

O objetivo é atribuir uma duração a cada atividade e determinar em quanto tempo é possível se completar o projeto. Ainda, se para cada atividade designarmos o tipo do recurso que é necessário, a quantidade e o custo de cada um dos recursos, poderemos ter uma estimativa do custo do projeto e uma estimativa da quantidade física de cada um dos recursos alocados ao projeto em cada unidade de tempo.

14.2 Fases para a elaboração da rede do projeto

As principais fases para a elaboração da rede do projeto são:

- definir o que é o projeto, seu início e término;
- dividir o projeto em atividades de tal maneira que cada uma não tenha partes em superposição com outra, mas com a condição de que as atividades abranjam o projeto todo;
- identificar a lógica de seqüência que existe entre as atividades e verificar quais são as que, lógica e independentemente do nível de recursos existentes, dependem de outra ou de outras, e atividades que não apresentam dependência entre si;
- montar a rede do projeto;
- determinar a duração de cada atividade;
- determinar o tipo e a quantidade de recursos necessários para desenvolver a atividade;
- determinar o custo de cada recurso;
- determinar o caminho crítico;
- elaborar o cronograma para programação do projeto.

Exemplo 14.1

O projeto da Tabela 14.1 apresenta os seguintes dados:

ATIVIDADE	DURAÇÃO DIAS	TIPO DE RECURSO	QUANTIDADE	CUSTO UNITÁRIO (\$)
A	3	Operador de máquina	1	90,00/dia
B	5	Soldador	2	70,00/dia
C	4	Caminhão	3	100,00/dia
D	3	Operador de máquina	1	90,00/dia
E	7	Escavadeira	1	300,00/dia
F	2	Compactador de solo	1	100,00/dia

Tabela 14.1

Os custos seriam:

Operador de máquina = 2 operadores \times 6 dias \times \$ 90,00/dia = \$ 1.080,00

Soldador = 2 soldadores \times 5 dias \times \$ 70,00/dia = \$ 700,00

Caminhão = 3 caminhões \times 4 dias \times \$ 100,00/dia = \$ 1.200,00

Escavadeira = 1 escavadeira \times 7 dias \times \$ 300,00/dia = \$ 2.100,00

Compactador de solo = 1 compactador \times 2 dias \times \$ 100,00/dia = \$ 200,00

O total de custo previsto para o projeto é igual a \$ 5.280,00.

14.3 PERT

No método PERT (*program evaluation and review technique*), a cada atividade atribuem-se três durações distintas:

- duração otimista: A;
- duração mais provável: M;
- duração pessimista: B.

Para que o algoritmo de solução possa ser aplicado, determina-se a duração média (T) da atividade pela expressão:

$$T = \frac{(A + 4 \times M + B)}{6}$$

Essa aproximação é proveniente da hipótese de que sua duração não é fixa, mas é uma variável aleatória que segue uma distribuição β de probabilidade. Caso seja decidido utilizar o método PERT, poderão ser desenvolvidos cálculos estatísticos que mostram a probabilidade de um projeto ser terminado até uma certa data. Depois de determinada a **data média T** de cada atividade, aplica-se o algoritmo do método do caminho crítico para a determinação da duração do projeto.

14.4 CPM

Para a utilização do método CPM (*critical path method*), deve-se determinar uma única duração para cada atividade e aplicar o algoritmo do caminho crítico.

14.5 Algoritmo do caminho crítico

Para a apresentação do algoritmo do caminho crítico, supomos que cada atividade tenha uma única data — seja a data atribuída pelo método CPM, seja a data média calculada pelo método PERT.

Desejamos determinar a duração do projeto da Figura 14.2. A rede do projeto é:

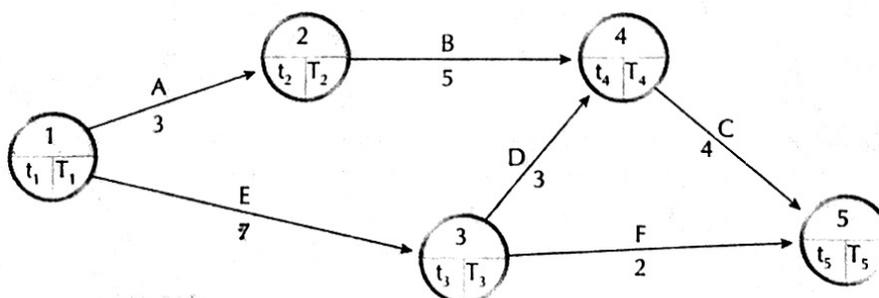


Figura 14.2 Rede do projeto.

- **Determinação das primeiras datas de início — PDI, ou t_i**

Inicialmente determinamos as **primeiras datas de início — PDI**, ou seja, as primeiras datas em que é possível, logicamente, iniciar cada atividade, sempre observando as dependências entre as atividades. Para isso, por convenção, determinamos que o projeto se inicia na data zero, colocando o número 0 no nó 1, início das atividades A e E.

- **Início de B**

Para que a atividade B possa ser iniciada, pela dependência apresentada na rede, a atividade A deve estar terminada. Portanto, se a atividade A é iniciada na data 0, como sua duração

é 3, deve terminar em $0 + 3 = 3$. Conseqüentemente, a atividade B tem sua PDI em 3, que colocamos sobre o nó 2, que representa o início da atividade B.

- **Início de D**

Para que a atividade D possa ser iniciada, pela dependência apresentada na rede, a atividade E deve estar terminada. Portanto, se a atividade E é iniciada na data 0, como sua duração é 7, deve terminar em $0 + 7 = 7$. Conseqüentemente, a atividade D tem sua PDI em 7, que colocamos sobre o nó 3, que representa o início da atividade D.

- **Início de F**

Para que a atividade F possa ser iniciada, pela dependência apresentada na rede, a atividade E deve estar terminada. Portanto, se a atividade E é iniciada na data 0, como sua duração é 7, deve terminar em $0 + 7 = 7$. Conseqüentemente, a atividade F tem sua PDI em 7, que deveria ser colocada sobre o nó 3, que também representa o início da atividade F. No caso, a PDI para esse nó já foi obtida a partir da atividade D sobre o nó 2.

- **Início de C**

Para que a atividade C possa ser iniciada, pela dependência apresentada na rede, a atividade C depende do término das atividades B e D. O término da atividade B ocorre na data: início de B + duração de B = $3 + 5 = 8$. O término da atividade D ocorre na data: início de D + duração de D = $7 + 3 = 10$. Portanto, a atividade C somente pode ser iniciada na data 10, que marcamos no nó 4, início da atividade C.

- **Data de término do projeto**

O nó de término do projeto é o nó 5. Nesse nó convergem as dependências de C e de F. Para que o projeto termine, é preciso que as duas atividades estejam terminadas. O projeto somente termina quando a atividade que demora mais termina. No caso, a atividade C termina em: data de início + duração = $10 + 4 = 14$. A atividade F termina em: $7 + 2 = 9$. Portanto, o projeto somente termina na data 14, que marcamos no nó 5, nó de término do projeto. A Figura 14.3 apresenta as PDIs das atividades.

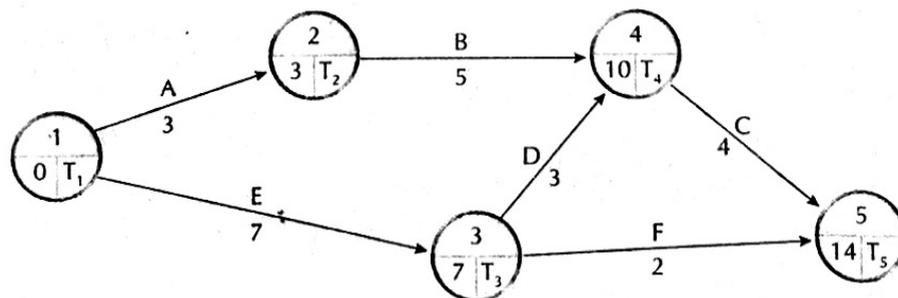


Figura 14.3 Rede do projeto — PDI.

- **Determinação das últimas datas de início das atividades — UDI, ou Ti**

A determinação das PDIs não significa que todas as atividades devem ser iniciadas na data marcada, mas somente que a atividade não pode ser iniciada antes daquela data. Existem atividades que devem ser iniciadas na PDI, sob pena de que a duração do projeto seja alterada — são as chamadas de **atividades críticas**. Mas há aquelas que podem ter um relativo atraso em seu início — são as atividades que têm **folga**.

Para que possamos determinar cada um dos tipos de atividade, devemos determinar as últimas datas em que ela pode ser iniciada sem comprometer a duração final do projeto. São as UDIs, ou as últimas datas de início de cada atividade. Para isso, marcamos as datas do fim para o começo da rede a partir da pergunta: qual seria a última data possível para o início da atividade sem que a duração do projeto fosse alterada?

Inicialmente, colocamos embaixo do nó 5 a UDI = 14. Nesse nó, convergem as atividades C e F.

• UDI no nó 4

Qual é a última data possível para iniciar a atividade C de forma a não alterar a duração do projeto? $UDI = (UDI \text{ do nó } 5) - \text{duração de } C = 14 - 4 = 10$

• UDI no nó 3

Desse nó se originam as atividades D e F. Qual é a última data possível para iniciar as atividades D e F de forma a não alterar a duração do projeto? Devemos analisar cada atividade separadamente:

UDI para D: $10 - 3 = 7$

UDI para F: $14 - 2 = 12$

A data a ser selecionada deve satisfazer a D e a F. Assim, se fosse selecionada a data 12, tanto a atividade D quanto a F poderiam ser iniciadas na data 14. Contudo, se a atividade D iniciasse em 12 — e considerando que ela dura 3 e após D, há a atividade C, que dura 4 —, resultaria que o projeto somente terminaria na data 19, contrariando a data de término (14). Portanto, a data que deve ser colocada no nó é a data 7, que atende às atividades D e F.

• UDI no nó 2

Qual é a última data possível para iniciar a atividade B de forma a não alterar a duração do projeto?

$UDI = (UDI \text{ do nó } 4) - \text{duração de } B = 10 - 5 = 5$

• UDI no nó 1

Qual é a última data possível para iniciar as atividades A e E de forma a não alterar a duração do projeto? A análise a ser realizada é idêntica à análise feita para o nó 3. Vejamos: para a atividade A, a UDI é: $5 - 3 = 2$; e para a atividade E a UDI é: $7 - 7 = 0$. Portanto, a UDI do nó 1 é 0. A Figura 14.4 apresenta todas as datas.

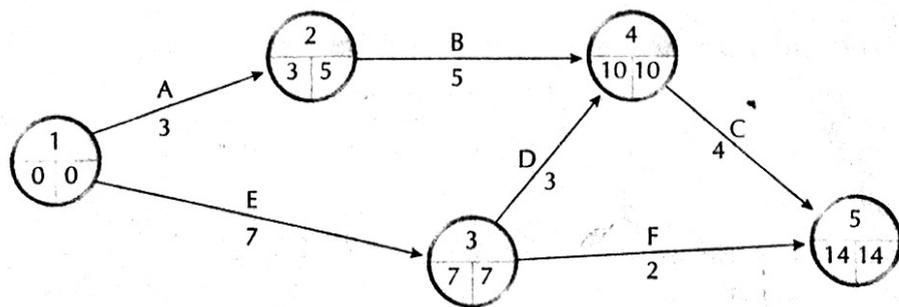


Figura 14.4 Rede do projeto — datas PDI e UDI.

a
n
a
o

• **Determinação do caminho crítico**

Entende-se por caminho a seqüência de atividades que ligam o início ao fim do projeto — no caso o nó 1 ao nó 5. Identificando esses caminhos, temos:

Caminho 1: ABC com duração $3 + 5 + 4 = 12$

Caminho 2: EDC com duração $7 + 3 + 4 = 14$

Caminho 3: EF com duração $7 + 2 = 9$

Caso haja algum atraso na duração de qualquer uma das atividades do caminho 2 (EDC), haverá um aumento na duração do projeto. Portanto, este é o caminho que determina a duração do projeto e que é chamado de **caminho crítico**. As atividades que formam o caminho crítico são denominadas **atividades críticas**.

As demais atividades, não críticas, apresentam uma folga em suas durações.

Uma maneira de reconhecer se uma atividade é crítica ou não consiste em verificar se a atividade atende às condições que seguem:

1. em cada nó da atividade $PDI = UDI$ (tanto no nó inicial quanto no nó terminal);
2. as datas do nó seguinte devem ser iguais às datas do nó inicial mais a duração da atividade.

A Figura 14.5 ilustra o fato.

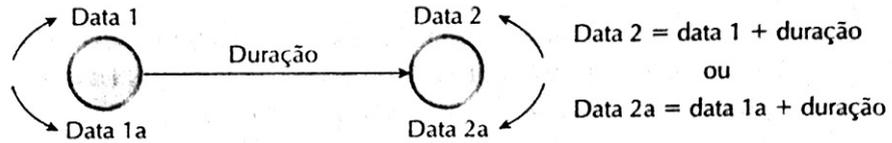


Figura 14.5 Verificação de atividade crítica.

No caso da atividade A, temos:

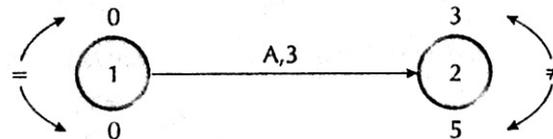


Figura 14.6 Atividade não crítica.

Logo, a atividade não é crítica.

No caso da atividade E, temos:

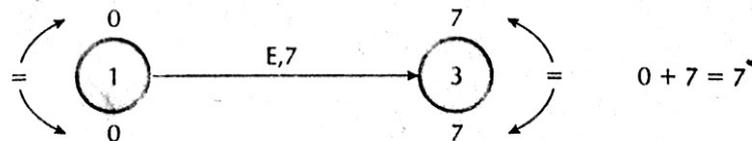


Figura 14.7 Atividade crítica.

Logo, a atividade é crítica. Efetuando a mesma análise para todas as atividades, assinalamos com um traço mais forte as atividades críticas na rede, resultando a Figura 14.8.

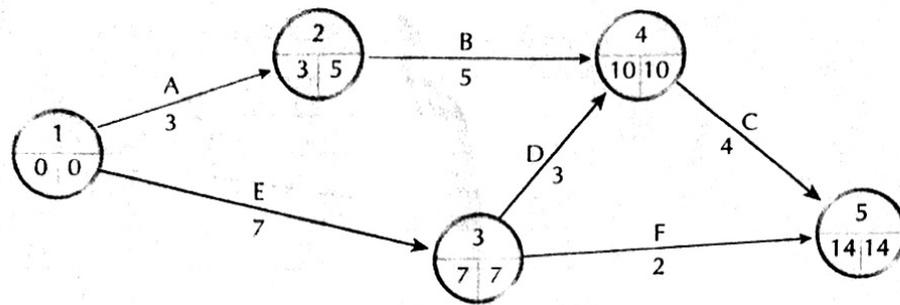


Figura 14.8 Atividades críticas.

O MS Project é um *software* para gerenciamento de projetos, que realiza as atividades de determinação de caminho crítico, cálculo de recursos e custos, data final de projeto, análises estatísticas PERT, entre outras automaticamente. Conforme a evolução do projeto, ou seja, atrasos que ocorrem e atividades que encerram previamente, e outros eventos não previstos na elaboração do projeto, é possível com a utilização do *software* gerenciar as atividades para que se tenha o menor comprometimento do prazo final. Imagine um cronograma com mais de cem atividades realizadas por departamentos diferentes e diversos fornecedores, sendo que todas as atividades têm um seqüenciamento lógico. Seria extremamente trabalhoso atualizar o cronograma diariamente, conforme a evolução do projeto, utilizando somente recursos gráficos e ainda determinar prioridades no caminho crítico para não comprometer o prazo final. A utilização de *softwares* para esse fim é necessária. A Figura 14.9 apresenta a tela do gráfico de Gantt e gerenciamento das atividades no MS Project, para o projeto da Tabela 14.1.

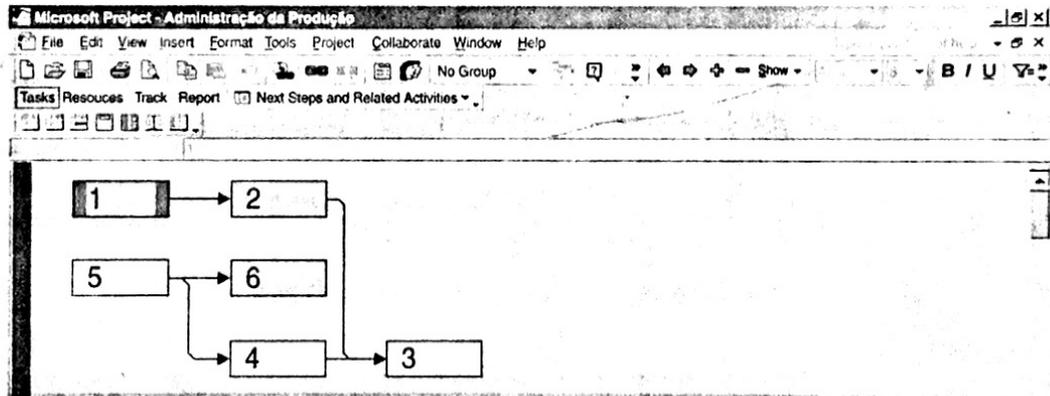


Figura 14.9 Figura de rede criada automaticamente pelo *software* MS Project com o caminho crítico.

• **Elaboração do cronograma do projeto e determinação da folga total das atividades**

A folga total (FT) de uma atividade é definida como sendo:

$$FT = (UDT) - 2 \text{ (duração)} - 2 \text{ (PDI)}$$

As atividades críticas têm as folgas iguais a 0.

A elaboração do cronograma é feita programando-se as atividades a partir de sua PDI, colocando-se uma barra proporcional à sua duração e adicionando-se uma barra final que representa a FT, caso a atividade não seja crítica. O cronograma para o projeto é apresentado na Figura 14.10.

14.6 Exercícios resolvidos

1. Dada a rede da Figura 14.13, determinar:
 - a) As PDIs e as UDI's de cada atividade.
 - b) O(s) caminho(s) crítico(s).
 - c) O cronograma e as FTs de cada atividade.

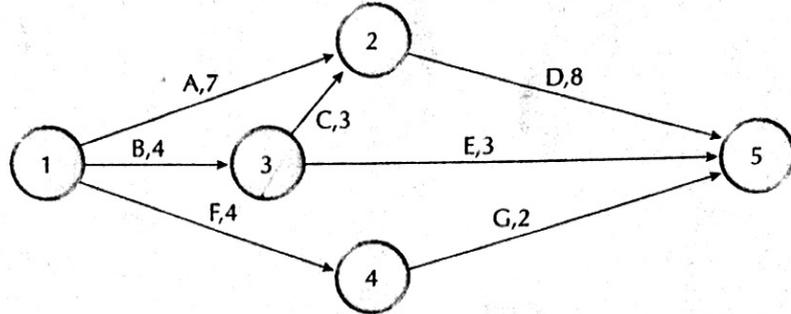


Figura 14.13 Rede do projeto.

Solução

A Figura 14.14 apresenta a solução.

No caso, há dois caminhos críticos: $A \rightarrow D = 15$ e $B \rightarrow C \rightarrow D = 15$.

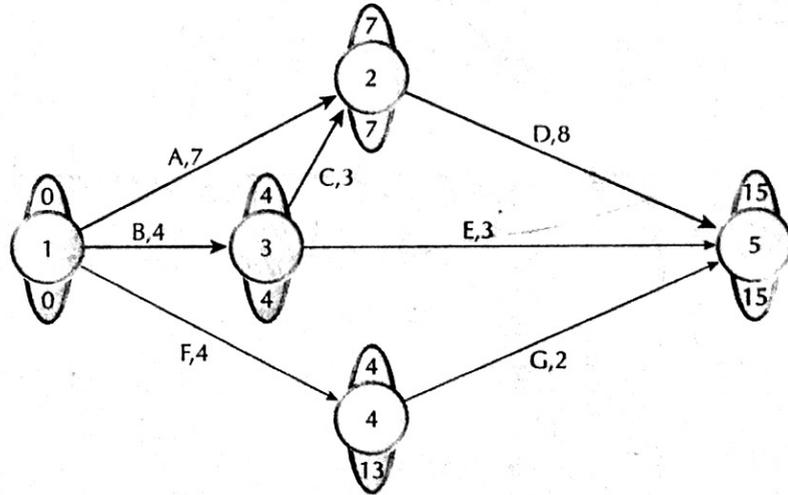


Figura 14.14 Caminhos críticos.

A Figura 14.15 apresenta o cronograma.

	0		7			
A		A				
B	B	4				
C	4	C	7			
D		7		D		15
E	4	E	7	FT		15 FT = 8
F	F	4		FT	13	FT = 9
G	4	G	6	FT		15 FT = 9

Figura 14.15 Cronograma do projeto.

2. Dada a rede da Figura 14.16, determinar:
- As PDIs e as UDIs de cada atividade.
 - O(s) caminho(s) crítico(s).
 - O cronograma e as FTs de cada atividade.

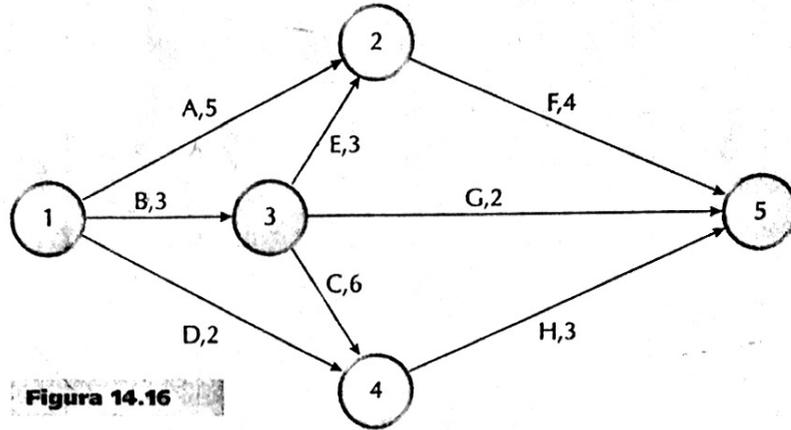


Figura 14.16

Rede do projeto.

Solução

A Figura 14.17 apresenta a solução.

No caso há um caminho crítico: $B \rightarrow C \rightarrow H = 14$.

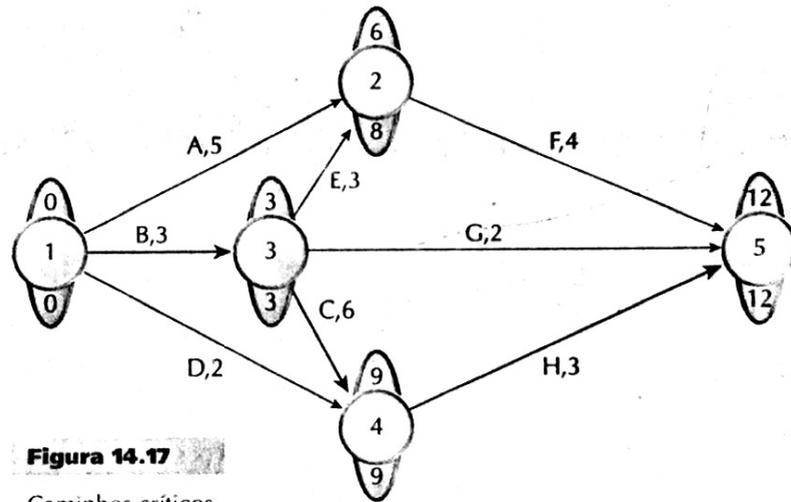


Figura 14.17

Caminhos críticos.

A Figura 14.18 apresenta o cronograma.

	0	5	8	
A	A		FT	FT = 3
B	B		3	
C	3	C		9
D	D	2	FT	9 FT = 7
E	3	E	6 FT	8 FT = 2
F	6		F	10 FT
G	3	G	5	FT
H	9		H	12

Figura 14.18

Cronograma do projeto.

3. Dada a rede da Figura 14.19, determinar:
- As PDIs e as UDIs de cada atividade.
 - O(s) caminho(s) crítico(s).
 - O cronograma e as FTs de cada atividade.

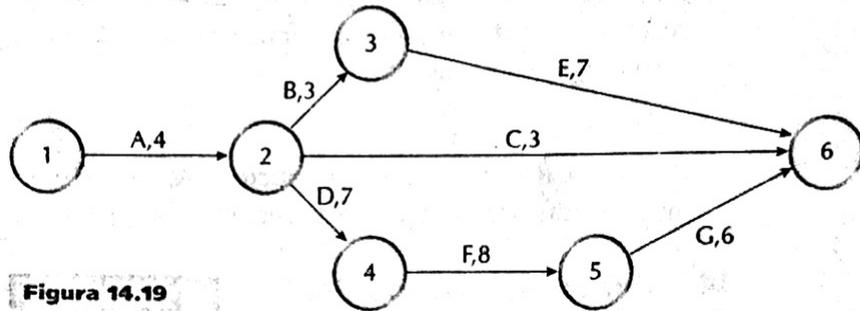


Figura 14.19

Rede do projeto.

Solução

A Figura 14.20 apresenta a solução.

No caso há somente um caminho crítico: $A \rightarrow D \rightarrow F \rightarrow G = 25$.

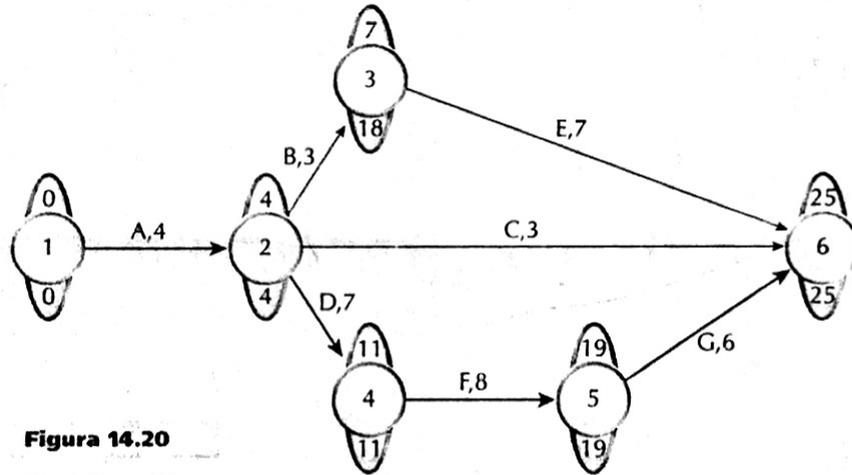


Figura 14.20

Caminhos críticos.

A Figura 14.21 apresenta o cronograma.

	0				
A	A	4			
B	4	B	7	FT	18 FT = 11
C	4	C	7	FT	25 FT = 18
D	4	D	11		
E	7	E	14	FT	25 FT = 11
F	11	F	19		
G	19	G	25		

Figura 14.21

Cronograma do projeto.

4. No projeto do Exercício 2, qual deveria ser a duração mínima da atividade E para que houvesse mais um caminho crítico de duração 12?

Solução

A atividade E faz parte do caminho $B \rightarrow E \rightarrow F$, que dura 10. Portanto, para que esse caminho fosse crítico, E deveria durar 2 a mais, ou seja, deveria ter uma duração igual a 5.

5. No Exercício 1, o gerente do projeto deseja reduzir o tempo do projeto e decidiu alocar mais recursos à atividade C, fazendo com que sua duração passasse a 2 (inicialmente era 3). O gerente agiu corretamente?

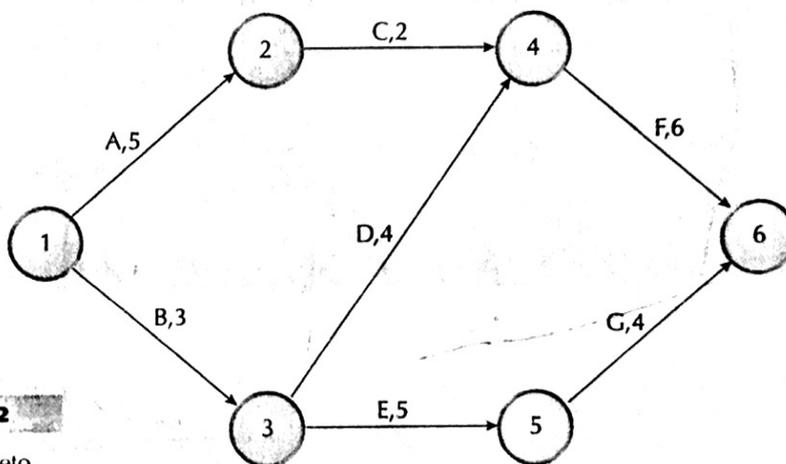
Solução

No caso, existem dois caminhos críticos: $A \rightarrow D$ e $B \rightarrow C \rightarrow D$. A duração do projeto não será alterada, pois a ação do gerente reduz apenas um dos caminhos críticos.

14.7 Exercícios propostos

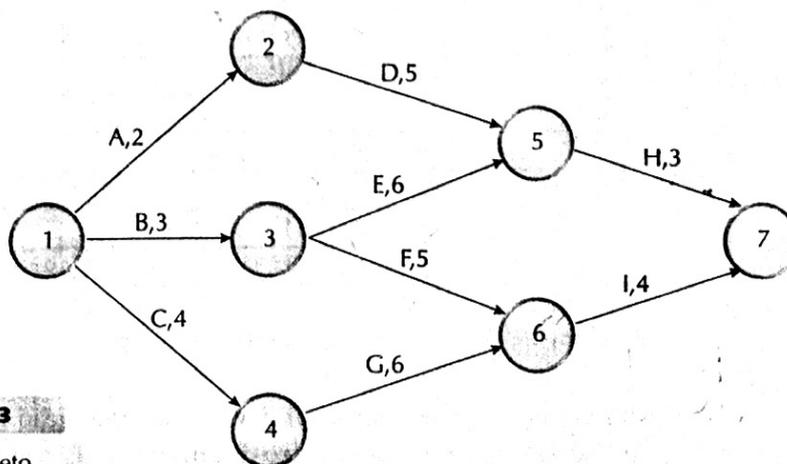
www. RESPOSTAS NO SITE .com
www. aarivaunf.com.br .com

1. Dada a rede da Figura 14.22, determine:
- As PDIs e as UDIs de cada atividade.
 - O(s) caminho(s) crítico(s).
 - O cronograma e as FTs de cada atividade.

**Figura 14.22**

Rede do projeto.

2. Dada a rede da Figura 14.23, determine:
- As PDIs e as UDIs de cada atividade.
 - O(s) caminho(s) crítico(s).
 - O cronograma e as FTs de cada atividade.

**Figura 14.23**

Rede do projeto.

3. Dada a rede da Figura 14.24, determine:
- As PDIs e as UDIs de cada atividade.
 - O(s) caminho(s) crítico(s).
 - O cronograma e as FTs de cada atividade.

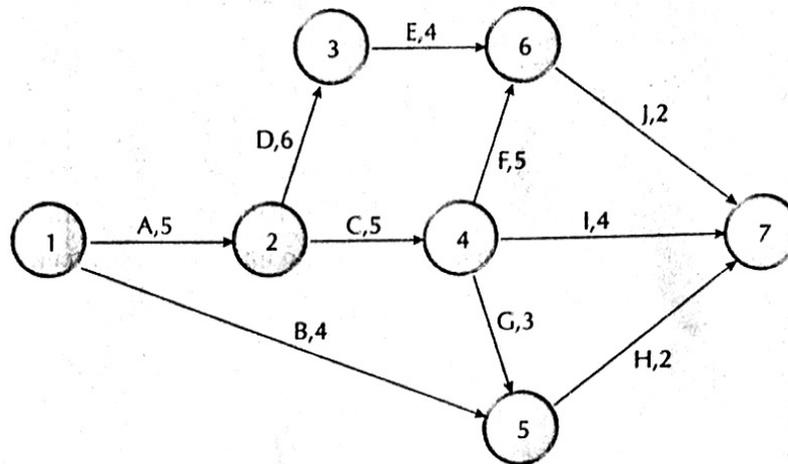


Figura 14.24 Rede do projeto.

4. No Exercício 3, qual deve ser a duração mínima de G para que se tenha mais um caminho crítico com duração 17?

14.8 Questões para discussão

- Qual a diferença entre PERT e CPM?
- O que se entende por caminho crítico de um projeto?
- Sempre existe um caminho crítico em um projeto? Justifique.
- Que dados são necessários para que se tenha o custo do projeto?
- O que significa folga total de uma atividade?
- A melhor situação em um projeto é quando existe somente um caminho crítico ou quando todos os caminhos são críticos? Justifique.
- Quando se aumenta a quantidade de recursos em uma atividade, espera-se que ela passe a ter uma duração menor ou maior que a duração inicial?
- Por que não é possível gerenciar um projeto dispondo somente do cronograma (sem ter a rede)?
- Em que casos a redução da duração de uma atividade não diminui a duração do projeto?
- Um projeto apresenta 10 atividades críticas e outro apresenta 8 atividades críticas. Qual projeto mereceria maior nível de atenção por parte da gerência do projeto? Justifique.