

Figura 16.19 Colocando em um gráfico variância de custo e de programação contra tempo e previsão a partir de tendências.

### UMA VEZ NA VIDA<sup>8</sup>

A oportunidade de levar avante alguns projetos aparece somente uma vez na vida. Esses projetos não podem atrasar. O projeto Giotto era desse tipo. Giotto foi o nome dado à espaçonave projetada para chegar ao Cometa Halley, quando ele estava a 100 milhões de milhas longe da Terra, no dia 2 de julho de 1985. O projeto foi financiado e gerenciado pela Agência Espacial Européia e comissionado na parte principal para a British Aerospace. A tarefa consistia de dez experimentos a bordo projetados para estabelecer, com mais detalhes do que antes, as características e a composição exatas do cometa. Se o projeto perdesse a data de lançamento, todo o projeto teria sido considerado uma maciça perda de milhões de ECU (unidade monetária européia).

Os dez experimentos a bordo foram contribuições de vários grupos de 11 diferentes países membros. Apesar de isso melhorar a imagem internacional do projeto, também aumentou a complexidade de um projeto que tinha requisitos de completamento exigentes e inflexíveis. Até a entrega da espaçonave, o projeto passava por quatro fases, que foram chamadas (1) conceitual, (2) definição de sub-sistemas e propostas, (3) definição do projeto e proposta formal para entrega e (4) obtenção de componentes e montagem. Durante o projeto, todas

as partes colocaram ênfase na cooperação entre os grupos de gerenciamento da ESA e de seus parceiros internacionais. O gerenciamento de custos envolveu propostas de capital inicial e reavaliação depois das primeiras duas fases do projeto. Todas as atividades que constituíram o programa de trabalho foram planejadas em detalhe e todas as informações foram colocadas em um sistema de computador central, que era acessível a todos os envolvidos. Qualquer modificação era negociada muito rapidamente. A política era nunca ter mais de três ou quatro modificações fora dos padrões em qualquer período de três semanas, de modo a reduzir a quantidade de incerteza no projeto. Ela dependia de um grupo preocupado em garantir um relacionamento ou um contato com o cliente visível e eficiente. O grupo fez uso considerável de métodos de planejamento de rede, como PERT (veja seção posterior), que foram particularmente úteis na manutenção de todas as informações do estado atual do projeto e dos planos futuros do projeto completamente visíveis.

Como muitas grandes organizações científicas, a Agência Espacial Européia tinha uma hierarquia intrincada de procedimentos de aprovação, todos consumidores de tempo. O projeto nunca poderia ter sido completado no prazo se a agência

8. Fontes: Informes para a imprensa da ESA.

não tivesse adotado um procedimento especial (prioritário) para conseguir aprovação através de seus vários comitês. Ele triava, em princípio, aspectos de atendimento a critérios técnicos, adequabilidade e disponibilidade de recursos financeiros por trás de cada proposta.

A espaçonave finalmente embarcou, em tempo, para o local de lançamento, em 29 de abril de 1985, para ensaios e contagem final para lançamento em 30 de junho de 1985. O projeto em si foi

de muito sucesso, atingindo o cometa como planejado e contribuindo enormemente para o conhecimento científico e análise de tais fenômenos. O custo final do desenvolvimento e construção da nave, de fato, superou o orçamento em cerca de 10%, o que, na época, foi uma quantia relativamente pequena para um projeto desse tipo. Um bom planejamento e controle de projeto, uma clara definição do projeto e um gerenciamento de projeto disciplinado, todos contribuíram.

## Planejamento de rede

O processo de planejamento e controle de projeto, que foi descrito neste capítulo, é grandemente ajudado pelo uso de técnicas que auxiliam os gerentes de projeto a lidar com sua complexidade e sua natureza temporal. A mais simples dessas técnicas é o gráfico de Gantt (ou gráfico de barras), que introduzimos no Capítulo 10. Essas técnicas foram recentemente criadas, a maioria das quais vai sob o nome coletivo de *análise de redes*. São elas que agora são usadas quase universalmente, para ajudar a planejar e controlar todos os projetos significativos, mas que também mostram-se úteis em empreendimentos menores. Os dois métodos de análise de rede que vamos examinar são o *método do caminho crítico* (CPM – *critical path method*), ou *análise do caminho crítico* (CPA – *critical path analysis*) e a *técnica PERT de revisão e avaliação de programa* (*program evaluation and review technique*).

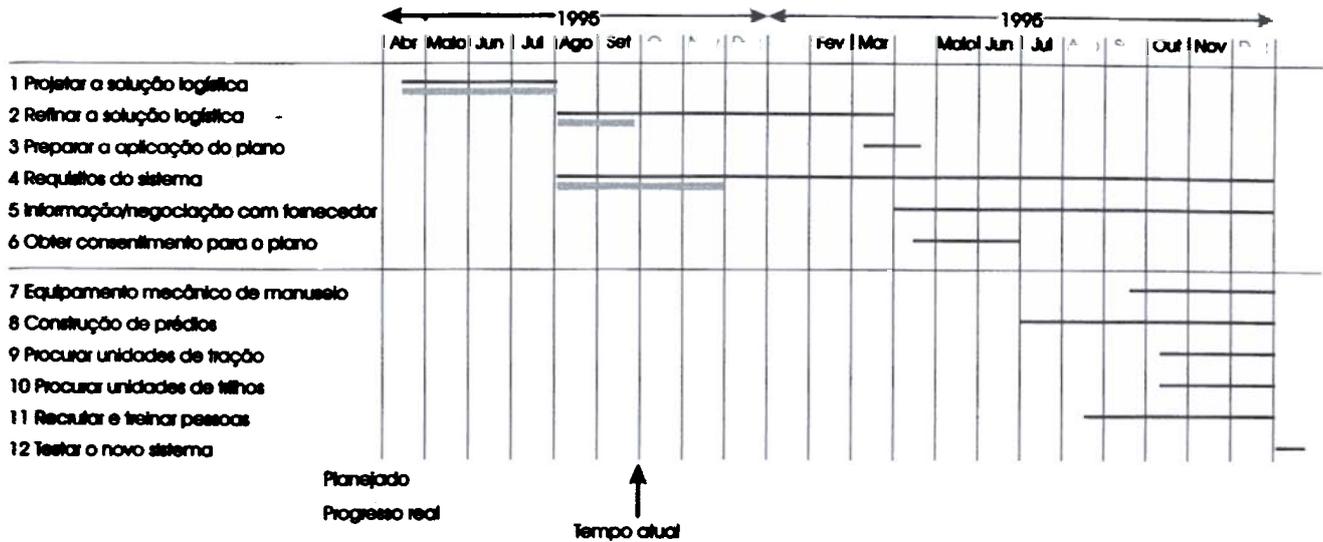
### Exemplo

Um exemplo de gráfico de Gantt usado para planejar um projeto é mostrado na Figura 16.20. O gráfico está sendo usado para planejar e monitorar a implementação de uma nova operação logística. A nova operação vai envolver a compra de uma frota de caminhões, o projeto de novas rotas e a construção de um novo centro de distribuição e manuseio de equipamento. As seguintes atividades principais são planejadas:

1. *Projetar a solução logística*. Aproximadamente de três meses de duração, desde que com dados e especificações precisas dos clientes. (A tarefa-chave é conseguir informações de pessoas que não estão diretamente envolvidas com o projeto.)
2. *Refinar a solução logística*. Um processo continuado que precisa ser mantido nos trilhos, uma vez que

seu delineamento tenha sido definido. (Deve estar completo antes que possa ser dado conhecimento aos fornecedores.)

3. *Preparar a aplicação do plano*. Necessárias quatro semanas. (As especificações de construção precisam estar prontas primeiro.)
4. *Requisitos de sistema*. Um processo continuado de integração de sistemas de informação. (Todos os sistemas estão disponíveis, mas eles precisam ser integrados com os objetivos globais do projeto.)
5. *Dar conhecimento/negociações com fornecedor*. Novos procedimentos precisam ser explicados a todos os fornecedores por um grupo de coordenação central, à medida que o projeto anda.
6. *Obter o consentimento para o plano*. O tempo estabelecido é de oito semanas, mas a experiência sugere que o normal são 12 semanas.
7. *Equipamento mecânico de manuseio*. O tempo de suprimento (*lead-time*) é atualmente de 12 semanas para equipamentos padrão, até 16 semanas para especializados. (Assume-se padrão. Esta atividade inclui projeto e *layout* de estanterias.)
8. *Construção de prédios*. Seria de seis meses para uma construção da área necessária. (O clima pode ter um grande impacto.)
9. *Aquisição de unidades de tração*. Atualmente, o tempo de suprimento é de 10 a 12 semanas.
10. *Aquisição de unidades de trilhos*. Oito semanas padrão, a 12 semanas para requisitos especiais.
11. *Recrutamento e treinamento*. Precisa começar recrutamento de 100 pessoas três meses antes do início. (Treinamento deve começar duas semanas antes do início da operação.)
12. *Teste do novo sistema*. Duas semanas são necessárias para ensaios do sistema, testes e treinamento final.



Fonte: Cortesia de Excel Logistics.

Figura 16.20 Implementação de nova operação logística: gráfico de Gantt.

O comprimento da barra de cada atividade é diretamente proporcional ao tempo calendário e assim indica a duração relativa de cada atividade. O progresso de cada atividade é mostrado pelas barras inferiores. A seta que mostra “tempo atual” indica que todas as atividades à esquerda deveriam agora já estar completadas. Os gráficos de Gantt são a forma mais simples de mostrar o plano do projeto global, porque eles têm um excelente impacto visual e são fáceis de entender. Eles também são úteis para comunicar planos e *status* de projetos para os gerentes sêniores, da mesma forma que para o controle do projeto no dia-a-dia. Todavia, os gráficos de Gantt são limitados no número de atividade com que podem lidar antes que fiquem “congestionados”.

### Método do caminho crítico (CPM – *critical path method*)

À medida que a complexidade de um projeto cresce, torna-se necessário identificar os relacionamentos entre as atividades. Torna-se crescentemente importante mostrar a seqüência lógica na qual as atividades devem acontecer. Os dois relacionamentos fundamentais, que foram descritos antes, foram:

- *Atividades em série:* em que a atividade A deve estar completa antes que a atividade B possa começar.
- *Atividades paralelas:* em que a atividade B pode prosseguir enquanto a atividade A ainda está acontecendo.

O método do caminho crítico (CPM) modela o projeto, esclarecendo os relacionamentos entre as atividades. A primeira forma pela qual podemos ilustrar isso é usando setas para representar cada atividade em um projeto. Por exemplo, examinemos o projeto simples da Figura 16.21, que envolve a decoração de um apartamento. Foram identificadas seis atividades junto com seus relacionamentos. A primeira atividade, *a*, “remover a mobília”, não requer que nenhuma outra atividade seja completada antes que ela possa começar. Todavia, a atividade *b*, “preparar o quarto”, não pode começar até que a atividade *a*, “remover a mobília”, tenha sido completada. O mesmo aplica-se à atividade *d*, “preparar a cozinha”. De maneira similar, a atividade *c*, “pintar o quarto”, não pode começar até que a atividade *b* esteja completada. Nem pode a atividade *e*, “pintar a cozinha”, começar até que a cozinha tenha sido preparada. Somente quando tanto o quarto quanto a cozinha forem pintados, o apartamento pode ser novamente mobiliado. A lógica desses relacionamentos é mostrada como um diagrama de arcos, em que cada atividade é representada por uma seta (ou arco) (o comprimento dos arcos não é proporcional à duração das atividades).

Este diagrama de arcos pode ser desenvolvido para um diagrama de rede como mostrado na Figura 16.22. Na cauda (início) e na cabeça (fim) de cada atividade (representada por uma seta) está um círculo que representa um *evento*. Eventos são momentos no tempo em que ocorrem o início ou fim de uma atividade. Eles não têm duração e não são de natureza definida. As redes desse tipo são compostas somente de atividades e eventos.

Atividade	Predecessora imediata	Duração da atividade (em dias)
a Remover a mobília	Nenhuma	
b Preparar o quarto	a	2
c Pintar o quarto	b	3
d Preparar a cozinha	a	
e Pintar a cozinha	d	2
f Substituir a mobília	c,e	

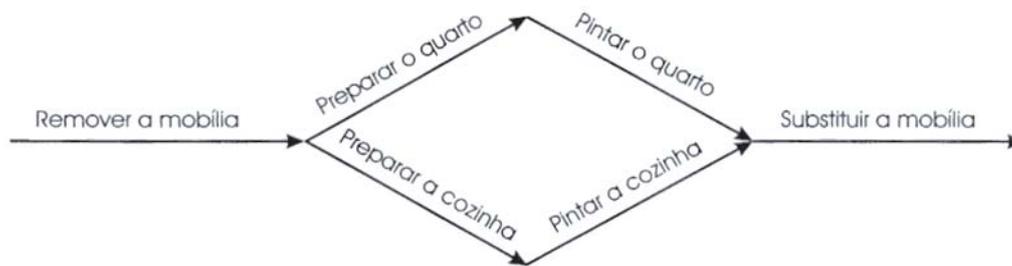


Figura 16. 21 As atividades, relacionamentos e durações e o diagrama de arcos para o projeto “decorar apartamento”.

As regras para desenhar esse tipo de diagrama de rede são bastante simples.

- Regra 1:** Um evento não pode ser atingido até que todas as atividades que nele desembocam estejam completas. O evento 5, na Figura 16.22, não é atingido até que as atividades c e e estejam completas.
- Regra 2:** Nenhuma atividade pode começar até que o evento em sua cauda tenha sido atingido. Na Figura 16.22, a atividade f não pode começar até que o evento 5 seja atingido.
- Regra 3:** Duas atividades quaisquer não podem ter os mesmos eventos cabeça e cauda. Na Figura 16.23, as atividades x e y não podem ser desenhadas como mostrado inicialmente; elas devem ser desenhadas usando uma *atividade fictícia*.

Atividades fictícias não têm duração e são usualmente mostradas como uma seta (ou arco) de linha pontilhada. Elas são usadas ou para clareza de desenho ou para manter a lógica do diagrama consistente com o projeto.

### CAMINHO CRÍTICO

Em todos os diagramas de rede em que as atividades têm algum relacionamento paralelo, haverá mais de uma seqüência de atividades que vão levar do início ao final do projeto. Essas seqüências (ou caminhos) de atividades são chamadas *caminhos* através da rede. Cada caminho terá uma duração total que é a soma das durações de suas atividades. O caminho que contém a seqüência mais longa de atividades é chamado de *caminho crítico* da rede (note que é possível ter mais de um caminho crítico, se eles têm o mesmo tempo conjunto mais longo). É chamado caminho crítico porque qualquer atraso em qualquer atividade neste caminho atrasará o projeto todo. Os atrasos em atividades que não estão no caminho crítico não vão necessariamente atrasar o projeto todo.

Na Figura 16.22, portanto, o caminho crítico através da rede é a, b, c, f, que dura sete dias. Essa é a duração mínima do projeto todo. Ambas essas informações são importantes. Através do desenho do diagrama de rede podemos:

- identificar quais são as atividades particularmente importantes, e
- calcular a duração do projeto todo.

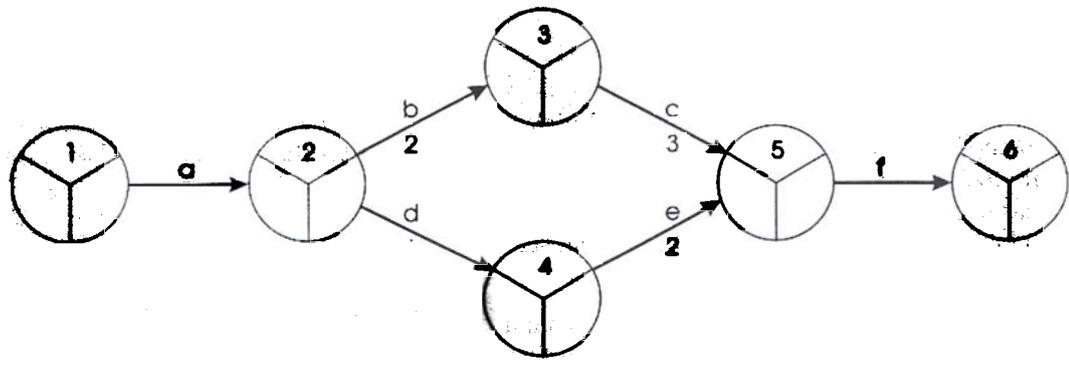
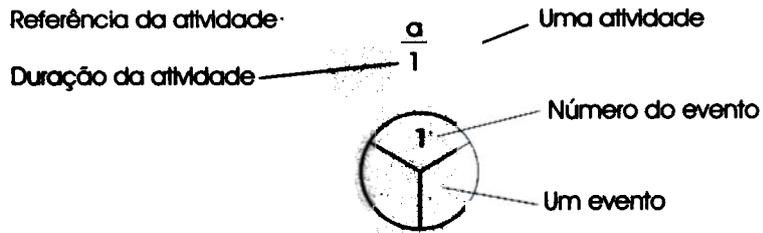
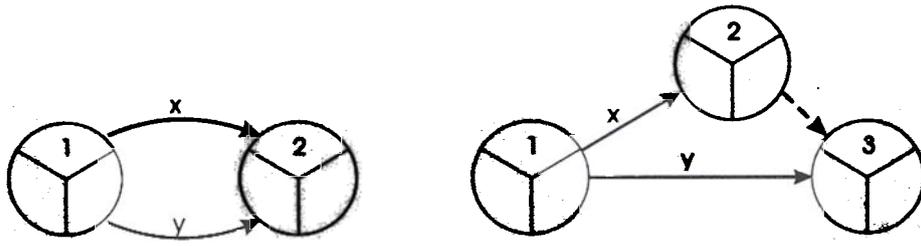


Figura 16.22 Diagrama de rede para o projeto "decorar o apartamento".

(a) Quando duas atividades independentes têm o mesmo evento na cabeça e o mesmo evento na cauda



(b) Quando dois ramos (também chamados caminhos) independentes de atividades compartilham um evento comum

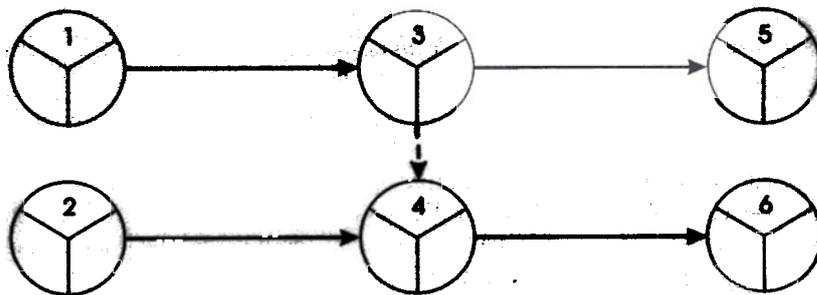


Figura 16.23 Quando atividades fictícias são necessárias.

## CALCULANDO FLUTUAÇÕES

Anteriormente, neste capítulo, nós descrevemos a flexibilidade de mudança nos tempos envolvidos com atividades, que é inerente a várias partes de um projeto, como folgas. Podemos usar o diagrama de rede para calcular isso para cada atividade. O procedimento é relativamente simples.

1. Calcule a data mais cedo e a data mais tarde de cada evento. A data mais cedo de um evento (EET – *earliest event time*) é a data mais cedo na qual o evento poderia ocorrer, se todas as atividades fossem completadas o mais cedo possível. A data mais tarde de um evento (LET – *latest event time*) é a data mais tarde em que o evento aconteceria, sem atrasar o projeto todo.
2. Calcule o “janela de tempo” dentro da qual uma atividade deve ocorrer. Esta é o tempo entre o EET (data mais cedo) de seu evento cauda e o LET (data mais tarde) do seu evento cabeça.
3. Compare a duração real da atividade com a janela de tempo dentro da qual ela deve ocorrer. A dife-

rença entre eles é a folga de tempo que a atividade tem.

Consideremos novamente o exemplo simples de rede dado anteriormente. O caminho crítico é a sequência de atividades *a*, *b*, *c*, *f*. Podemos calcular o EET e o LET para cada evento como mostrado na Figura 16.24. Se a atividade *a* começa no instante 0, o mais cedo que ela pode terminar é 1, porque ela é uma atividade de um dia. Se a atividade *b* começa imediatamente, vai terminar no dia 3 (EET do evento cauda + a duração, 1 + 2). A atividade *c* pode, então, começar no dia 3 e, devido a ter duração de três dias, vai terminar no dia 6. A atividade *e* também tem o evento 5 como seu evento cabeça, assim, devemos calcular o EET da cauda do evento *e*. Isso é determinado pela atividade *d*. Se a atividade *d* começa no dia 1 (o dia mais cedo que ela pode começar), estará terminada no dia 2. Assim, o EET do evento número 4 é o dia 2. Se a atividade *e* começar imediatamente, vai terminar no dia 4. O evento de número 5 não pode ocorrer, todavia, até que tanto a atividade *e* como a *c* tenham terminado, o que não acontecerá até o dia 6 (veja a regra 1 acima). A atividade *f* pode então começar e vai terminar no dia 7.

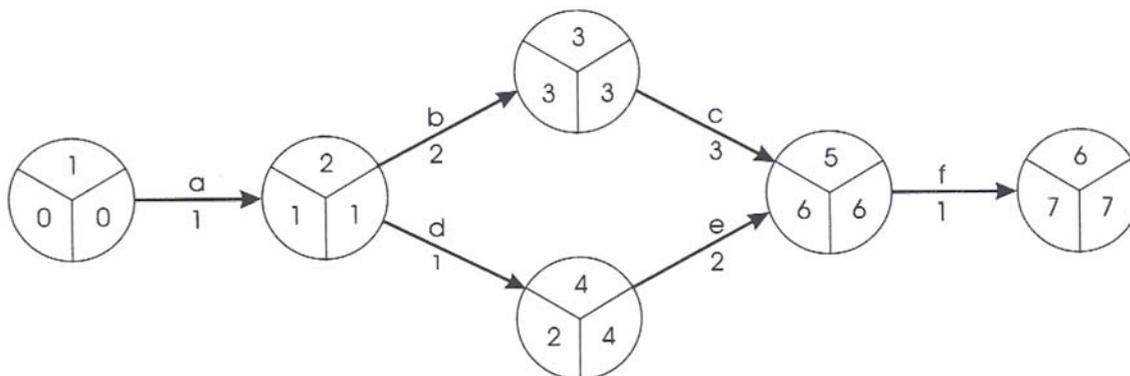


Figura 16.24 Diagrama de rede para o projeto “decorar apartamento” com datas mais cedo e datas mais tarde dos eventos.

Os LETs podem ser calculados usando lógica reversa. Se o evento número 6 *deve* ocorrer não antes do dia 7, o LET para o evento número 5 é 6. Qualquer atraso em relação a isso, atrasará todo o projeto. Trabalhando para trás, se a atividade *c* deve acabar no dia 6, não pode começar mais tarde do que o dia 3, e se a atividade *b* deve terminar no dia 3, ela deve começar no dia 1. De maneira similar, se a atividade *e* tem que terminar no dia 6 e deve começar não depois do dia 4, e a atividade *e* tem que terminar no dia 4, deve começar não depois do dia 3. Agora temos duas atividades com o evento número 2 como evento cauda, um dos quais pre-

cisa começar, o mais tardar, no dia 1, a outra o mais tardar no dia 3. O LET para o evento número 2, portanto, deve ser o menor dos dois. Se atrasasse, deste ponto, a atividade *b* e, portanto, todo o projeto, atrasaria.

A Figura 16.25 mostra um gráfico de Gantt com as janelas de tempo, as durações reais e as folgas. Todas as atividades do caminho crítico não têm folga (de outro modo, não estariam no caminho crítico), mas as atividades *d* e *e*, de fato, têm alguma folga. Por exemplo, a janela de tempo para a atividade *d* alonga-se do dia 1 ao dia 4, mas ela tem somente um dia de duração. Ela, portanto, tem dois dias de folga.

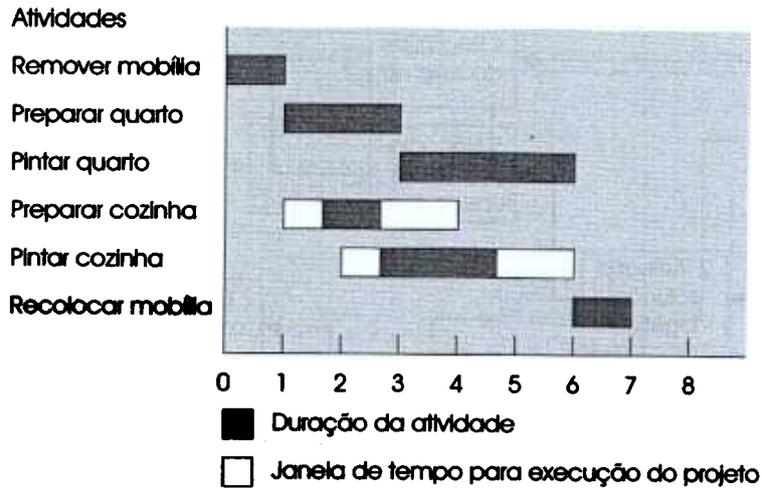


Figura 16.25 Gráfico de Gantt para o projeto "decorar apartamento".

### REDES COM ATIVIDADES NOS NÓS

A rede que descrevemos até aqui usa arcos (setas) para representar atividades e círculos na junção ou nós dos arcos para representar eventos. Este método é chamado de método de atividade nos arcos (AoA - *activity on arrow*). Um método alternativo de desenhar redes é o método de atividade nos nós (AoN - *activity on node*). No AoN, a representação das atividades é feita com retângulos e os arcos são usados para definir o relacionamento entre elas. Há três vantagens no método AoN.

- É com frequência mais fácil mover-se da base lógica dos relacionamentos de um projeto para um diagrama de rede usando o método AoN do que usando o AoA.
- Os diagramas AoN não precisam de atividades fictícias para manter a lógica dos relacionamentos.
- A maioria dos pacotes de computador que são usados em planejamento e controle de projeto usa o formato AoN.

Uma rede AoN para o projeto "decorar apartamento" é mostrada na Figura 16.26.

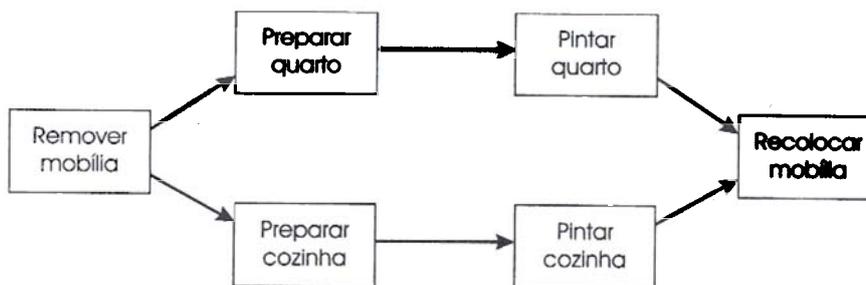


Figura 16.26 Diagrama de rede atividades nos nós para o projeto "decorar apartamento".

### Exemplo

Retornando à "nova operação de logística", descrita anteriormente, um diagrama AoN é mostrado na Figura 16.27. Neste exemplo (como na maioria dos exemplos reais), os relacionamentos nem sempre são claros. Por exemplo, "Refinar logística" foi mostrado como tendo impacto somente sobre "Negociação com fornecedor". Na prática, ela também teria impacto so-

bre "Requisitos do sistema" e provavelmente também sobre as questões de projeto nas atividades 7 a 11. Esses relacionamentos poderiam ser mostrados em uma rede de nível mais baixo, que entra em maiores detalhes nessas questões. A atividade em Requisitos do sistema é um sub-projeto em si e requereria seu próprio gráfico de barras e diagrama lógico para planejamento e monitoramento.

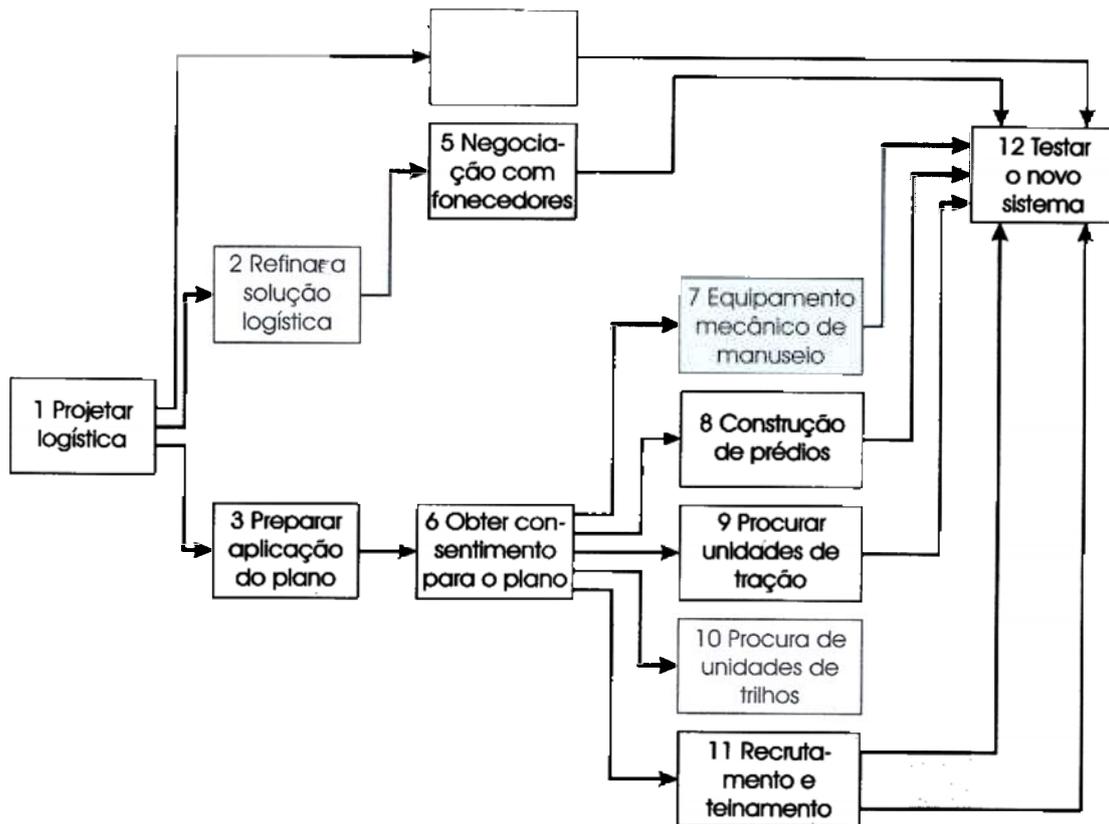


Figura 16.27 Nova operação de logística: diagrama lógico.

### Análise de tempo

A Figura 16.28 mostra uma rede AoN para o diagrama simples da Figura 16.27. Os números de atividades e as descrições resumidas, são conforme antes. Cada uma é agora circundada por um conjunto de seis números que significam informação, como mostrado na Figura 16.29.

A *data mais cedo de início* para cada atividade é encontrada trabalhando da esquerda para a direita ao longo da rede. Cada atividade sem precedência pode começar em  $t = 0$ . Em um evento “mesclado”. (duas ou mais atividades “desembocam” em uma outra), use a data mais tarde de completamento das várias atividades. A data mais cedo de término de uma atividade “disparo” (como a atividade 6, em que cinco atividades subsequentes são por ela disparadas) é carregada para a frente para formar as datas mais cedo de início das atividades subsequentes (atividades 7 a 11).

A *data mais tarde de início* de cada atividade é encontrada trabalhando-se para trás da direita para a esquerda ao longo da rede. A data mais cedo de início para a atividade final na rede é freqüentemente usada como a data mais tarde de início para a atividade. Em

atividades “mescladas” (como a atividade 6) use a menor data de completamento das várias atividades.

Primeiro executa-se uma *passada para a frente* na rede (isto é, procedemos da esquerda para a direita). Para a atividade 1 é dada uma data de início na semana 0. A data mais cedo de término é então a semana 17, devido a sua duração de dezessete semanas. A data mais cedo de início da atividade 2 deve então também ser a semana 17. A atividade 5 começa em  $17 + 34$ , a duração da atividade 2. A atividade 4 é paralela com a atividade 2, e pode começar ao mesmo tempo. O restante da passagem para a frente é direto, até que cheguemos à atividade 12. Aqui, sete atividades concorrem, de modo que precisamos usar a mais tarde das datas mais tarde de término das atividades que estão concorrendo como a data mais cedo de início da atividade 12. É 91 (a data mais cedo de término da atividade 4). Uma vez que a duração da atividade 12 é duas semanas, a data mais cedo de término de toda a rede é 93 semanas.

Agora executa-se uma *passada para trás*, assumindo que a data mais tarde de término é também 93 semanas (o extremo inferior direito no retângulo da atividade 12). Isto significa que não existe “folga”, isto é, a diferença entre as datas mais cedo e mais tarde de

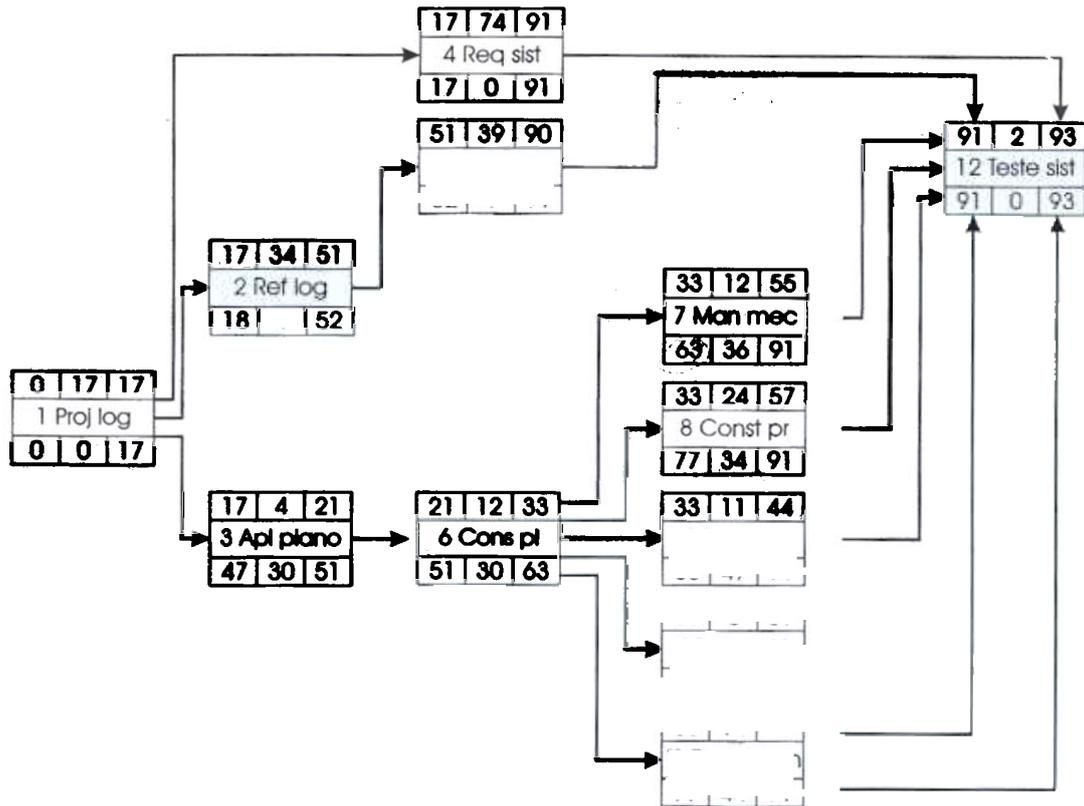


Figura 16.28 Nova operação de logística: rede de precedências.

Data mais cedo de início	Duração	Data mais cedo de término
Número da atividade Descrição da atividade		
Data mais tarde de início	Folga total	Data mais tarde de término

Figura 16.29 Convenção de atividades nos nós (AoN).

início para essa atividade é zero. Assim, a data mais tarde de início é também a semana 91. Isso vai para trás para as atividades 7 a 11, que têm a semana 91 como a data mais tarde de término. A diferença entre a semana 91 e as várias datas mais cedo de término para essas atividades significa que existe muita folga em cada uma, daí porque elas podem começar muito mais tarde do que indicado pela data mais cedo de início. Na passagem para trás, a atividade 6 forma uma atividade mesclada com as atividades 7 a 11. Tomemos a mais cedo das datas mais tarde de início dessas atividades, isto é, semana 63, a data mais tarde de término para a

atividade 6. Se tudo correr bem, e a análise estiver correta, deverá haver zero de folga para a atividade 1.

O caminho crítico para a rede é então a linha que liga as atividades com folga mínima, isto é, atividades 1, 4 e 12. Note que o caminho 1-2-3-12 é o segundo lugar, com somente uma semana de folga. Ambos os caminhos ao longo da rede vão merecer atenção especial durante o projeto, porque atrasos em qualquer dessas atividades vão causar atraso de todo o projeto, a menos que possa ser economizado tempo em algum outro lugar no caminho crítico. Até aqui, não há qualquer indicação de que isso seja possível. Nunca se deveria presumir que tempo poderá ser recuperado mais tarde,

a menos que um plano de ação específico de como isso será conseguido tenha sido feito.

Voltando para o progresso relatado no gráfico de Gantt na Figura 16.20, o gerente de projeto estará aliviado ao ver que a atividade 1 foi completada em tempo, e que o progresso da atividade 4 está à frente do cronograma. Apesar de o progresso da atividade 2 estar atrás do cronograma, isso não parece ser crítico no momento. Todavia, isso pode afetar outras atividades de uma forma não mostrada na rede, e o gerente de projeto prudente dará atenção a esta atividade para garantir que não aconteça.

### Técnica PERT de revisão e avaliação de programa (PERT - program evaluation and review technique)

A técnica PERT teve sua origem em planejamento e controle de grandes programas de defesa da Marinha americana. O primeiro sucesso relatado foi o término

do programa do míssil Polaris dois anos à frente do programado, em 1958. A PERT tem seus mais espetaculares ganhos em ambientes altamente incertos de projetos de defesa e espaciais. A técnica reconhece que as durações das atividades e os custos em gerenciamento de projeto não são determinísticos (fixos) e que a teoria da probabilidade pode ser aplicada para fazer estimativas, como mostrado na Figura 16.11.

Neste tipo de rede, a duração de cada atividade é estimada de uma forma otimista, provável e pessimista, como mostrado na Figura 16.30. Se se presume que esses tempos estimados são consistentes com a distribuição de probabilidade beta, significa que a variância da distribuição pode ser estimada como segue.

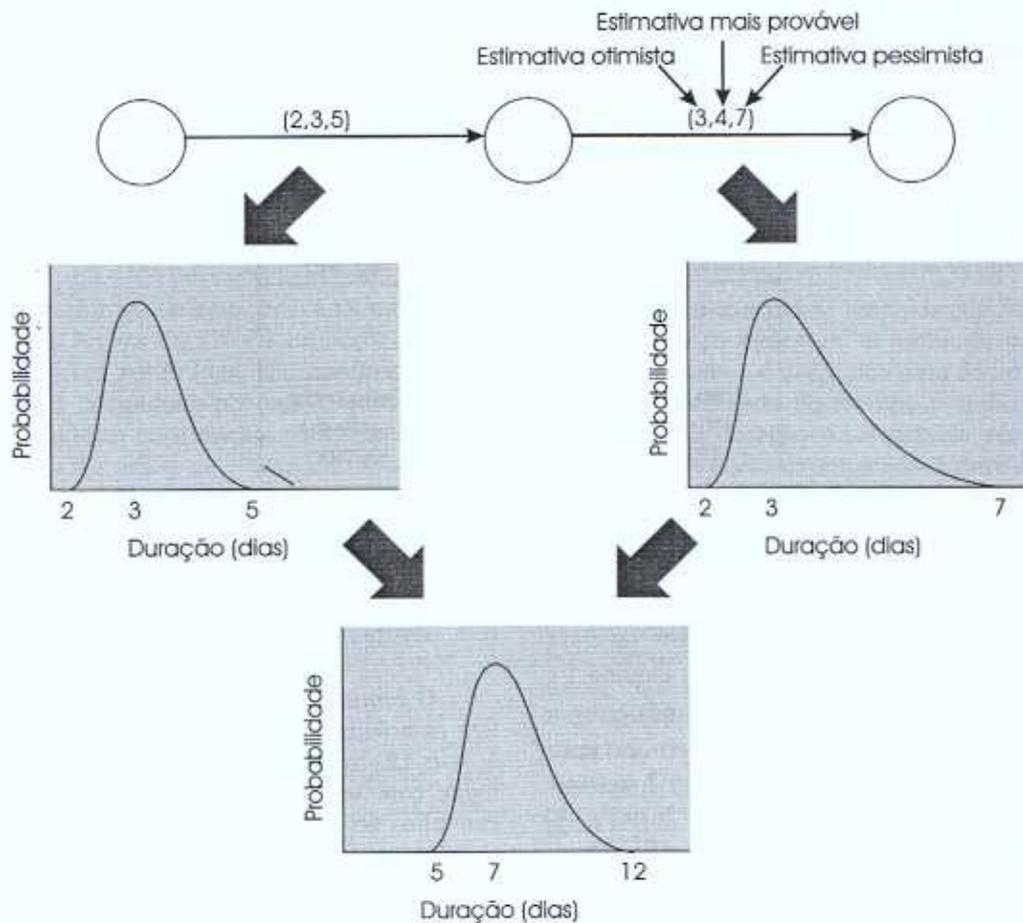


Figura 16.30 Estimativas probabilísticas de tempo podem ser somadas para dar uma estimativa probabilística para o projeto todo.

$$t_e = \frac{t_o + 4t_l + t_p}{6}$$

Onde

$t_e$  = o tempo esperado para a atividade

$t_o$  = o tempo otimista para a atividade

$t_l$  = o tempo mais provável para a atividade

$t_p$  = o tempo pessimista para a atividade

A variância da distribuição ( $V$ ) pode ser calculada como segue:

$$V = \frac{(t_p - t_o)^2}{6^2} = \frac{(t_p - t_o)^2}{36}$$

A distribuição de tempo de qualquer caminho ao longo da rede será uma média, que é a soma das médias da atividade que compõem o caminho, e a variância que é a soma de suas variâncias. Na Figura 16.30

A média da primeira atividade =

$$= \frac{2 + (4 \times 3) + 5}{6} = 3,17$$

A variância da primeira atividade =

$$= \frac{(5 - 2)^2}{36} = 0,25$$

A média da segunda atividade =

$$= \frac{3 + (4 \times 4) + 7}{6} = 4,33$$

A variância da segunda atividade =

$$= \frac{(7 - 3)^2}{36} = 0,44$$

A média da distribuição da rede =

$$= 3,17 + 4,33 = 7,5$$

A variância da distribuição da rede =

$$= 0,25 + 0,44 = 0,69$$

É geralmente pressuposto que a distribuição para todo o caminho será normalmente distribuída.

A vantagem dessa informação extra é que podemos examinar o "risco" de cada caminho ao longo de uma rede, assim como a sua duração. Por exemplo, a Figura 16.31 mostra uma rede simples de dois caminhos. O caminho superior é o caminho crítico, a distribuição de sua duração é 10,5 com variância de 0,06 (portanto, um desvio padrão de 0,245). A distribuição do caminho não crítico tem uma média de 9,67 e uma variância de 0,66 (portanto um desvio padrão de

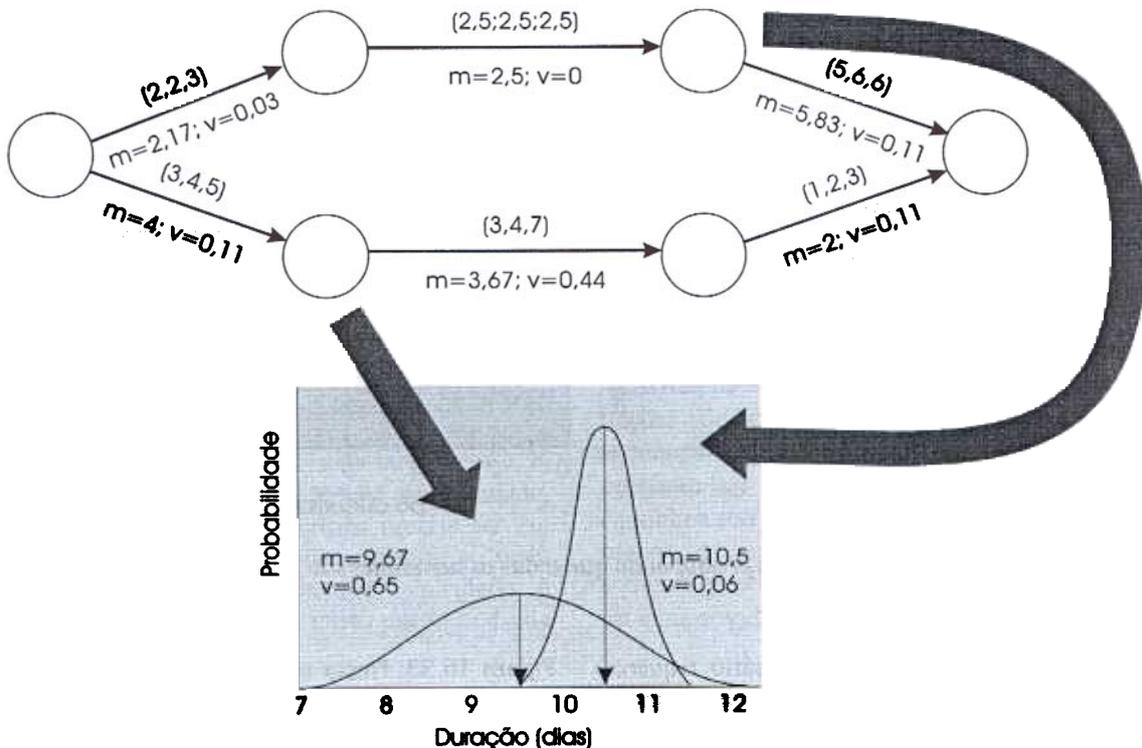


Figura 16.31 Um caminho na rede pode ter a maior duração esperada, mas outra pode ter a maior variância.

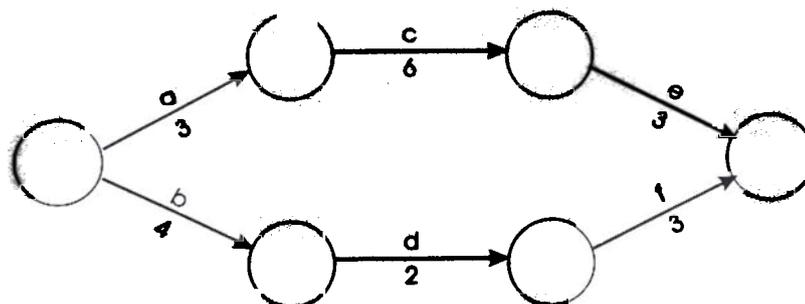
0,812). A implicação disso é que existe uma chance de que o caminho não crítico poderia, na realidade, ser o crítico. Apesar de não discutirmos os cálculos de probabilidade aqui, é possível determinar a probabilidade de qualquer caminho sub-crítico tornar-se crítico, quando o projeto é executado. Todavia, no nível prático, mesmo se os cálculos de probabilidade considerados não valem a pena, o esforço envolvido é útil para possibilitar fazer uma avaliação aproximada do risco de cada parte da rede.

### Introduzindo limitações de recursos

A lógica que governa os relacionamentos da rede é derivada dos detalhes técnicos do projeto, como descrevemos. Todavia, a disponibilidade de recursos pode impor suas próprias limitações que pode afetar materialmente os relacionamentos entre as atividades. A Figura 16.32 mostra uma rede simples de dois caminhos com detalhes tanto da duração de cada atividade como do pessoal necessário para desempenhar cada

atividade. A programação total de recursos também é mostrada. As três atividades no caminho crítico, a, c, e e foram programadas levando em conta a programação de recursos em primeiro lugar. As atividades restantes todas têm alguma folga e portanto têm flexibilidade para quando forem ser desempenhadas.

A programação de recursos na Figura 16.32 tem as atividades não críticas começando logo que possível. Isso resulta em um perfil de recursos que varia de sete pessoas para três. Mesmo se as sete pessoas estão disponíveis, o gerente de projeto pode querer nivelar a carga por conveniência organizacional. Se o número total de pessoas disponíveis é menor do que sete, todavia, o projeto vai precisar ser reprogramado. Suponhamos que somente cinco pessoas estão disponíveis. Ainda é possível completar o projeto no mesmo tempo, como mostrado na Figura 16.33. A atividade b foi atrasada até que a atividade a tivesse sido terminada. Isso resulta um perfil de recursos que varia somente entre quatro e cinco pessoas e dentro do limite de recursos de pessoal de cinco pessoas.



Atividade	Duração (dias)	Recursos (pessoal)
a	3	4
b	4	3
c	6	2
d	2	3
e	3	3
f	3	2

Programação de recursos



Figura 16.32 Perfil de recursos de uma rede pressupondo que todas as atividades são iniciadas tão cedo quanto possível.

Todavia, para atingir isso, é necessário *requerer* que a atividade b comece somente quando a atividade a estiver completa. Isto é uma limitação lógica que, se fosse incluída na rede, a modificaria como mostrado na

Figura 16.33. Nessa rede, todas as atividades são críticas, como de fato pode-se ver da programação de recursos.

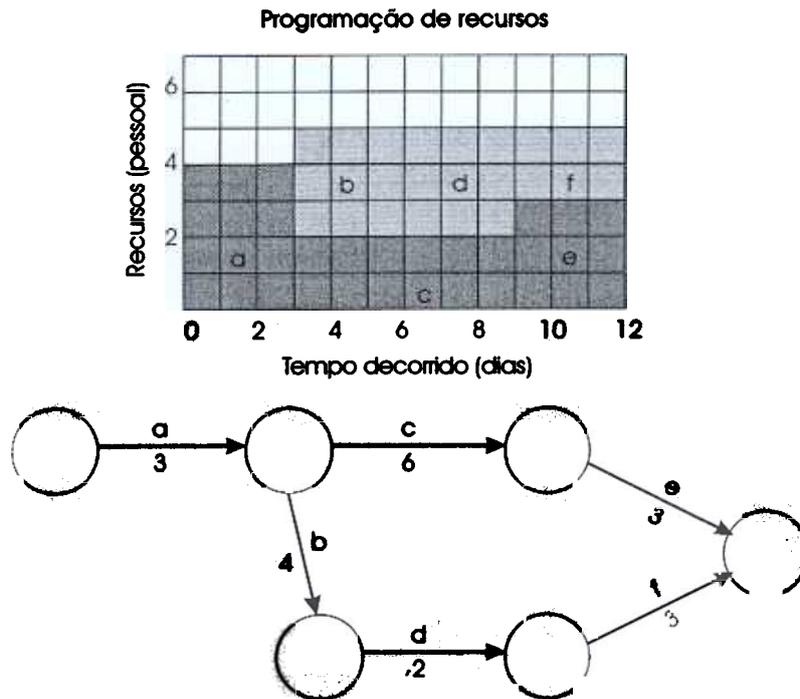


Figura 16.33 Perfil de recursos de uma rede com atividades não críticas atrasadas para adequar-se às limitações de recursos, neste caso isso efetivamente muda a lógica da rede para tornar todas as atividades críticas.

### Encurtando a rede

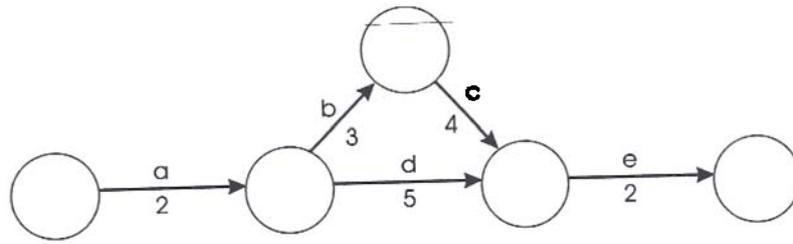
Encurtar a rede é o processo de redução dos tempos em atividades do caminho crítico de modo que o projeto seja completado em menos tempo. Usualmente, o encurtamento de atividades resulta em custos extras incorridos. Isso pode ser o resultado de:

- trabalho além do expediente;
- recursos adicionais como mão-de-obra;
- sub-contratação.

A Figura 16.34 mostra um exemplo de encurtamento de uma rede simples. Para cada atividade, a duração e o custo normal são especificados junto com a duração (reduzida) e o custo (aumentado) de encurtá-las. O caminho crítico é a seqüência de atividades *a*, *b*, *c*, *e*. Se o tempo total do projeto precisa ser reduzido, uma das atividades do caminho crítico precisa ser encurtada. Para decidir que atividade encurtar, a “inclinação da curva de custo” de cada uma é calculada. A “inclinação da curva de custo” é o custo por período de

tempo de redução de duração. A forma mais efetiva em termos de custos de encurtar todo o projeto é então encurtar a atividade do caminho crítico que tem a menor “inclinação da curva de custo”. Esta é a atividade *a*, cujo encurtamento custará £2.000 extras e vai encurtar o projeto em uma semana. Depois disso, a atividade *c* pode ser encurtada, economizando mais duas semanas e custando £5.000 extras. Neste ponto, todas as atividades tornaram-se críticas e economias de tempo posteriores somente podem ser atingidas através de fazer o encurtamento de duas atividades paralelas.

A forma da curva tempo-custo na Figura 16.34 é típica. Economias iniciais vêm de maneira relativamente barata, se as atividades com menores inclinações de custos são escolhidas. Mais tarde, na seqüência de encurtamento, as atividades mais caras precisam ser encurtadas e finalmente duas ou mais caminhos tornam-se conjuntamente críticos. Inevitavelmente, a partir desse ponto, economias de tempo somente podem vir a partir do encurtamento de duas ou mais atividades em caminhos paralelos.



Atividade	Normal		Encurtamento		Inclinação de custo (£ milhares/semana)
	Custo (£ milhares)	Tempo (semanas)	Custo (£ milhares)	Tempo (semanas)	
a	6	2	8	1	2
b	5	3	8	2	3
c	10	4	15	2	2,5
d	5	5	9	4	4
e	7	2	Não possível		-

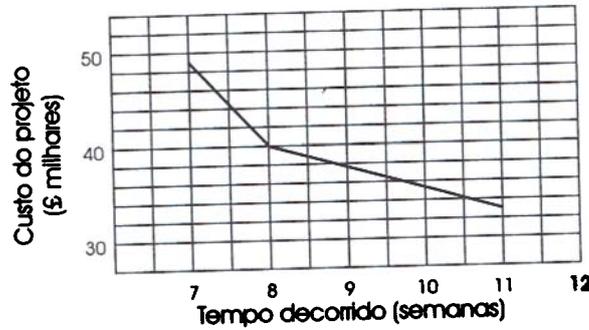


Figura 16.34 O encurtamento de atividades para reduzir o tempo de projeto torna-se progressivamente mais caro

### Perfil Pessoal

#### MIKE ROSS, PROJECT MANAGEMENT SERVICES

Mike Ross, diretor gerente da Project Management Services, fundou a companhia no início dos anos 90 para proporcionar especialização em gerenciamento de projeto para a indústria automotiva em todo o mundo. Durante sua carreira como engenheiro na indústria de carros do Reino Unido, tem sido responsável por muitos desenvolvimentos diferentes, tanto de novos veículos como de mudanças em modelos existentes. Com 15 anos de experiência em gerenciamento de projeto, ele estabeleceu a empresa para fornecer o serviço de gerenciamento de projetos para qualquer projeto de desenvolvimento automotivo. As manufaturas estavam usando cada vez mais especialistas contratados, para toda ou parte da capacidade de engenharia que elas precisavam para garantir rápida introdução de produtos. Em seu mercado intensamente competitivo, e com grande número de contratados, é crítico que novos produtos sejam desenvolvidos de uma

forma coesa. Um bom gerenciamento de projeto é essencial.

"O sudeste da Ásia está emergindo como o mercado automotivo de maior crescimento e nós somos muito ativos lá. Por exemplo, ajudamos uma empresa a fazer toda a engenharia de seu primeiro carro completamente novo. Nossos clientes careciam de habilidades técnicas e organizacionais para atacar um projeto dessa escala, mas tinham um forte desejo empresarial de fazê-lo. A única experiência que eles tinham era em kits de montagem. Mas isso não os deteve de querer desenvolver o carro, construir a nova fábrica e de abastecer-se da maioria das peças localmente, tudo em 36 meses ou menos! Um dos nossos papéis é injetar um sentido de realidade no estágio de planejamento do projeto. Em particular, nós precisamos alertar os clientes para os fatores externos que podem influenciar os resultados do projeto. Por exemplo, nós tomamos para nós a responsabilidade de en-

tender o fornecimento e os lead time dos componentes-chaves. Há, com frequência, muito poucos fornecedores de algumas tecnologias avançadas, como sistemas de gerenciamento de motores, sistemas de faróis, equipamentos de ar-condicionado, e pode ser muito difícil de obter projetos adequados e fornecedores destes para um novo veículo. Nós também ajudamos os clientes a avaliar os riscos negociais envolvidos em grandes projetos, e o impacto de mudanças na legislação em todo o mundo, como a redução das emissões de exaustão e regulamentos de segurança.

Há pressões sobre todos os gerentes de projeto neste campo, tanto para encurtar tempos de projeto como para otimizar a relação entre investimento e custos unitários. As formas de 'otimizar' variam entre diferentes companhias e diferentes países. Por exemplo, na China, há uma enorme disponibilidade de mão-de-obra de baixo custo, mas o capital é limitado; já em Taiwan e na Malásia, os custos de mão-de-obra estão crescendo rapidamente e o cliente vai estar procurando mais automação. Assim, nós sempre precisamos casar o projeto com seu ambiente. Nós também achamos muito mais diferente trabalhar no extremo oriente do que na Europa. A língua é um problema. É fácil surgirem mal-entendidos, quando a comunicação é difícil. O jargão da indústria pode mesmo ser um obstáculo, com confusão entre termos como boot e trunk (para porta-malas), fender e wing (para pára-lamas). O maior problema é cultural, todavia. Tome, por exemplo, status e comportamento. Em algumas culturas orientais, a idade está relacionada com a sabedoria, assim é muito difícil para um jovem engenheiro apresentar uma proposta alternativa para seu chefe, particularmente, em uma reunião. Assim, a idéia de melhoramento contínuo, ou grupos de brainstorming, para resolver problemas, podem ser quase impossíveis de serem adotados como no Ocidente ou no Japão. Isso é realmente um problema para

projetos grandes muito pressionados pelo tempo, porque as dificuldades podem não ser adequadamente analisadas e superadas.

"Nossos gerentes de projeto profissionais têm que ser capazes de selecionar as ferramentas e as técnicas adequadas, para planejar e controlar as tarefas. Para projetos pequenos, como a introdução de uma nova roda de liga leve, nós achamos que simples gráficos de Gantt são usualmente adequados para o trabalho. Projetos maiores e complexos, como um novo veículo completo, demandam o uso de técnicas baseadas em computador como CPA (critical path analysis ou análise do caminho crítico).

Mas o maior desafio é o lado humano do gerenciamento de projeto. Na minha experiência, conseguir a adequada mistura de pessoas no grupo aumenta grandemente as chances de sucesso – são as pessoas e a técnica, comunicações e habilidades negociais que elas trazem para o grupo, que fazem a diferença. Quanto mais fortes forem estes aspectos, menos necessidade há de organização formal.

Um aspecto crítico de controle que permanece, todavia, é a necessidade de ter uma estrutura adequada para a revisão do projeto. Isso pode claramente identificar as prioridades das tarefas a serem feitas. O caminho crítico é o foco de nossa atenção em todas as vezes, e os grupos, em todos os níveis, precisam manter-se atualizados sobre sua parte no quadro geral. O gerente de projeto precisa prestar atenção a todos os detalhes, tendo tanto a visão do 'helicóptero' como a visão do 'microscópio'!

"É fascinante ver como diferentes organizações em diferentes culturas, e em diferentes situações de negócios, atacam projetos que são similares. As características comuns são que todos requerem excelência em engenharia ao custo mais baixo o mais rápido possível, mas aí terminam as similaridades!"

## Resumo

- Um projeto é um conjunto de atividades que tem um ponto inicial definido e um estado final definido, que persegue uma meta definida e que usa um conjunto definido de recursos.
- Os projetos vêm em muitas formas e tamanhos. Muitos projetos que gerentes têm que planejar e controlar são relativamente pequenos, apesar de grandes projetos terem uma dimensão adicional de complexidade, o que traz problemas particulares.
- Todos os projetos caracterizam-se por terem um objetivo, um certo grau de complexidade, frequentemente unicidade e incerteza; são de natureza temporária, e passam por algumas fases.
- Os projetos podem ser caracterizados em duas dimensões: complexidade e incerteza. Projetos com grande incerteza são difíceis de planejar, enquanto que os de alta complexidade são particularmente difíceis de controlar.
- O gerenciamento de projeto de sucesso depende de o projeto ter metas claramente definidas, gerencia-

mento de projeto competente, apoio da administração superior, membros de grupo competentes, recursos suficientes disponíveis, adequados canais de comunicação, habilidade de incentivar retroalimentação, resposta às necessidades dos clientes, mecanismos de solução de problemas e continuidade entre o pessoal do projeto.

- O gerenciamento de projeto tem cinco estágios, quatro dos quais são relevantes para o planejamento e controle do projeto. São:

Estágio 1 entender o ambiente do projeto;

Estágio 2 definição do projeto;

Estágio 3 planejamento do projeto;

Estágio 4 execução técnica (não parte do processo de planejamento e controle);

Estágio 5 controle do projeto.

- Entender o ambiente do projeto é importante por duas razões. Primeiro, o ambiente influencia a forma como o projeto é levado avante. Segundo, a natureza do ambiente no qual um bom projeto acontece é a principal determinante da incerteza que o circunda.
- Definir um projeto é necessário para que o gerenciamento do projeto tenha metas e objetivos claros.
- O planejamento do projeto é necessário porque expõe o custo e a duração do projeto, assim como determina o nível de recursos que será necessário. Também ajuda a alocar o trabalho e a monitorar o progresso, assim como a avaliar o impacto de quaisquer mudanças sobre o projeto.
- O planejamento do projeto é usualmente visto como envolvendo cinco estágios:
  - identificar as atividades dentro de um projeto;
  - estimar tempos e recursos para as atividades;
  - identificar os relacionamentos e dependências entre as atividades;
  - identificar as limitações de programação;
  - preparar o programa.
- O controle do projeto consiste em monitorar como o projeto está progredindo, avaliar o desempenho do projeto, comparando observações monitoradas com o plano do projeto, e intervir no projeto se requerido para trazê-lo de volta ao plano. Uma parte particularmente importante de controle de projeto é o controle de valor ganho, que coloca tanto tempo como recursos em unidades monetárias, para monitorar o progresso.
- Diagramas de rede podem ser desenhados nos formatos de atividades nos arcos e atividades nos nós. Em ambas as formas, eles são particularmente úteis na avaliação da duração total de um projeto e do

grau de flexibilidade ou de folga das atividades dentro do projeto.

- O método mais comum de planejamento de rede é chamado método do caminho crítico (CPM). Ele usa estimativas simples para o tempo. Uma abordagem alternativa de estimativa de tempo é oferecida pela técnica PERT. Ela usa três estimativas de tempo (otimista, mais provável e pessimista), para uma abordagem probabilística da estimativa de tempo.
- A lógica inerente ao diagrama de rede pode ser mudada pelas limitações de recursos. Duas atividades que podem ser programadas independentemente com infinitos recursos podem requerer programação sucessiva devido à disponibilidade limitada de recursos.
- Os modelos de planejamento de rede também podem ser usados para avaliar o custo total de encurtamento de um projeto em que as atividades individuais podem ser “encurtadas”.

## Estudo de caso

### Lemming Television

A Lemming Television (LTV) é uma empresa inglesa produtora de televisão especializada em fazer programas “especiais” para uma variedade de redes de televisão. Foi contratada recentemente para fazer uma série de programas turísticos de verão, que seriam rodados em vários locais da Europa durante a primavera e início do verão e levados ao ar pelo cliente (uma rede de transmissão por satélite) durante o verão. Os programas envolveriam *shows* de circo, mostras, eventos e uma mostra de computação gráfica, atos de entretenimento popular e entrevistas que seriam entremeadas com jogos e concursos. Gerenciar a preparação da série era responsabilidade da produtora de *shows*, Flo Brown. Flo, que recentemente se formou com distinção em um curso MBA, sabia que precisaria manter um controle apertado sobre os arranjos da série de programas. As tomadas deveriam começar no final de maio e o *show* final deveria estar gravado no final de julho. Os *shows* seriam levados ao ar entre o início de julho e o fim de agosto, assim, qualquer atraso na gravação do material ou na edição dos programas causaria complicações consideráveis.

A companhia sabia que seria contratada para fazer os programas desde dezembro, mas Flo somente foi alocada para o trabalho no início de fevereiro! Seu primeiro ato foi listar os vários trabalhos que deveriam ser feitos antes que as tomadas pudessem começar. Ela então discutiu cada trabalho com a parte da companhia que os deveria levar avante, para tentar entender quais

decisões seriam necessárias antes que eles pudessem começar os trabalhos. Os trabalhos que precisavam ser feitos antes do início das tomadas estão listados abaixo, juntamente com alguns detalhes.

As responsabilidades da produtora (assim como gerenciar o projeto todo) eram:

- *Programar os locais*: levaria cerca de duas semanas para terminar e poderia começar imediatamente.
- *Definir o conceito do projeto*: seriam necessárias discussões com o chefe de projeto e levaria cerca de quatro semanas de consideração de projetos alternativos antes de finalizar o conceito, mas poderia ser iniciado imediatamente.
- *Especificar os displays de computação gráfica*: novamente uma consulta com o chefe do projeto, levaria cerca de uma semana e não poderia começar até que todo o planejamento detalhado tivesse terminado.

A responsabilidade do departamento de design era

- *Produzir o trabalho de arte para o material impresso*: levaria cerca de três semanas mas só poderia começar depois de terminada a fase de planejamento detalhado.

As responsabilidades do departamento de planejamento de programa eram:

- *Agendar os locais*: um trabalho de uma semana, poderia começar logo que os locais fossem definidos por Flo.
- *Planejamento detalhado*: a preparação dos planos e programações detalhados, uma tarefa de duas semanas que poderia ser começada logo que o conceito do projeto fosse finalizado e que os locais estivessem agendados.
- *Imprimir as brochuras*: esse trabalho poderia ser dado para uma gráfica externa logo que o trabalho de arte do material a ser impresso tivesse sido preparado pelo departamento de projeto. A gráfica usualmente cotava uma entrega em quatro semanas a partir do recebimento do trabalho de arte.
- *Imprimir os posters de exibição*: novamente dependia da preparação do trabalho de arte, mas poderia ser entregue dentro de duas semanas a partir do momento em que o trabalho de arte estivesse pronto.
- *Pedir os veículos para o show*: diversos caminhões trailers e veículos auxiliares eram necessários, que poderiam ser pedidos com o término do planejamento detalhado, o tempo de entrega dos veículos seria de cerca de seis semanas.

- *Escrever o software gráfico de exibição*: contratada a empresa de software, levaria cerca de quatro semanas, mas somente poderia começar depois que os gráficos fossem especificados pelo produtor e pelo chefe de projeto.
- *Teste final e ensaio*: o departamento de planejamento de programa era finalmente responsável por juntar todo o ato imediatamente antes de cada tomada. Os testes e os ensaios somente poderiam começar depois que as brochuras estivessem impressas, os veículos completamente adequados e adaptados e o pessoal de promoção treinado. Os testes finais e os ensaios deveriam levar cerca de uma semana, mas, se as coisas dessem errado em qualquer estágio, poderiam levar mais que isso.

A responsabilidade da oficina era:

- *Adaptar e adequar os veículos*: depois que os veículos fossem entregues e o trabalho de arte estivesse acordado e os softwares dos computadores gráficos terminados, os veículos poderiam ser adequados e adaptados para os shows, isso normalmente levaria cerca de duas semanas.

As responsabilidades do departamento do pessoal eram:

- *Recrutamento do pessoal de promoção*: estes eram pessoas (frequentemente atores "de folga") que trabalhariam nas exibições e no entretenimento das platéias: eles poderiam ser recrutados logo que o planejamento detalhado estivesse completo. Usualmente levaria duas semanas para recrutar todo o pessoal de promoção.
- *Treinamento do pessoal*: uma vez que o pessoal estivesse recrutado, precisaria de treinamento - uma tarefa de uma semana.

## QUESTÕES

1. Flo pode juntar o projeto a tempo de começar as tomadas na programação?
2. Quais são os trabalhos que ela vai ter que gerenciar particularmente de perto?
3. Que conselho geral você daria a ela que poderia ajudá-la a gerenciar seu projeto?

## Questões para discussão

1. Os serviços profissionais, como projeto de consultoria gerencial, poderiam beneficiar-se da aplicação dos princípios de gerenciamento de projeto da

mesma forma que a manufatura de um conjunto de geradores para uma usina de hidrelétrica?

2. a. Por que o conceito de data mais cedo e data mais tarde de início é importante em planejamento de projeto?
- b. Desenhe curvas custos/tempo cumulativas para a nova operação de logística mostrada na Figura 16.20 e mais tarde desenvolvida neste capítulo. Presuma que o custo total de cada atividade seja o seguinte:

Atividade 1	£34.000	Atividade 7	£120.000
Atividade 2	£68.000	Atividade 8	£480.000
Atividade 3	£12.000	Atividade 9	£1,1 milhão
Atividade 4	£37.0000	Atividade 10	£400.000
Atividade 5	£39.000	Atividade 11	£42.000
Atividade 6	sem custo	Atividade 12	£20.000

O dinheiro é consumido de uma maneira linear no tempo, isto é, se uma semana decorreu em uma atividade de quatro semanas, então um quarto do custo foi incorrido.

- c. Mostre as curvas de custos cumulativos, presumido que:  
todos os trabalhos comecem nas datas mais cedo de início  
todos os trabalhos comecem nas datas mais tarde de início.
3. Por que o caminho crítico é um conceito útil em planejamento e controle de projeto?
  4. a. Se a rede mostrada na Figura 16.28 tivesse que ser encurtada para atingir o completamento na semana 80, quais atividades precisariam ter a duração reduzida?  
b. Quais seriam as implicações para a atividade 4?  
c. Como seria agora a curva tempo/custo?
  5. Avalie o trabalho do gerente de projeto.
    - a. Ele tende a fazer as pessoas valorizarem o curto prazo para ter o trabalho feito?
    - b. Por que o gerente de projeto tende a resistir a mudanças?

c. É um bom treinamento para o gerenciamento geral?

6. Identifique alguns projetos em que você esteve envolvido, por exemplo, trabalhos de escola, como parte do curso universitário, mudar de casa, preparar uma grande refeição, organizar uma viagem ao exterior para diversas pessoas etc. Avalie cada um deles em termos de seus elementos de projeto e a tipologia complexidade-incerteza.
7. Usando a lista de projetos identificada na questão 7, avalie o sucesso de cada um deles. Algum falhou ou não teve sucesso como planejado e quais você acha que foram as razões para isso? Compare suas conclusões com os fatores de sucesso do gerenciamento de projeto.
8. Discuta os problemas de gerenciar um projeto de erradicação da fome de grande escala.
9. Identifique as fases-chaves de planejamento de projeto para um grande concerto de *rock*.
10. Que critérios você pode usar para monitorar uma produção teatral?
11. As atividades, sua duração e precedências para projetar, escrever e instalar um banco de dados de computador sob encomenda são mostrados na Tabela 16.4. Desenhe um gráfico de Gantt para a operação e calcule o menor tempo no qual a operação pode ser completada.
12. Construa um diagrama de rede que satisfaça os seguintes relacionamentos:  
A, B e C são as primeiras atividades do projeto e podem começar simultaneamente.  
A e B precedem D.  
B precede E, F e H.  
F e C precedem G.  
E e H precedem I e J.  
C, D, F e J precedem K.  
K precede L.  
I, G e L são atividades terminais do projeto.

Tabela 16.4

	Duração (semanas)		Atividades que devem estar completas antes que ela comece
	Otimista	Mais provável	
1 Negociação de contrato			
2 Discussão com principais usuários		2	
3 Revisão da documentação atual		5	
4 Revisão dos sistemas atuais		6	
5 Análise de sistemas (a)		4	2
6 Análise de sistemas (b)		7	3,4
7 Programação		12	5
8 Testes (prelim)		2	5
9 Relatório de revisão do sistema existente			7
10 Relatório de proposta do sistema		2	3,4
11 Preparação da documentação		19	5,9
12 Implementação		7	5,8
13 Teste de sistema		3	7,11
14 Depuração		4	12
15 Preparação do manual		5	12
			11

13. Um gerente de alimentos foi solicitado a organizar um banquete para 100 convidados. A Tabela 16.5 mostra as atividades-chaves, sua duração e prece-

dência. Identifique as atividades críticas e prepare um gráfico de Gantt mostrando todas as atividades e a folga disponível para as atividades não críticas.

Tabela 16.5

Atividade	Duração	Atividades precedentes
A Preparar ingredientes		
B Esvaziar e limpar sala		-
C Preparar sala e colocar mesas		B
D Preparar molhos e pratos frios		A
E Preparar carne, e ao forno		A
F Receber e acomodar os convidados		C, D, E
G Colocar a entrada nos pratos, temperar e servir		C, D, E
H Cozinhar verduras		C, E
I Desenformar os pudins		C, E
J Retirar a entrada e servir o principal		G, H
K Retirar o principal, servir o pudim e o café		J
L Retirar as mesas		K

Tabela 16.6

	Duração (semanas)			Atividades precedentes
	Otimista	Mais provável	Pessimista	
A		2		
B	3	5		-
C	5	7		A
D	5	7		A
E		2		B
F	7	9		C
G	2	3		C
				D, E

15. Dadas as informações da Tabela 16.6:

- Qual o menor tempo em que o projeto pode ser completado?
- Quais são as atividades críticas?
- Qual o desvio padrão do caminho crítico?
- Qual é a probabilidade de o projeto ser completado em 20 semanas?

16. O planejador chefe de uma firma que movimenta terra na preparação para construção de estradas identificou as atividades, sua duração e o número de *motoscrapers* requeridos para cada estágio de uma operação para preparar um trecho difícil de um rodovia. O planejador precisa conhecer o número mínimo de *motoscrapers* requerido durante o projeto.

Tabela 16.7

Atividade	Duração (dias)	Atividades precedentes	Nº de perfuradoras mecânicas requeridas
A	5	-	3
B	10	-	5
C	1	-	4
DS	8	B	2
E	10	B	3
F	9	B	1
G	3	A,D	5
H	7	A,D	4
I	4	F	9
J	3	F	7
K	5	C,J	1
L	8	H,E,I,K	2
M	4	C,J	10

## Leituras complementares selecionadas

- BAKER, B. N., WILEMAN, D. L. A summary of major research findings regarding the human element in project management. *IEEE Engineering Management Review*, v. 9, nº 3, 1981.
- DAVIS, E. W. Project scheduling under resource constraints: a historical review. *AIEE Transactions*, v. 5, nº 4, 1973.
- GILBREATH, R. D. *Winning at project management*. Wiley, 1986.
- HARRISON, E. L. *Advanced project management*. Gower, 1981.
- ICMELI, O., ERENGUC, S. S., ZAPPE, C. J. Project management problems: a survey. *International Journal of Operations and Production Management*, v. 13, nº 11, 1993.
- LITTLEFIELD, T. K., RANDOLPH, P. H. PERT Duration times: mathematical of MBO. *Interfaces*, v. 21, nº 6, 1991.

LOCKYER, K., GORDON, J. *Critical path analyses and other project network techniques*. 5. ed. Pitman, 1991.

MEREDITH J. R., MANTEL, S. *Project management: a managerial approach*. 2. ed. Wiley, 1989.

MILLER, R. W. How to plan and control with PERT. *Harvard Business Review*, v. 14, Mar./Apr. 1963.

MORRIS, P. W., HOUGH, G. H. *The anatomy of major projects*. Wiley, 1987.

ONEAL, K. Project Management Computer software buyers guide. *Industrial Engineering*, v. 9, nº 1, 1987.

RANDOLPH, W. A., POSNER, B. Z. What every project manager needs to know about project management. *Sloan Management Review*, v. 29, nº 4, Summer, 1988.

REINERTSON, D. G., SMITH, P. G. *Developing products in half the time*. Van Nostrand Reinhold, 1991.