | 7 | | | | | |
| 14 | | 5 | 3 | 2 | | | | | |
| 15 | | 3 | 7 | 2 | | | | | |
| 16 | | 4 | 8 | 5 | | | | | |
| 17 | | 1 | 9 | 6 | | | | | |
| 18 | | 5 | 7 | 9 | | | | | |
| 19 | | | | | | | | | |

**Solução:**

**x11 = 1** **x22 = 1**
**x32 = 1** **x43 = 1**
**x51 = 1** **x61 = 1**

**Os agentes 1, 5 e 6 serão designados ao local 1, os agentes 2 e 3 para o local 2 e o agente 4 para o local 3. O agente 7 não será designado.**

**O custo dessa designação, dado pela soma total do custo do transporte dos agentes aos locais de trabalho, é igual a (4 + 4 + 1) + (4 + 3) + (2) = 18.**

Lingo 14.0 - Lingo Model - Lingo2

File Edit LINGO Window Help

Lingo Model - Lingo2

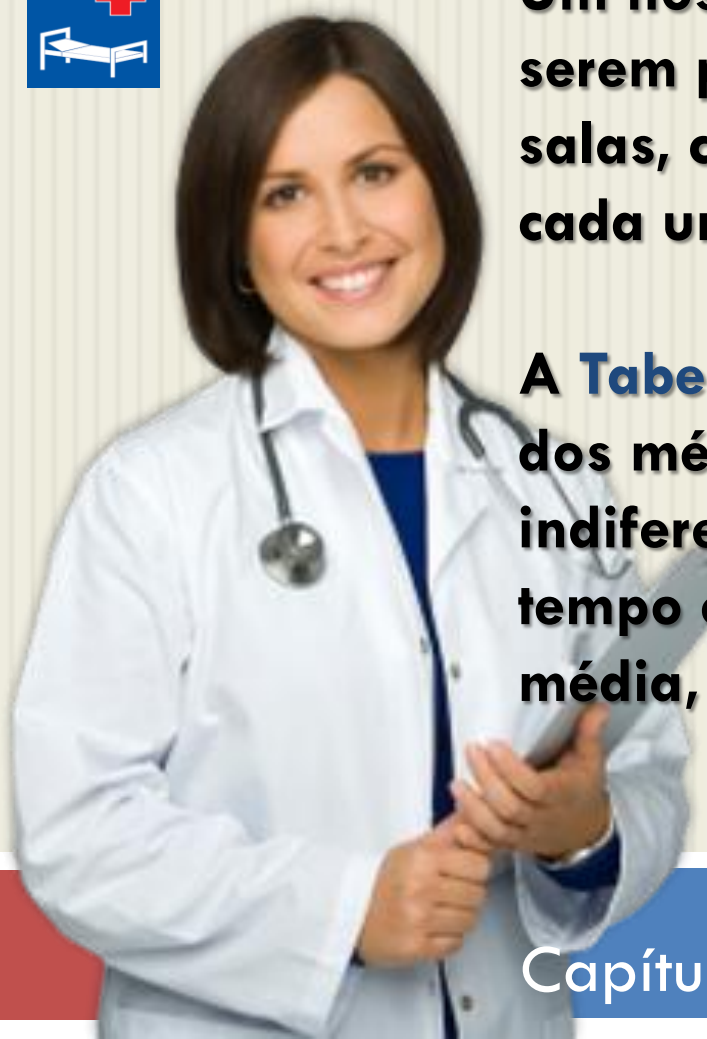
```
Min = 4*x11 + 6*x12 + 3*x13 +
2*x21 + 4*x22 + 7*x23 +
5*x31 + 3*x32 + 2*x33 +
3*x41 + 7*x42 + 2*x43 +
4*x51 + 8*x52 + 5*x53 +
x61 + 9*x62 + 6*x63 +
5*x71 + 7*x72 + 9*x73;
x11 + x12 + x13 <= 1;
x21 + x22 + x23 <= 1;
x31 + x32 + x33 <= 1;
x41 + x42 + x43 <= 1;
x51 + x52 + x53 <= 1;
x61 + x62 + x63 <= 1;
x71 + x72 + x73 <=1;
x11 + x21 + x31 + x41 + x51 + x61 + x71 = 3;
x12 + x22 + x32 + x42 + x52 + x62 + x72 = 2;
x13 + x23 + x33 + x43 + x53 + x63 + x73 = 1;

end
```

| Variable | Value |
|---|---|
| X11 | 1.000000 |
| X12 | 0.000000 |
| X13 | 0.000000 |
| X21 | 0.000000 |
| X22 | 1.000000 |
| X23 | 0.000000 |
| X31 | 0.000000 |
| X32 | 1.000000 |
| X33 | 0.000000 |
| X41 | 0.000000 |
| X42 | 0.000000 |
| X43 | 1.000000 |
| X51 | 1.000000 |
| X52 | 0.000000 |
| X53 | 0.000000 |
| X61 | 1.000000 |
| X62 | 0.000000 |
| X63 | 0.000000 |
| X71 | 0.000000 |
| X72 | 0.000000 |
| X73 | 0.000000 |

# 4. PROBLEMA DA DESIGNAÇÃO

## SALAS DE CIRURGIAS



Um hospital tem **5** médicos e **7** cirurgias para serem programadas para o dia seguinte em **3** salas, com tempo igual a **10** horas disponíveis em cada uma das salas (**600** minutos).

A **Tabela 1** apresenta as preferências de cada um dos médicos pelas salas, onde: **0** (= não), **5** (= indiferente), **10** (= sim). A **Tabela 2** fornece o tempo em minutos que os médicos necessitam, em média, para efetuar cada uma das cirurgias.

**O que fazer?**

# 4. PROBLEMA DA DESIGNAÇÃO

## SALAS DE CIRURGIAS



Preferências dos médicos

| Médico | Sala 1 | Sala 2 | Sala 3 |
|---|---|---|---|
| 1 | 10 | 5 | 0 |
| 2 | 10 | 10 | 10 |
| 3 | 0 | 10 | 5 |
| 4 | 5 | 10 | 0 |
| 5 | 10 | 5 | 10 |

Duração das cirurgias

| Cirurgia | Médico | Tempo de cirurgia (minutos) |
|---|---|---|
| 1 | 1 | 400 |
| 2 | 2 | 180 |
| 3 | 3 | 120 |
| 4 | 4 | 60 |
| 5 | 5 | 480 |
| 6 | 3 | 90 |
| 7 | 1 | 240 |

# 4. PROBLEMA DA DESIGNAÇÃO

## SALAS DE CIRURGIAS



| | | |
|---|---|---|
| 10 | 5 | 0 |
| 10 | 10 | 10 |
| 0 | 10 | 5 |
| 5 | 10 | 0 |
| 10 | 5 | 10 |
| 0 | 10 | 5 |
| 10 | 5 | 0 |

### *Variáveis*

$$x_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{se i é designado a j} \\ 0 & \text{caso contrário} \end{cases}$$

| | | |
|---|---|---|
| x11 | x12 | x13 |
| x21 | x22 | x23 |
| x31 | x32 | x33 |
| x41 | x42 | x43 |
| x51 | | x53 |
| x61 | | x63 |
| x71 | | x73 |

### *Função-Objetivo*

$$\max f = 10x_{11} + 5x_{12} + 0x_{13} + 10x_{21} + 10x_{22} + 10x_{23} + 0x_{31} + 10x_{32} + 5x_{33} + 5x_{41} + 10x_{42} + 0x_{43} + 10x_{51} + 5x_{52} + 10x_{53} + 0x_{61} + 10x_{62} + 5x_{63} + 10x_{71} + 5x_{72} + 0x_{73}$$

### *Restrições*

$$x_{11} + x_{12} + x_{13} = 1$$
$$x_{21} + x_{22} + x_{23} = 1$$
$$x_{31} + x_{32} + x_{33} = 1$$
$$x_{41} + x_{42} + x_{43} = 1$$
$$x_{51} + x_{52} + x_{53} = 1$$
$$x_{61} + x_{62} + x_{63} = 1$$
$$x_{71} + x_{72} + x_{73} = 1$$
$$400x_{11} + 180x_{21} + 120x_{31} + 60x_{41} + 480x_{51} + 90x_{61} + 240x_{71} \leq 600$$
$$400x_{12} + 180x_{22} + 120x_{32} + 60x_{42} + 480x_{52} + 90x_{62} + 240x_{72} \leq 600$$
$$400x_{13} + 180x_{23} + 120x_{33} + 60x_{43} + 480x_{53} + 90x_{63} + 240x_{73} \leq 600$$
$$x_{ij} = 0/1$$

# 4. PROBLEMA DA DESIGNAÇÃO

## SALAS DE CIRURGIAS



Lingo 14.0 - Lingo Model - Lingo1

File Edit LINGO Window Help

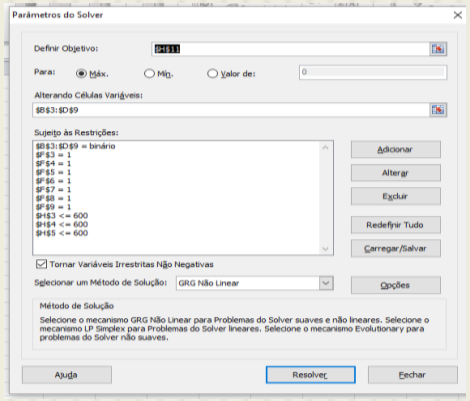
Lingo Model - Lingo1

```
Max = 10*x11 + 5*x12 +
10*x21 + 10*x22 + 10*x23 +
10*x32 + 5*x33 +
5*x41 + 10*x42 +
10*x51 + 5*x52 + 10*x53 +
10*x62 + 5*x63 +
10*x71 + 5*x72;

x11 + x12 + x13 = 1;
x21 + x22 + x23 = 1;
x31 + x32 + x33 = 1;
x41 + x42 + x43 = 1;
x51 + x52 + x53 = 1;
x61 + x62 + x63 = 1;
x71 + x72 + x73 = 1;
400*x11 + 180*x21 + 120*x31 + 60*x41 + 480*x51 + 90*x61 + 240*x71 <= 600;
400*x12 + 180*x22 + 120*x32 + 60*x42 + 480*x52 + 90*x62 + 240*x72 <= 600;
400*x13 + 180*x23 + 120*x33 + 60*x43 + 480*x53 + 90*x63 + 240*x73 <= 600;
@gin(x11); @gin(x12); @gin(x13); @gin(x21); @gin(x22); @gin(x23);
@gin(x31); @gin(x32); @gin(x33); @gin(x41); @gin(x42); @gin(x43);
@gin(x51); @gin(x52); @gin(x53); @gin(x61); @gin(x62); @gin(x63);
@gin(x71); @gin(x72); @gin(x73);
end
```

H11 =SOMARPRODUTO(B12:D18;B3:D9)

| | A | B | C | D | E | F | G | H | I |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | | | | | | | | | |
| 2 | | Variáveis | | | | Restrições | | | |
| 3 | | 1 | 0 | 0 | | 1 | | 580 | |
| 4 | | 1 | 0 | 0 | | 1 | | 510 | |
| 5 | | 0 | 1 | 0 | | 1 | | 480 | |
| 6 | | 0 | 1 | 0 | | 1 | | | |
| 7 | | 0 | 0 | 1 | | 1 | | | |
| 8 | | 0 | 1 | 0 | | 1 | | | |
| 9 | | 0 | 1 | 0 | | 1 | | | |
| 10 | | | | | | | | | |
| 11 | | FO | | | | Tempo | | 65 | |
| 12 | | 10 | 5 | 0 | | 400 | | | |
| 13 | | 10 | 10 | 10 | | 180 | | | |
| 14 | | 0 | 10 | 5 | | 120 | | | |
| 15 | | 5 | 10 | 0 | | 60 | | | |
| 16 | | 10 | 5 | 10 | | 480 | | | |
| 17 | | 0 | 10 | 5 | | 90 | | | |
| 18 | | 10 | 5 | 0 | | 240 | | | |
| 19 | | | | | | | | | |



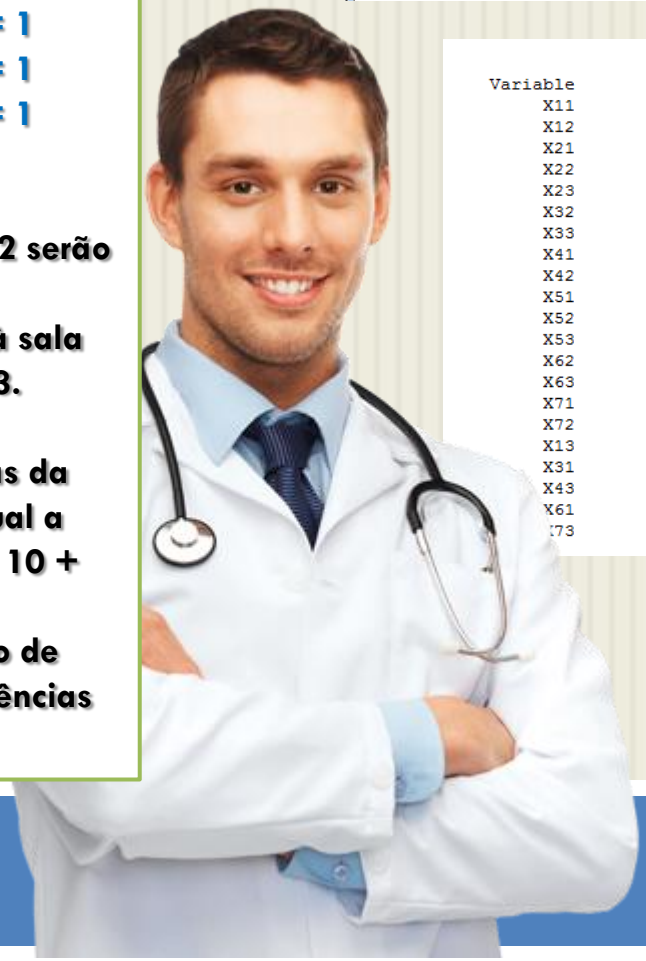
**Solução:**

**x11 = 1 x21 = 1**
**x32 = 1 x42 = 1**
**x53 = 1 x62 = 1**
**x72 = 1**

**Assim, as cirurgias 1 e 2 serão designadas à sala 1, as cirurgias 3, 4, 6 e 7 à sala 2, e a cirurgia 5 à sala 3.**

**A soma das preferências da designação obtida é igual a (10 + 10) + (10 + 10 + 10 + 5) + (10) = 65, que corresponde ao máximo de atendimento das preferências de cada médico.**

| Variable | Value |
|---|---|
| X11 | 1.000000 |
| X12 | 0.000000 |
| X21 | 1.000000 |
| X22 | 0.000000 |
| X23 | 0.000000 |
| X32 | 1.000000 |
| X33 | 0.000000 |
| X41 | 0.000000 |
| X42 | 1.000000 |
| X51 | 0.000000 |
| X52 | 0.000000 |
| X53 | 1.000000 |
| X62 | 1.000000 |
| X63 | 0.000000 |
| X71 | 0.000000 |
| X72 | 1.000000 |
| X13 | 0.000000 |
| X31 | 0.000000 |
| X43 | 0.000000 |
| X61 | 0.000000 |
| X73 | 0.000000 |



# 5. Problema dos Correios

Uma franquia dos Correios deseja determinar o número de funcionários de horário integral que deve contratar para iniciar suas atividades. Para fazê-lo, recebeu uma Tabela dos Correios com número mínimo de funcionários por dia da semana. Essas informações se encontram na Tabela ao lado. O sindicato dos empregados dos Correios mantém um acordo sindical que determina que cada empregado deve trabalhar **5 dias** consecutivos e folgar em seguida **2 dias** (por exemplo: um empregado que trabalhe de segunda a sexta feira deve folgar no sábado e no domingo), e que as franquias devem ter apenas empregados com horário integral. **Qual o número total de empregados que a franquia deve contratar e o número de empregados por dia?**

| Dia da semana | Número de funcionários |
|---|---|
| Domingo | 11 |
| Segunda-feira | 18 |
| Terça-feira | 12 |
| Quarta-feira | 15 |
| Quinta-feira | 19 |
| Sexta-feira | 14 |
| Sábado | 16 |

# 5. Problema dos Correios

***Variáveis***

**xi = número de funcionários que começam a trabalhar no dia i (domingo... sábado)**

***Função-objetivo***

**min f = x1 + x2 + x3 + x4 + x5 + x6 + x7**

***Restrições***

**x1 + x2 + x3 + x4 + x5 >= 19**
**x2 + x3 + x4 + x5 + x6 >= 14**
**x3 + x4 + x5 + x6 + x7 >= 16**
**x4 + x5 + x6 + x7 + x1 >= 11**
**x5 + x6 + x7 + x1 + x2 >= 18**
**x6 + x7 + x1 + x2 + x3 >= 12**
**x7 + x1 + x2 + x3 + x4 >= 15**
**xi >= 0 e inteiras**

# 5. Problema dos Correios

Lingo 16.0 - Lingo Model - Lingo1

File Edit Solver Window Help

Lingo Model - Lingo1

```
min = x1 + x2 + x3 + x4 +
x5 + x6 + x7;
x1 + x2 + x3 + x4 + x5 >= 19;
x2 + x3 + x4 + x5 + x6 >= 14;
x3 + x4 + x5 + x6 + x7 >= 16;
x4 + x5 + x6 + x7 + x1 >= 11;
x5 + x6 + x7 + x1 + x2 >= 18;
x6 + x7 + x1 + x2 + x3 >= 12;
x7 + x1 + x2 + x3 + x4 >= 15;
@gin(x1); @gin(x2);
@gin(x3); @gin(x4);
@gin(x5); @gin(x6);
@gin(x7);
end
```

**Solução:**

**x1 = 5 x2 = 2**
**x3 = 4 x4 = 0**
**x5 = 8 x6 = 0**
**x7 = 4**

**Desta forma, 5 agentes começam a trabalhar no domingo, 2 na segunda, 4 na terça, 8 na quinta e 4 no sábado.**

| | | | |
|---|---|---|---|
| Domingo | 11 | Segunda | 18 |
| Terça | 12 | Quarta | 15 |
| Quinta | 19 | Sexta | 14 |
| Sábado | 16 | | |

**Função-Objetivo = 23**

| Variable | Value |
|---|---|
| X1 | 5.000000 |
| X2 | 2.000000 |
| X3 | 4.000000 |
| X4 | 0.000000 |
| X5 | 8.000000 |
| X6 | 0.000000 |
| X7 | 4.000000 |

# 6. Problema da Companhia Aérea

| Período | Turno 1 | Turno 2 | Turno 3 | Turno 4 | Turno 5 | N° mínimo de comissários |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 6-8h | x | | | | | 48 |
| 8-10h | x | x | | | | 79 |
| 10-12h | x | x | | | | 65 |
| 12-14h | x | x | x | | | 87 |
| 14-16h | | x | x | | | 64 |
| 16-18h | | | x | x | | 73 |
| 18-20h | | | x | x | | 82 |
| 20-22h | | | | x | | 43 |
| 22-0h | | | | x | x | 52 |
| 0-6h | | | | | x | 15 |
| Custo diário por comissário | $170 | $160 | $175 | $180 | $195 | |

**A Union Airways precisa decidir o número de comissários para trabalhar em cada um dos turnos.**

**Que decisão tomar?**

# 6.Problema da Companhia Aérea

***Variáveis***

xi = número de comissários no turno i

***Função-objetivo***

**min** f = 170*x1 + 160*x2 + 175*x3 + 180*x4 + 195*x5

***Restrições***

x1 >= 48

x1 + x2 >= 79 ~~x1 + x2 >= 65~~

x1 + x2 + x3 >= 87

x2 + x3 >= 64

~~x3 + x4 >= 73~~ x3 + x4 >= 82

x4 >= 43

x4 + x5 >= 52

x5 >= 15

xi >= 0 e inteiras

# 6.Problema da Companhia Aérea

Lingo 16.0 - Lingo Model - Lingo1

File Edit Solver Window Help

Lingo Model - Lingo1

```
min = 170*x1 + 160*x2 + 175*x3 +
180*x4 + 195*x5 ;
x1 >= 48;
x1 + x2 >= 79;
x1 + x2 + x3 >= 87;
x2 + x3 >= 64;
x3 + x4 >= 82;
x4 >= 43;
x4 + x5 >= 52;
x5 >= 15;
@gin(x1); @gin(x2);
@gin(x3); @gin(x4);
@gin(x5);
end
```

**Solução:**

x1 = 48 x2 = 31
x3 = 39 x4 = 43
x5 = 15

**Desta forma, 48 comissários trabalharão no turno 1, 31 no turno 2, 39 no turno 3, 43 no turno 4 e 15 comissários no turno 5.**

**Função-Objetivo = 30610**

| Variable | Value |
|---|---|
| X1 | 48.00000 |
| X2 | 31.00000 |
| X3 | 39.00000 |
| X4 | 43.00000 |
| X5 | 15.00000 |
| X6 | 0.000000 |
| X7 | 0.000000 |