

PLANEJAMENTO E CONTROLE DE PROJETOS

Fraislebem, F

F 870 P
2.3

A P R E S E N T A Ç Ã O

Esta apostila apresenta os fundamentos para Gerência de Projetos e foi elaborada no sentido de complementar os livros-textos que tratam com as Técnicas de Caminho Crítico, objeto da disciplina SEM-268 - Planejamento e Controle de Projetos, oferecida aos Cursos de Engenharia Civil, Elétrica e Mecânica desta Escola.

Embora cada curso apresente especificidades inerentes à sua área, o que nos faz propor que esta disciplina seja dirigida a cada Curso, com ementas adequadas ao objeto a ser tratado por nossos futuros Engenheiros este trabalho serve como orientação geral para a atividade de Administração de Projetos. Queremos alertar para o fato que este texto não cobre todo o programa da disciplina.

Esta apostila é resultado da interação entre os professores responsáveis pela disciplina SEM-268, durante o ano de 1986.

Agradecemos a colaboração do funcionário Sr. José Luiz Donizete Chiaretto na preparação do texto.

São Carlos, setembro de 1987.

Í N D I C E

	Página
CAP. I - ADMINISTRAÇÃO DE PROJETOS	1
1.1 - Introdução	1
1.2 - Projeto	1
1.3 - Administração de Projetos	3
1.4 - Estruturas Organizacionais	3
1.5 - Um Exemplo	9
 CAP. II - PLANEJAMENTO DE PROJETO	 14
2.1 - Sistematização de Projeto	14
2.2 - Planejamento de Projeto	16
2.3 - Procedimentos de Programação de Projetos .	18
 CAP. III - TÉCNICAS DE CAMINHO CRÍTICO	 24
3.1 - Introdução	24
3.2 - A Metodologia	24
3.3 - Usos e Vantagens dos Métodos de C.C.	27
3.4 - Desenvolvimento da Rede	27
3.5 - Diagrama de Precedência	32

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

CAP. IV - O MÉTODO DO CAMINHO CRÍTICO	40
4.1 - Estimativa de Tempo	40
4.2 - O Programa Básico	42

CAPITULO I

1. ADMINISTRAÇÃO DE PROJETOS

1.1 INTRODUÇÃO

A crescente complexidade e porte dos empreendimentos têm exigido, cada vez mais acentuadamente, a introdução de critérios científicos no processo de tomada de decisão.

Já na I Guerra Mundial, no contexto de aplicações logísticas, GANTT propôs o Gráfico de Barras, técnica utilizada para programação e controle de atividades.

Para nortear o processo de decisão num dado empreendimento, novas técnicas foram desenvolvidas nos Estados Unidos no período da II Guerra Mundial. Relacionadas a certos problemas da economia de guerra, principalmente problemas de abastecimento das forças armadas, procurava-se evitar os "pontos de estrangulamento". A decisão de aumentar a produção de tanques, aviões, etc, trazia consigo a necessidade de aumentar a produção de aço, de mobilizar um número apropriado de técnicos e operários qualificados, etc. Portanto, uma decisão levava a toda uma série de decisões subsequentes, e o não cumprimento de uma só delas impedia a realização da meta estabelecida.

Na década de 60, com o advento da corrida aero-espaçial, a complexidade e dimensão dos empreendimentos, envolvendo grandes investimentos e exigindo esforços de coordenação e controle, produz uma grande preocupação com gerenciamento de projetos. Criam-se, então, escritórios para administração de projetos com a finalidade de organização das pessoas envolvidas no trabalho e surgem técnicas em programação de projetos que servem de instrumento de administração de grande número de atividades não repetitivas e interdependentes, considerando custos e outros fatores e podendo envolver incertezas. As técnicas de programação até então desenvolvidas, tinham sua melhor adequação e maior utilidade em caso de produção padronizada ou de repetição de tarefas.

1.2. PROJETO

Projeto é um particular sistema de produção, organizado para a realização de determinado objetivo (bem ou serviço), consubstanciado na execução de atividades específicas e interrelacionadas, geralmente requerendo a contribuição de grupos multidisciplinares sob uma única direção. Outras definições de projeto podem ser vistas em [4], [8], [10], [13], [15], [16].

Projeto não é apenas o detalhamento do que se pretende realizar, mas inclui também a concepção do que se pretende e a sua realização.

Notamos, ainda, que projeto é um empreendimento que se concretiza num produto final, único e não repetitivo, seja um bem de consumo, um equipamento, um serviço, um sistema de informação ou uma instalação. O planejamento e controle da produção de uma empresa, por exemplo, tende a não se encaixar no conceito.

Observe-se, porém, que pode estar sujeito à aplicação das técnicas de caminho crítico a serem apresentadas no curso. Neste caso, tais técnicas prestam-se a análise detalhada e otimização do plano de operação.

Convém, ainda, salientar que "project" e "design", termos traduzidos indistintamente por projeto, têm significados diferentes: enquanto o primeiro se refere às idéias anteriores, o termo "design" está ligado a idéia de criação de um bem ou serviço. O design de um novo produto é uma atividade do projeto de desenvolvimento deste produto.

A "concepção de projeto" tem sido largamente empregada. Por exemplo,

em áreas industriais:

- expansão das instalações existentes
- implantação de novas instalações
- manutenções de grande porte
- fabricação de produtos sob encomenda
- implantação de novo processo de fabricação
- mudança do processo de fabricação

em outras áreas:

- pesquisa e desenvolvimento
- lançamento de um novo produto
- campanhas publicitárias
- implantação de computadores
- alocação e ou expansão de escritórios e outras instalações
- aquisição e fusão de uma companhia
- construção de obras civis
- montagem de eventos culturais
- campanha eleitoral
- reurbanização

Vamos emprestar dois exemplos reais de projetos dados por Prado [17].

- Modificação na linha de montagem do FIAT 147. Para que este carro fosse produzido com um novo câmbio, diversas máquinas foram substituídas na linha de montagem. Esta modificação tomou 30 dias, mas o projeto global consumiu 6 meses.
- Manutenção de um alto forno da USIMINAS. A parada de um forno para manutenção pode tomar 72 horas e implica em grande perda de produção, visto que tal equipamento produz uma corrida de aço a cada 30 minutos. Assim, sua manutenção é cuidadosamente planejada para que tenha a menor duração.

As empresas que mais comumente desenvolvem projetos são aquelas em expansão, ou firmas de engenharia, firmas de fornecimento de equipamentos e serviços sob encomenda, firmas de construção civil, firmas de montagem eletro-mecânica, ou qualquer firma empenhada no desenvolvimento e lançamento de um produto.

Os projetos variam de tamanho e complexidade. Em um extremo podemos citar o projeto de uma hidro-elétrica, envolvendo estudos geotécnicos, esforços em arquitetura, engenharia de estrutura, hidráulica, elétrica, estudos de remoção da população local, estudo de alocação dos trabalhadores enquanto e após a construção da usina, etc. No outro extremo, um projeto individual e pessoal de escrever um trabalho de final de curso.

1.3. A ADMINISTRAÇÃO DE PROJETOS

Administração é o processo que diz respeito à realização de metas ou objetivos. "Administração de projetos" é o ramo da administração que busca coordenar recursos e dirigir grupos unidisciplinares, de modo que os componentes de trabalho realizados por cada grupo se integrem em um esforço de equipe multidisciplinar, que alcance os objetivos desejados (ou realize o trabalho contratado), dentro de prazo e orçamento especificados" [15].

A administração de projetos envolve o planejamento, organização e controle dos recursos de um projeto estabelecido, visando a realização de metas e objetivos, sujeita a restrições de tempo, custo e performance ou qualidade do produto final.

Em geral, a Administração de Projetos pode ser aplicada a qualquer empreendimento. Se este tiver um caráter inovador, a necessidade de Administração de Projetos aumenta, assim como na ocorrência de muitas atividades complexas e interdependentes.

Uma razão importante para gerenciar tarefas, dentro de uma concepção de projetos, é superar a fragmentação de funções e especialidades da empresa. Não existe regra simples ou precisa que determine quando usar administração de projetos. Podemos, no entanto, considerar alguns critérios gerais, tais como:

quando o objetivo não é simples ou específico, sendo necessário um grande esforço para defini-lo;

quando o que se vai fazer é novo, vultoso e complexo.

A administração de projetos é uma atribuição complexa e de extrema importância, dado que envolve grandes riscos e sérias implicações para o futuro. Além da necessidade de coordenação das atividades que envolvem diversas unidades da empresa (setor de compras, de pessoal, áreas financeiras, de engenharia, etc.), com elementos externos a ela (fornecedores de equipamentos e materiais, contratantes de obras e instalações, consultores externos, etc.), há necessidade de apoio à operação das atividades, relativas à alocação de recursos quando necessários e acompanhamento do sistema de custo durante a execução do projeto.

1.4. ESTRUTURAS ORGANIZACIONAIS PARA ADMINISTRAÇÃO DE PROJETOS

Este não é o espaço adequado para detalhar genericamente a estruturação das organizações. Apresentaremos apenas

uma introdução ao tema, direcionando-o à gerência de projetos.

A organização formal de uma empresa expressa a divisão do trabalho, a especialização, a hierarquia dos níveis, e o fluxo de informações, buscando alcançar a máxima eficiência possível e satisfação dos interesses da organização. Compreende: a estrutura organizacional; a filosofia; as diretrizes, normas e regulamentos da organização; as rotinas e procedimentos; enfim, todos os aspectos que exprimem como esta organização pretende que sejam as relações entre órgãos, cargos e ocupantes a fim de que seus objetivos sejam atingidos e o seu equilíbrio interno seja mantido.

A estrutura organizacional é um meio de que se serve uma organização qualquer, para atingir eficientemente seus objetivos. Ela é a anatomia com a qual a organização é criada e operada, representando o arcabouço de responsabilidade, autoridade e comunicação de indivíduos em cada unidade organizacional, exprimindo suas funções e a relação de cada parte para com as demais e para com a organização toda.

A estrutura organizacional reflete a relação de subjugação entre as pessoas envolvidas na organização. É a forma que a administração utiliza para disciplinar o processo de divisão do trabalho.

O organograma é a representação gráfica da estrutura organizacional e pode ser plotado a partir do conhecimento dos critérios de departamentalização adotados, das relações de mando e subordinação definidas pelo conjunto de normas e dos títulos dos cargos existentes.

Um organograma retrata a estrutura organizacional num dado instante. Esta exprime o relacionamento entre pessoas que desenvolvem tarefas e tem, por sua vez, um caráter dinâmico, posto que a ocorrência de alterações no trabalho e surgimento de lideranças pode, com freqüência, implicar em mudança contínua na divisão de trabalho e delegação de autoridade e responsabilidade. (Para uma discussão mais aprofundada vide [9] e [14]).

Dessa forma a estrutura organizacional de um projeto refletirá a relação de subordinação e mando entre as pessoas envolvidas no projeto, apontando as responsabilidades pelas tarefas, dentro do projeto e o relacionamento entre os grupos de trabalho, definidos de acordo com algum critério, como veremos adiante.

A determinação da estrutura organizacional de um projeto depende das necessidades técnicas e funcionais do trabalho, do seu tamanho e complexidade e até mesmo da opção subjetiva do gerente de projetos por uma determinado tipo de estrutura.

Lembremos, contudo, que embora a organização do projeto seja específica e orientada para a tarefa, ela poderá estar existindo dentro de uma organização com outros objetivos, além da elaboração deste projeto. O esquema a ser escolhido, portanto, poderá também depender de critérios definidos pela própria empresa.

Os tipos formais de estrutura organizacional aplicados à administração de projetos são: organização funcional, organização por projetos e organização matricial. Um detalhamento destes esquemas é apresentado a seguir.

Estrutura Funcional

A organização funcional, ou hierárquica, é o tipo de estrutura organizacional que aplica o princípio funcional ou princípio da especialização das funções para cada tarefa. Consagrada por Taylor nos primórdios da "administração científica" [18], é baseada no raciocínio de que, com cada função especializada ao máximo, a organização toda, como soma de tais esforços especializados, seria mais eficiente. Assim, cada seção ou departamento teria autoridade para tomar decisões e exercer comando em sua função particular, onde quer que aquela função fosse executada.

O organograma representativo seria conforme mostrado na figura 1.1.

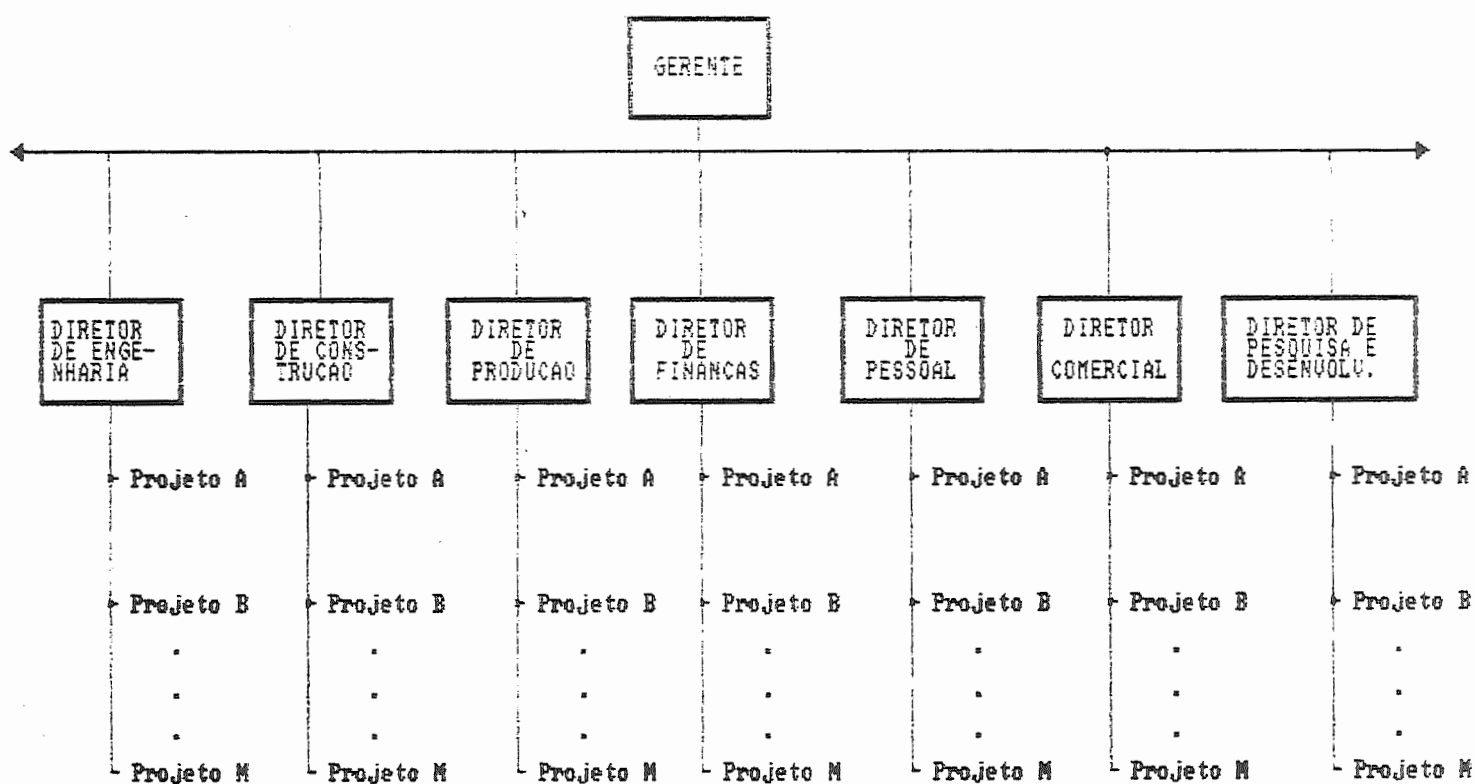


Figura 1.1. Organograma em uma estrutura funcional

Este tipo de organização revela aspectos negativos. As atividades de cada projeto podem ser preteridas por atividades rotineiras próprias dos departamentos funcionais, já que não existe um responsável pelo andamento do projeto. A visão global do projeto pode perder-se, já que nos departamentos funcionais a

preocupação é com uma parte específica do projeto. Não existe o agente integrador entre as ações dos diferentes departamentos que executam o trabalho. Além disso, as decisões sobre problemas departamentais tornam-se muitas vezes vagarosas, na medida que têm que ser tomadas no mais alto escalão da pirâmide hierárquica. Outro aspecto: falta flexibilidade aos departamentos funcionais, acostumados a atividades rotineiras repetitivas, para atender às constantes mudanças, típicas do trabalho num projeto.

Ainda assim, há determinadas vantagens. Ao término de uma tarefa para um determinado projeto, o mesmo pessoal pode ser designado para outro, caracterizando, portanto, flexibilidade na utilização de recursos. Além disso, o conhecimento e a experiência são transferidos de um projeto para outro, formando-se quadros altamente especializados na empresa. Destaca-se ainda a existência de uniformidade nas normas e procedimentos entre os projetos.

O ponto forte deste tipo de organização é a centralização de recursos similares, promovendo uma crescente melhoria no desempenho. Porém, as situações conflitantes geradas pela excessiva lentidão para a resolução dos problemas, além da falta de objetividade e visão integrada do projeto, fazem com que este tipo de estrutura seja pouco utilizado na administração de projetos.

Organização por Projetos

É uma maneira de se obter maior homogeneidade das funções dentro de um projeto. O agrupamento ou organização na base de projetos envolve a diferenciação e o agrupamento das atividades, de acordo com os resultados relativos a um ou vários projetos. Esta estratégia de organização adapta a estrutura da empresa aos projetos que ela se propõe a desenvolver. Através desse critério, unidades e grupos de empregados são destacados e concentrados durante longo intervalo de tempo em projetos específicos e os recursos necessários são alocados a cada projeto.

A organização por projetos requer uma estrutura organizacional flexível e mutável, capaz de adaptar-se rapidamente e sem conseqüências imprevistas às necessidades de cada projeto a ser desenvolvido durante um determinado período. Como o projeto é geralmente definido pelo cliente, de acordo com suas necessidades e especificações, e como requer uma determinada tecnologia, a adaptabilidade organizacional é fundamental. O agrupamento por projetos é uma estratégia que permite elevado grau de coordenação entre as partes envolvidas.

O organograma representativo desse tipo de estrutura seria do tipo apresentado na figura 1.2.

Este modelo de organização apresenta vantagens no que se refere a facilidade de comunicação, trazendo o objetivo a ser alcançado mais próximo dos executantes e, assim, facilitando o controle. Além disso, existe uma autoridade total para o projeto, que coordenará a enorme concentração de diferentes recursos, definindo pontos de início e término, com datas e prazos determinados.

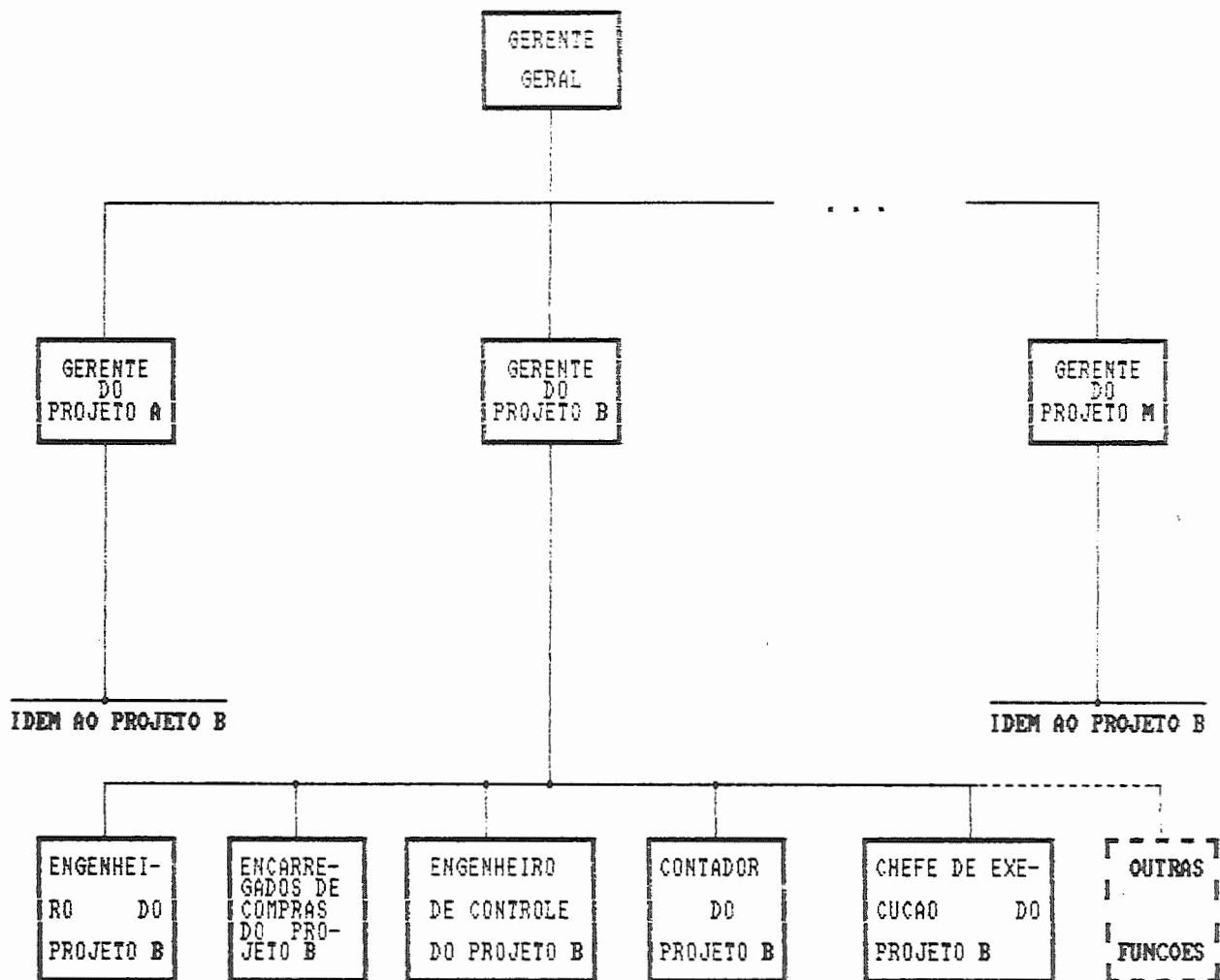


Figura 1.2. Organograma em uma estrutura por projetos

Chiavenato [5] considera que este tipo de organização é muito utilizado em empresas de grande porte, cuja produção envolve grande concentração de recursos e prolongado tempo para sua execução. Por exemplo, nos casos de estaleiros de navios, construção de edifícios civis ou industriais (fábricas e usinas hidrelétricas) que exigem tecnologia sofisticada, pessoal especializado e agregação de recursos diferentes ao longo do projeto.

Em empresas executantes de projetos, este tipo de organização apresenta certos inconvenientes [4]. Há uma duplicação de esforços e utilização menos eficiente de recursos, devido a própria demanda variável ao longo do projeto. Isto acarretaria ociosidade se a disponibilidade destes recursos fosse constante, ou provocaria nas pessoas forte dose de ansiedade e angústia pela imprevisibilidade do seu futuro na empresa. E ainda, não existe acúmulo de experiência adquirida nos vários projetos, já que a preocupação com o desenvolvimento técnico é específica a cada projeto.

Abordagem Matricial

O conflito entre agilidade organizacional e desenvolvimento tecnológico pode ser sanado pelo esquema proposto pela chamada estrutura matricial ou bi-dimensional.

Esta organização responde aos problemas colocados, nomeando um administrador de projetos para cada missão definida e emprestando de cada um dos departamentos funcionais o esforço necessário para completá-la. É a organização por "equipe-tarefa" ou "força-tarefa", constituída geralmente por uma equipe heterogênea de especialistas em diferentes áreas, que são deslocados de suas funções habituais para, em conjunto, dedicarem-se a uma tarefa específica a um projeto. Geralmente estas equipes se constituem para projetos, nos quais se determina com clareza o que, por que, quem, quando e quanto fazer. Atingidos os objetivos, os elementos das "forças-tarefas", devem retornar às suas atividades habituais, as quais devem ter capacidade para reabsorvê-los.

A organização matricial empenha-se em assegurar a atenção coordenada e precisa, requerida para tais projetos, e reter ao mesmo tempo os benefícios de peritos especializados e capacitações que apenas os departamentos funcionais podem proporcionar.

Um organograma representativo deste tipo de organização é dado na figura 1.3.

Enquanto um elemento de um departamento funcional está trabalhando no projeto, ele procura o administrador do projeto para obter orientação. Ele é tido "fora por empréstimo". Quando o projeto termina ou quando ele não é mais necessário, volta ao seu departamento de origem para assumir outros deveres.

A organização matricial apresenta algumas características benéficas para a administração de projetos. Com a eliminação de extensas cadeias hierárquicas, existe comunicação entre projetos e funções, sem necessidade obrigatória de passagem por níveis hierárquicos superiores. Este tipo de estrutura permite o acúmulo de experiência e alto grau de especialização, devido à pesquisa desenvolvida nos grupos funcionais; e eliminação de mão-de-obra ociosa, pois o elemento ou está prestando serviço aos projetos, ou está desempenhando atividades próprias do seu grupo funcional.

Contudo, uma organização matricial é delicada e complicada, pela possibilidade de ocorrência de conflito de autoridade: embora o administrador de projeto seja o chefe nominal, cada membro da sua equipe está em uma atribuição temporária e sujeito também ao seu chefe funcional. Além disso, os pedidos de serviços aos departamentos funcionais deverão ser alocados numa lista de prioridades, podendo ocorrer picos de trabalho e períodos de estagnação.

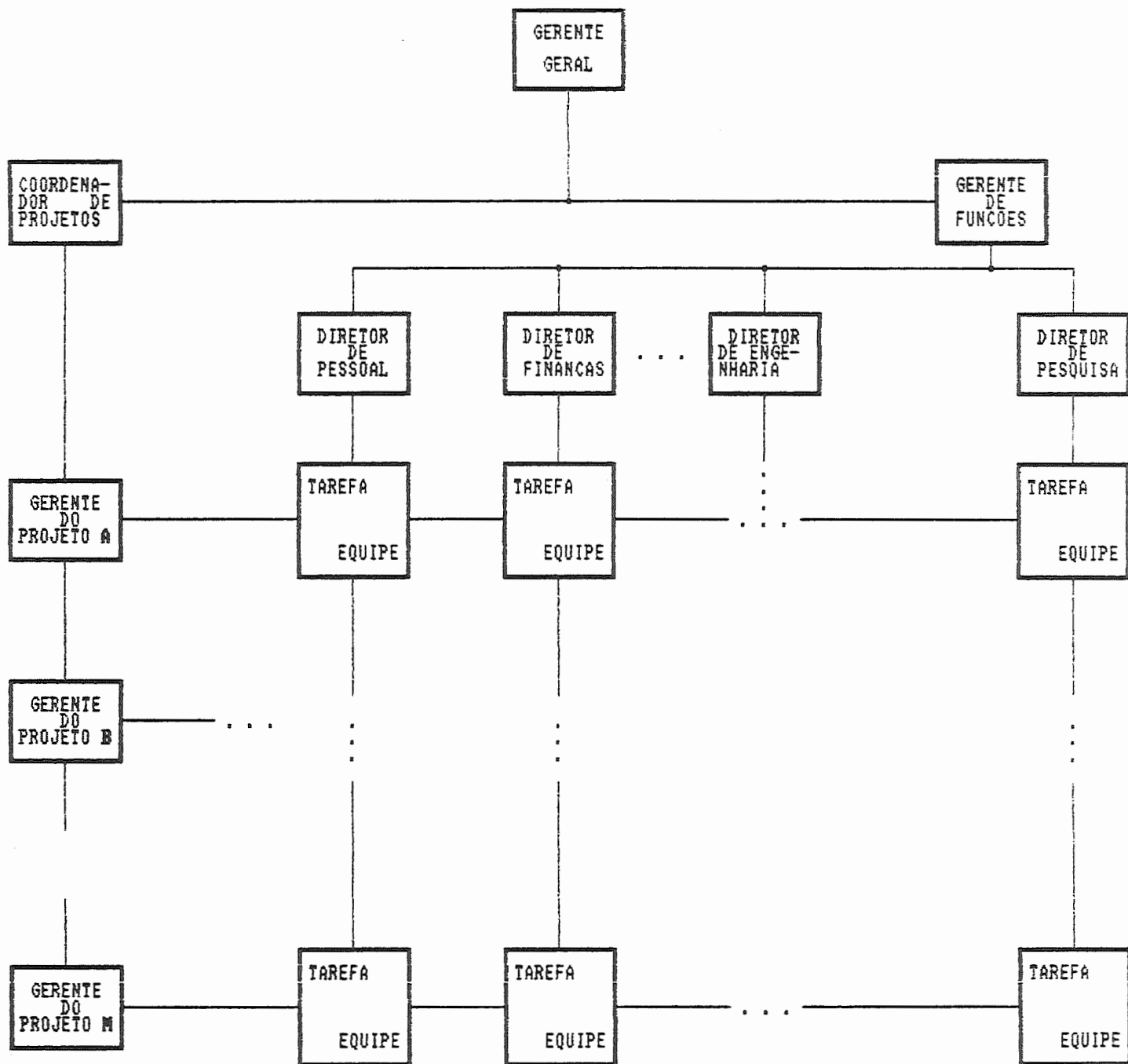


Figura 1.3. Organograma em uma estrutura matricial

1.5. UM EXEMPLO: (extraído de [14], pp. 108-109)

A produção de reatores para usinas nucleares pede uma engenharia especial, materiais e peças com resistência térmica superiores aos comumente fabricados, conhecimentos específicos sobre projetos de reatores, uma grande e especial operação de montagem e todo um conjunto de novas técnicas de inspeção. A produção é complicada pela grande incerteza em como conseguir margem de qualidade e segurança, pelo desejo de manter os custos suficientemente baixos a fim de permitir a competição da energia nuclear, com as energias derivadas do carvão e do óleo e pela pressão para completar estas unidades em tempo hábil para cobrir

crises nacionais de energia elétrica.

As empresa fabricantes de reatores nucleares possuem departamentos especializados em ciência, engenharia, compras, fabricação e inspeção, mas uma delas tem de vinte a cem pedidos diferentes de trabalho para executar a um só tempo. Além disso, os departamentos não têm respostas padronizadas para lidar com reatores nucleares, e não sabem quais decisões relacionadas com outros departamentos podem tomar, diante de um pedido específico. Muitas reuniões dentro e entre os departamentos tornam-se necessárias. Desacordos sobre o planejamento ou sobre a fabricação podem igualmente ocorrer. A produção foge ao cronograma e os custos aumentam. Para superar dificuldades típicas em qualquer área importante da empresa, são necessários alguns mecanismos para canalizar parte dos recursos da empresa para um projeto específico e assegurar comunicação aberta entre problemas inter-relacionados e pronta concordância sobre a ação a ser tomada.

O problema da organização é definir a melhor forma de se valer das capacidades existentes nos departamentos funcionais e, ao mesmo tempo, realizar um projeto adequado para o cliente.

O organograma da figura 1.4. representa uma organização para atender aos pedidos de fabricação de reator nuclear:

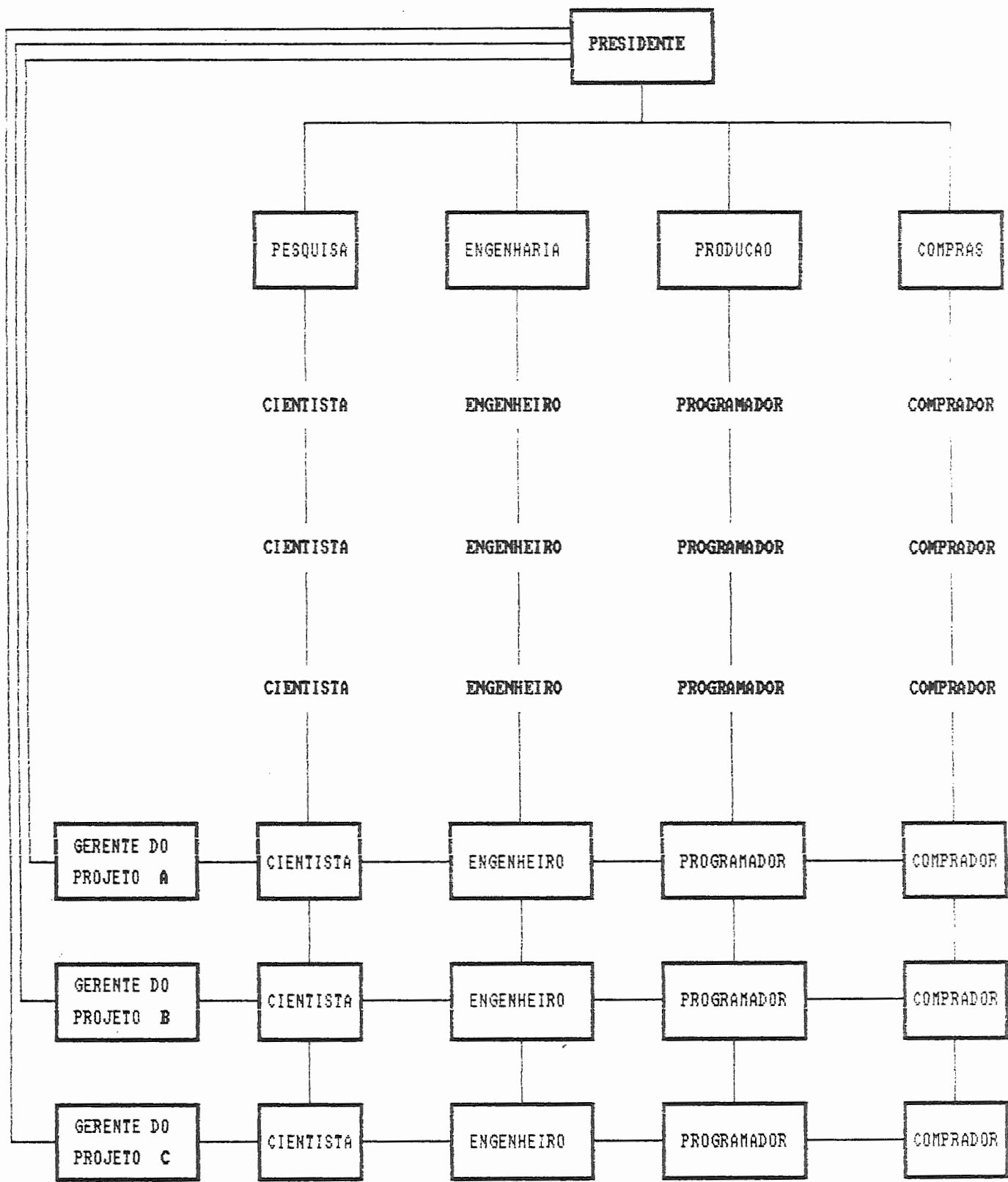


Figura 1.4. Organograma - EXEMPLO

BIBLIOGRAFIA

- [1] BOITEUX, C. D.. PERT/CPM/ROY e Outras Técnicas de Programação e Controle. Livros Técnicos e Científicos, Rio de Janeiro, 1985.
- [2] CARVALHO, A. L.. Gerência de Projetos Industriais, Nota PR-L-808 (P-813), Pub. Interna EAESP - FGV, São Paulo, 1981.
- [3] CARVALHO, H. M.. Introdução à Teoria do Planejamento, Brasiliense, São Paulo, 1976.
- [4] CATTINI Jr., D.. Uma Análise de Planejamento e Controle de Projetos Industriais no Brasil, Dissertação de Mestrado, FGV, 1982.
- [5] CHIAVENATO, I.. Introdução à Teoria Geral da Administração, McGraw-Hill do Brasil, São Paulo, 1983
- [6] CLELAND, D. I.; KING, W. R.. Systems Analysis and Project Management, McGraw-Hill Co., New York, 3rd. ed., 1983.
- [7] DAVIS, S.; LAWRENCE, P. R.. Matrix, Addison-Wesley, 1977.
- [8] Instituto Brasileiro de Petróleo. Apostila do Curso de Coordenação de Projetos Industriais, 1977.
- [9] JUCIUS, M. J.; SCHLENDER, W. E.. Administração (Elementos de Ação Administrativa), Atlas, São Paulo, 1973.
- [10] KERZNER, H.. Project Management: a Systems Approach to Planning, Scheduling and Controlling, Van Nostrand Reinhold Co., New York, 1977.
- [11] KRUPP, J. A. G.. "Project Plan Charting - An effective alternative". Production and Inventory Management, vol. 25, no.1, pp. 31-47, 1984.
- [12] LANGE, D.. Introdução à Econometria, Fundo de Cultura, Rio de Janeiro, 1967.
- [13] MODER, J. J.; PHILLIPS, C. R.; DAVIS, E. W.. Project Management With CPM, PERT and Precedence Diagramming, 3rd edition, Van Nostrand Reinhol Co., New York, 1983.
- [14] NEWMAN, W. H.; WARREN, E. K.. Administração Avançada: Comportamentos e Prática no Processo Administrativo, Atlas, SAo Paulo, 1980.
- [15] Northern California Chapter of The Management Institute. The State-of-the Art of Project Management, Project Management Institute, 1976-77.

- [16] OLIVEIRA Fo, J. D.. Tópicos de Administração de Projetos,
Pub. Interna EESC-USP, São Paulo, 1982.
- [17] PRADO, D.. Administração de Projetos com PERT/CPM. Livros
Técnicos e Científicos, Rio de Janeiro, 1984.
- [18] TAYLOR, F. W.. Princípios de Administração Científica,
Atlas, São Paulo, 1982.

2. PLANEJAMENTO DO PROJETO

2.1. Sistematização do Projeto

A composição do projeto se dá: (i) pelo planejamento de todos os detalhes técnicos e econômicos necessários ao empreendimento; (ii) pela avaliação de alternativas que indica a forma mais racional de evolução ao que se pretende alcançar; (iii) pelo controle das atividades intencionais, na busca de maior eficiência, consideradas as metas estabelecidas.

O projeto é, na sua essência, um instrumento de planejamento e controle de uma ação futura. Sua composição pode ser esquematizada na forma exposta na figura 2.1.

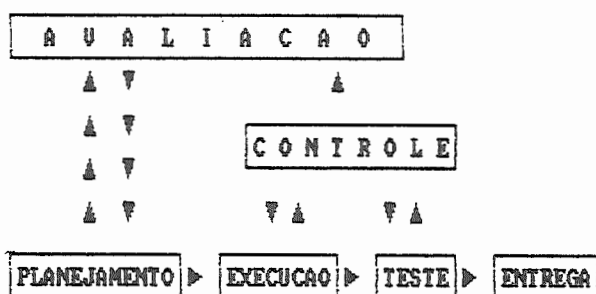


Figura 2.1. Composição do Projeto

Não existe uma delimitação nitida entre as diferentes partes do projeto, podendo haver, na realidade, uma superposição parcial entre elas, pela própria natureza de complementaridade existente.

Planejamento

O planejamento é o processo de concepção e definição do projeto. É a base da tomada de decisão e consiste na obtenção de respostas às seguintes questões: O QUE conseguir? COMO conseguir? QUANDO conseguir E QUANTO gastar?

A resposta à pergunta O QUE conseguir é obtida procedendo-se às etapas sucessivas: definição dos objetivos e especificações do projeto, e estudo de viabilidade da solução.

Responder à questão COMO conseguir implica em definir a forma de evolução da execução do projeto. Os passos normalmente seguidos são: definição das etapas de execução do projeto, definição dos grupos de trabalho, montagem dos diagramas de fluxo de trabalho.

A questão QUANDO conseguir conduz à composição do programa do projeto. Consiste em definição das durações das ati-

vidades, desenvolvimento do cronograma mestre, programação do projeto, desenvolvimento de cronogramas parciais, análises de viabilidade e pós-otimização.

Superadas as questões COMO E QUANDO realizar o projeto, define-se também o QUANTO DISPENDER no empreendimento. Para isto desdobra-se a estrutura de divisão do trabalho até um nível em que seja possível calcular custos e responsabilidades.

Concluído o planejamento, ele se traduz por um documento de execução chamado plano. Os planos são, por sua vez, constituídos de programas.

Avaliação

A avaliação é o processo de aplicação imediata dos resultados do planejamento e decorre da necessidade de escolha entre alternativas, estimando-se as vantagens e desvantagens em se destinar certos recursos. É um processo presente em todo o projeto, norteando a tomada de decisões para atender às necessidades, face à limitação de recursos e tendo que se definir prioridades de ação, segundo as metas estabelecidas.

O processo de avaliação em um projeto carece de definição de critérios de decisão e metodologia para aplicação destes. O estabelecimento de critérios para avaliação em um projeto é de suma importância e é balizado na política da empresa e nos objetivos do projeto. Ele está presente na definição dos objetivos, na escolha da solução do projeto, na determinação dos programas, na execução e controle, produzindo a realimentação do sistema, necessária a sua viabilidade e atualização, e, naturalmente, também se faz presente nos testes quando se compara o proposto com o resultado e se analisa a qualidade do produto.

A administração de projetos se preocupa com a análise do desempenho do projeto, no que diz respeito a programação de tempo e custo e estudo de viabilidade da execução em termos do que é solicitado e o que existe disponível. O processo de avaliação referente à viabilidade econômica e performance técnica (controle de qualidade) do produto não será tratado explicitamente neste texto.

Controle

Controle é o processo de acompanhamento de um projeto, o qual permite uma ação eficiente da gerência sobre a execução. Assim, pode-se garantir a concordância dos resultados reais com os resultados esperados e, de forma iterativa, modificar e atualizar os planos diante de ocorrências que alterem as condições estabelecidas no planejamento do projeto.

Para cumprir estas funções é necessária a criação de uma infraestrutura, que deverá estar pronta para ser acionada ao mesmo tempo que os procedimentos iniciais para execução do projeto.

Esta infraestrutura é composta por um sistema de informações de controle constituído por elementos, tais como: parâmetros para avaliação do desempenho do projeto, objetivos in-

termediários e pontos de controle (periodicidade).

O conjunto formado pelo processo de controle e infraestrutura constitui um sistema de controle de projetos.

Planejamento e controle de projetos são processos complementares: o controle utiliza o plano de projeto como referência, possibilitando o aperfeiçoamento do processo de planejamento, através de comparação das estimativas feitas com os resultados obtidos.

Esta realimentação é benéfica não só para a condução do projeto em andamento, mas também para o planejamento de projetos futuros. Isto será possível se houver um adequado procedimento de armazenagem e recuperação destas informações.

Execução e Teste

A implementação ou execução é a fase operacional do projeto, e poderá ser iniciada quando os requisitos básicos dos processos de planejamento e avaliação estiverem cumpridos e quando o sistema de controle estiver montado e testado.

Os testes sobre o projeto têm por objetivo verificar se o produto final obedece às especificações técnicas previstas. Referem-se ao controle da qualidade técnica do produto e podem ser realizados, também, durante o ciclo de vida do projeto, através de inspeção e/ou visitas do cliente ou usuário, demonstrações e reuniões técnicas.

2.2. Planejamento do Projeto

Como já vimos, o planejamento embasa a tomada de decisão e compõe-se de: estabelecimento de objetivos e especificações; definição da forma de evolução; composição do programa; previsão de custos. Ainda no planejamento é gerado o Sistema de Controle de Projeto.

A Definição dos Objetivos e Especificações

Todo projeto é orientado para a obtenção de resultados. A antevista desses resultados, representada pela definição de objetivos, será responsável pelo estabelecimento do referencial em torno do qual será desenvolvido o projeto e que servirá como padrão para o julgamento dos resultados reais. Em outras palavras, a definição dos objetivos é a própria especificação do projeto, e, assim sendo, deve proporcionar a base para a motivação humana (a noção de realização e cumprimento de atribuições) e a base para a sub-divisão do trabalho e delegação de responsabilidades.

Portanto, a definição dos objetivos tem uma importância crucial dentro de um projeto e para atender suas finalidades é preciso que eles sejam claros e direcionados para resultados. Desse modo, deverão ser quantificáveis, relevantes, realistas e consistentes. Objetivos como "aumentar a eficiência" ou "reduzir custos" pecam pela falta de clareza e pela indefinição

de resultados específicos e quantificáveis. Por outro lado, "reduzir custos" poderá ser incompatível com "aumentar as vendas" e ambos, se não definidos quantitativamente, possivelmente não serão realistas.

A definição dos objetivos de um projeto deve especificar não só os resultados que se espera atingir sob a forma de produto final, mas também as restrições ou limitações impostas ao estabelecimento e à execução do projeto. Por exemplo, em um projeto de construção civil, sob o ponto de vista da firma contratada, deveriam ser considerados na definição dos objetivos aspectos tais como:

- . as necessidades do proprietário em termos de número e tamanho das dependências, estilo da construção, aproveitamento da área do terreno, ...;
- . Os requisitos de margem de lucro da firma contratada;
- . as disponibilidades de mão-de-obra qualificada da contratada;
- . as limitações de custo da obra e a forma de pagamento imposta pelo proprietário;
- . as exigências legais da administração municipal;
- . os prazos estabelecidos pelo proprietário;
- . etc.

No estabelecimento de critérios para o sistema de controle é necessário definir-se quais variáveis serão programadas e controladas. É clássico na administração de projetos esperar-se bom desempenho quanto a: cumprimento de prazos, racionalidade no uso de recursos, obediência ao orçamento e qualidade técnica.

A Definição da Forma de Evolução

Concluído o estabelecimento dos objetivos, o processo de planejamento deve prosseguir com o detalhamento da maneira pela qual eles serão atingidos. Os passos normalmente seguidos são:

- . Definição das etapas de execução do projeto: a execução do projeto se desenvolve em etapas cronológicas de trabalho, que se caracterizam pelo agrupamento de funções afins. A decomposição dos projetos nestas "atividades" depende do nível de detalhe desejado.
- . Definição dos grupos de trabalho: a partir do conhecimento das atividades que o projeto deve envolver, determinam-se as equipes de trabalho responsáveis.
- . Montagem do Diagrama de Fluxo de Trabalho: trata-se da descrição gráfica, em forma de diagrama de blocos, das etapas de trabalho do projeto e do fluxo de informações entre os diferentes grupos de trabalho.

A Composição do Programa do Projeto

Os passos nesse sentido são: Determinar ou estimar a duração das atividades a partir dos requisitos de cada tarefa e do nível de recursos disponíveis.

- . Desenvolvimento do cronograma mestre: diagrama de barras que descreve de maneira sucinta o projeto inteiro, com a função de fornecer ao gerente do projeto uma visão global do mesmo.
- . Programação do projeto: definidas as atividades, seus responsáveis, necessidades de recursos e durações, determina-se o cronograma ótimo do projeto, isto é, as datas de realização das atividades que assegurem o cumprimento das metas no menor prazo e custo permissíveis.
- . Desenvolvimento de cronogramas parciais: com base na programação do projeto, monta-se diagramas de barras para retratar com detalhes a proposta de evolução de cada subsistema do projeto.
- . Efetuar análise de viabilidade e pós-otimização: dadas as restrições de tempo e disponibilidade de recursos, procede-se à análise do compromisso tempo x custo e à alocação de recursos.

2.3. Procedimentos de Programação do Projeto

É oportuno introduzir alguns procedimentos usados na programação do projeto, que também poderão servir para acompanhamento da execução do mesmo (controle). Antes, porém, vamos apresentar na tabela 2.1., um projeto hipotético, com descrição de atividades, sua precedência imediata e duração. Este "projeto" será usado para exemplificar a utilização dos procedimentos apresentados a seguir.

TABELA 2.1. - Um Projeto - exemplo

Atividade	Precedencia Imediata	Duracao (semanas)
A-1	-	4
A-2	A-1	4
A-3	A-2	1
B-1	-	4
B-2	B-1	3
C	B-1	3
D-1	-	2
D-2	D-1	3
D-3	C e D-2	8
E-1	B-2	4
E-2	A-3 e E-1, C e D-2	3

Gráfico de Gantt ou Cronograma de Barras

Este gráfico consiste de uma escala dividida em unidades de tempo (dias, semanas, etc.) marcada horizontalmente e uma lista de atividades do projeto indicadas verticalmente. Barras, linhas contínuas ou tracejadas e outros símbolos são usados para indicar a programação das atividades e a situação de progresso do projeto, quando usadas para controle.

As atividades são registradas segundo sua interdependência: algumas são sequenciais; outras têm partes simultâneas. O gráfico de Gantt correspondente ao projeto exposto na tabela 2.1. é mostrado na figura 2.2.

As vantagens apresentadas pelo Gráfico de Gantt é que a programação e o progresso do projeto podem ser retratados conjuntamente. Ele é particularmente efetivo para mostrar a situação de execução dos elementos do projeto e identificar aqueles que deverão ter prioridades no replanejamento. Por exemplo, na figura 2.2. a atividade A está adiantada em duas semanas em relação à programação feita, enquanto que a atividades B está atrasada.

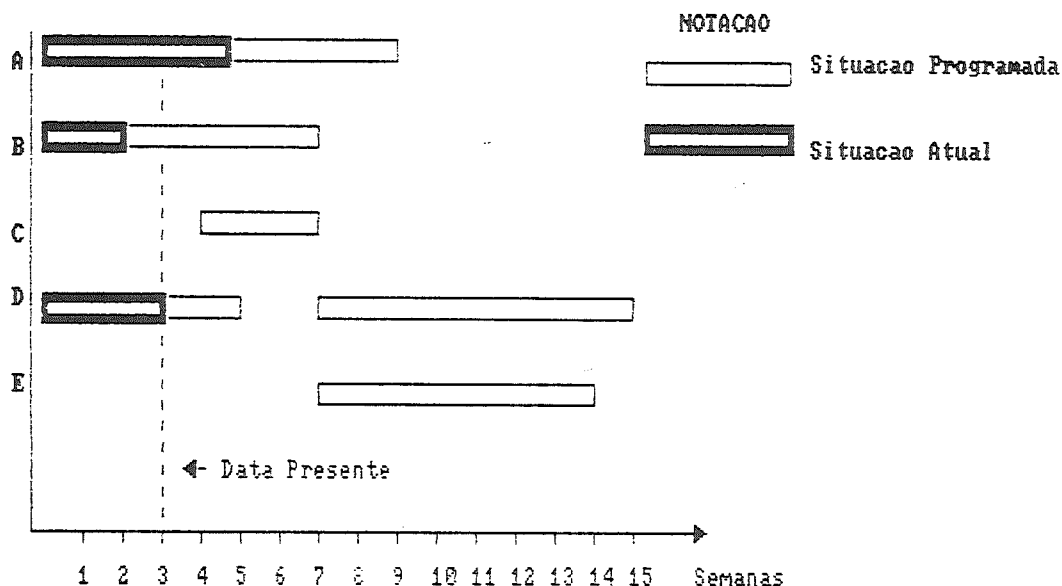


Figura 2.2. - Gráfico de Barras. Análise da situação: a atividade A está adiantada em duas semanas no controle feito na 3a. semana. A atividade B está atrasada em uma semana e a atividade D segue a programação feita.

Por outro lado, ele não mostra explicitamente a relação de dependência entre as atividades. Assim sendo, torna-se muito difícil indicar os efeitos no término do projeto, de atrasos e/ou adiantamentos em atividades individuais.

Outra restrição à sua aplicação generalizada é que se trata essencialmente de um procedimento gráfico-manual. Torna-se, portanto, desconfortável mantê-lo atualizado, ou mesmo montá-lo, no caso de grandes projetos.

É um procedimento útil no controle sobre a execução, por ser um meio de comunicação fácil entre a gerência e os executantes do projeto. Além disso, permite uma visão global do projeto, se considerados apenas alguns pontos importantes e não for necessário entrar em detalhes sobre as ocorrências na execução.

Em função destas características, os diagramas de barras são utilizados com maior ênfase como instrumentos auxiliares no planejamento e controle do projeto.

Rede de Projeto

É a representação do projeto através de um elemento matemático, composto de nós (círculos) e arcos (linhas ou arestas), a partir da qual se procede à programação do mesmo.

A figura 2.3. apresenta a rede de projeto (pelo método americano ou rede de eventos) associada ao projeto da tabela 2.1. Os arcos denotam as atividades e podem ser acompanhados de informações relativas à duração, requisito de mão-de-obra e/ou recursos necessários à sua execução. Cada atividade tem o seu início e fim representados por um único par de nós, chamados eventos. Eventos representam um instante no tempo e sua ocorrência significa o término de todas as atividades a ele associadas através dos arcos que para ele convergem. A ocorrência de um evento é condição necessária para que possa ser iniciada qualquer atividade que tenha seu início representado por um arco que dele emerge. Por exemplo, o início da atividade E-2 está condicionado à ocorrência do evento 8; portanto, do término das atividades C e D-2 (evento 6) e A-3 e E-1 (evento 8).

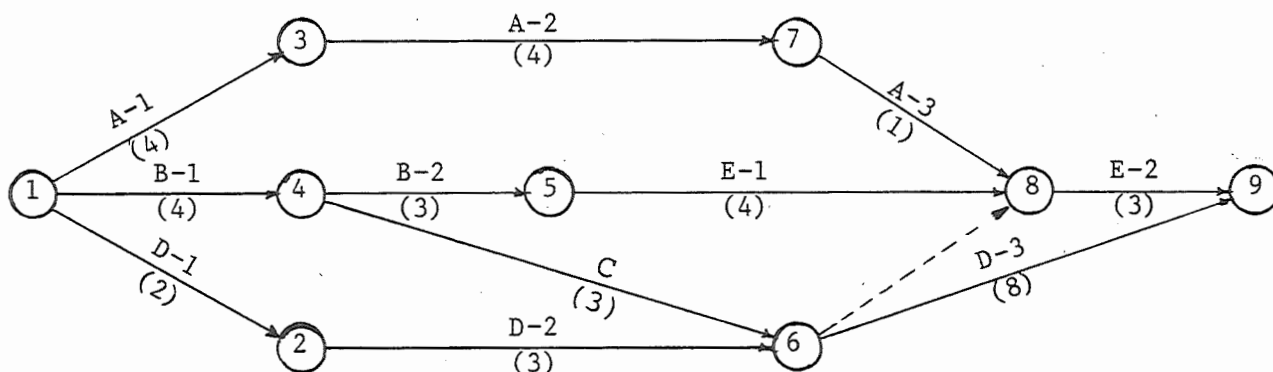


Figura 2.3. - rede do projeto (atividades em arcos).

Observa-se que a rede de projeto leva em conta a interdependência entre as diferentes atividades do projeto, considerando condições de precedência lógica (ou técnica) e estratégia (política).

As linhas tracejadas, representam atividades que não requerem tempo e recursos. São chamadas fantasmas ou fictícias e são usadas para expressar claramente uma relação de precedência ou evitar que duas atividades do projeto sejam representadas pelos mesmos eventos inicial e final. Mais detalhes e exemplos serão vistos no próximo capítulo.

Outra forma que pode ser dada à rede de projeto são os diagramas de precedência. São duas das redes de eventos: as atividades são representadas por nós e as relações de precedência através de linhas. Adiante veremos com mais detalhes este tipo de representação.

Rede com Escala de Tempo

Vemos que a rede com duração das atividades apontadas nas arestas não oferece uma visão do impacto das estimativas de tempo na duração total do projeto. Uma maneira de dar uma visão mais completa e global através de rede é representar atividades por meio de linhas em escala, segundo a duração. Trata-se da rede com escala de tempo, uma composição dos procedimentos anteriores.

A rede com escala de tempo do projeto da tabela 2.1. é mostrada na figura 2.4.

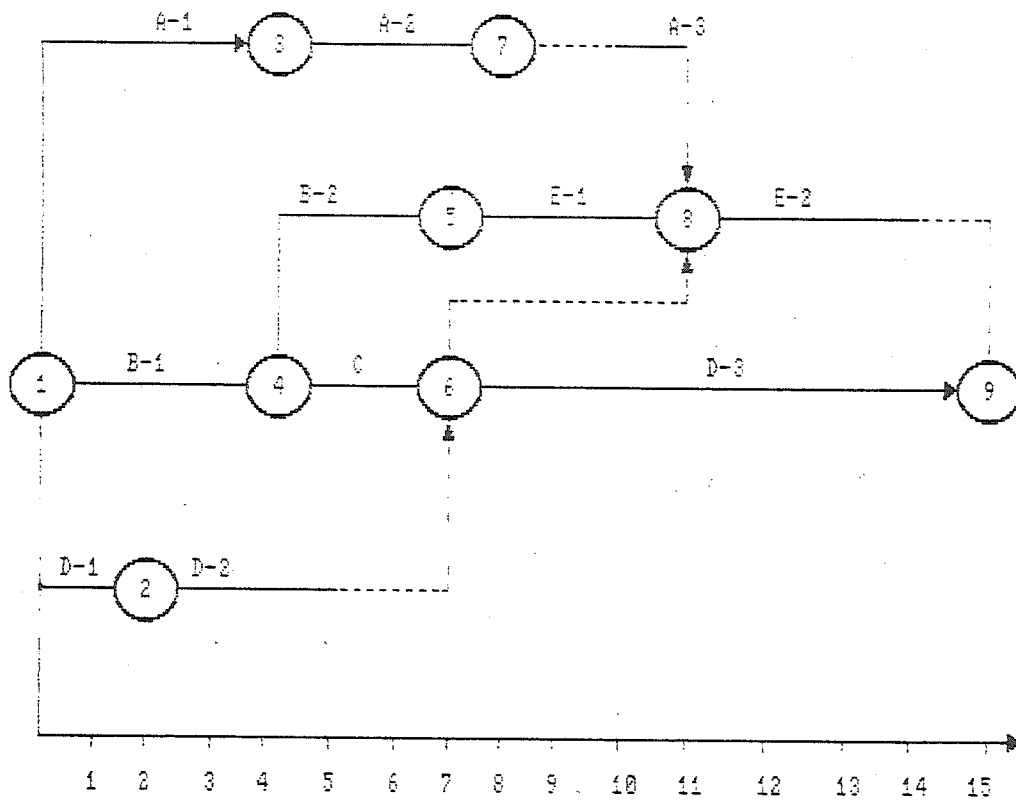


Figura 2.4. - rede com escala de tempo.

O caminho crítico (representando a menor duração do projeto) é visualizado diretamente, sem cálculo anterior. É o caminho desde o evento inicial até o evento final composto por atividades representadas por linhas sem qualquer seção tracejada, a não ser que faça parte dele alguma atividade artificial representada por linha totalmente tracejada.

A desvantagem do uso de rede com escala de tempo é que, a mudança na programação de uma atividade, pode levar ao deslocamento de um grande número de atividades que a sucedem, incorrendo em considerável tempo e trabalho para revisá-la.

BIBLIOGRAFIA

- [1] CLELAND, D. I.; KING, W. R.. Systems Analysis and Project Management, McGraw-Hill Co., New York, 3rd. ed., 1983.
- [2] CNPq - INPE. Engenharia de Sistemas - Planejamento e Controle de Projetos, Vozes, Petrópolis, 1972.
- [3] KERZNER, H.. Project Management: a Systems Approach to Planning, Scheduling and Controlling, Van Nostrand Reinhold Co., New York, 1977
- [4] MODER, J. J.; PHILLIPS, C. R.; DAVIS, E. W.. Project Management With CPM, PERT and Precedence Diagramming, 3rd edition, Van Nostrand Reinhold Co., New York, 1983.
- [5] OLIVEIRA Fo., J. D.. Tópicos de Administração de Projetos, Pub. Interna EESC - USP, São Paulo, 1982.

3. TECNICAS DE CAMINHO CRITICO

3.1. Introdução

Até a metade da década de 50 não havia procedimentos formais com aceitação geral no auxílio à administração de projetos, o que levava os gerentes a terem seus próprios esquemas, quase sempre baseados no uso de gráficos de barras. A inadequação dos gráficos de barras - apropriados à administração da produção, mas não às complexas interrelações presentes na administração de projetos - associada à emergência da teoria geral de sistemas e da segunda geração de grandes computadores digitais, bem como a existência de projetos de grande porte, levaram ao desenvolvimento de metodologias de administração de projetos baseadas em rede, às técnicas ou métodos de caminho crítico.

Os dois mais conhecidos desenvolvimentos para programação de projetos baseados em redes aconteceram nos EUA e foram denominados PERT e CPM.

O PERT (Program Evaluation Review Technique) foi elaborado por iniciativa da Marinha em 1958, diante da necessidade de conduzir a produção do sistema do míssil Polaris. A característica mais forte do PERT é o uso de teoria de probabilidades para tomar decisões sobre as datas das atividades.

O CPM (Critical Path Method) é resultado do esforço conjunto da DuPont Company e Remington Rand Univac, tendo sido concluído em 1959. Ao contrário do PERT, o CPM define as durações das atividades de modo determinístico. Sua principal característica é a capacidade de obter o programa de um projeto que minimize seu custo total.

Um histórico detalhado do surgimento dos métodos de caminho crítico pode ser visto em [4], pp. 10-14.

A priori, as técnicas de caminho crítico concentram-se em programar as atividades do projeto em um prazo aceitável considerando a mão-de-obra e outros recursos requeridos para executá-las e, em menor medida, preocupam-se com o parâmetro custo.

Tais técnicas conjugam um registro gráfico das relações de dependências entre os elementos (atividades) de um projeto em uma rede com um procedimento aritmético que identifica a importância relativa de cada elemento na programação do projeto.

3.2. A Metodologia

A metodologia de administração de projetos baseada em redes é um processo dinâmico de planejamento e controle, conforme resumido através dos passos seguintes:

0. Definição das especificações iniciais do projeto.

1. Diagramação da rede com base no plano de trabalho e restrições tecnológicas.
2. Estimativa de duração e recursos requeridos por cada atividade.
3. Determinação da programação básica.
4. Resolução das restrições de recursos e tempo
 - 4.1. Análise tempo-custo.
 - 4.2. Alocação de recursos.

Se as restrições não são satisfeitas vai para (7).

5. Proposição do plano para execução.
6. Verificação do plano corrente. Se for satisfatório, providencia-se relatórios periódicos de acompanhamento do projeto, repetindo esta verificação e a emissão de relatórios até a conclusão do projeto (FIM). Caso contrário vai para (7).
7. Replanejamento da programação (modificações de duração, custo, restrições de recursos ou performance do produto). Volta para (1).

Cada um desses passos é comentado a seguir.

Passo 1 - Diagramação da Rede

As atividades que compõe o projeto são definidas e as dependências tecnológicas entre elas são explicitadas através de uma rede. Nas seções 3.4 e 3.5 são apresentados dois métodos alternativos de confecção da rede: o diagrama de eventos e o diagrama de precedência. Este é o passo mais importante em um procedimento baseado em rede. O desenvolvimento desta propicia a simulação de alternativas para a condução do projeto; é o momento em que é "permitido" errar e "divagar", pois ainda se está no papel. Maus resultados obtidos através de métodos de caminho crítico devem-se usualmente a falhas na preparação da rede.

A diagramação da rede não depende da estimativa de duração e recursos (passo (2)), mas só da definição das atividades e de suas interrelações.

Passo 2 - Estimativa de Duração e Recursos

São feitas estimativas do tempo consumido para efetuar cada atividade, considerando a mão-de-obra e demais recursos requeridos e disponíveis, bem como outros fatores constantes das especificações do projeto.

Passo 3 - Determinação do Programa Básico

A determinação do programa básico resulta na definição do caminho crítico da rede, das datas-limite cedo e tarde para iniciar e terminar cada atividade e do tempo de folga associado com as atividades fora do caminho crítico.

Passo 4 - Resolução das Restrições de Recursos e Tempo

4.1. Análise tempo-custo

Se a duração do projeto determinada no passo (3) é satisfatória, passa-se à resolução do problema de alocação de recursos (4.2). No entanto, o compromisso tempo-custo na performance das atividades deve ser considerado para as atividades críticas ou quase, caso se queira calcular o custo de se reduzir a duração total do projeto.

4.2. Alocação de recursos

A viabilidade da programação das atividades em relação à disponibilidade ou necessidade de recursos deve ser verificada, já que provavelmente isto não foi considerado explicitamente no passo (3). Busca-se explorar as folgas das atividades fora do caminho crítico, para obter um programa de realização das atividades que satisfaça as restrições com respeito à quantidade de recursos disponíveis, como função do tempo.

Uma iteração entre os passos (3) e (4) é necessária para a viabilização de um determinado programa. Pode ser ainda exigido um replanejamento do projeto, conforme o passo (7).

Passo 5 - Proposição do Plano para Execução

Com base nos resultados anteriores, é formulado o plano final para execução do projeto, instrumento de planejamento e controle do mesmo.

Passo 6 - Verificação do Plano Corrente

Este passo corresponde ao controle do projeto, o qual é feito comparando o progresso com o programa, e analisando os efeitos de atrasos.

Passo 7 - Replanejamento do Projeto

Caso seja necessário, procede-se às mudanças, podendo abranger alocação de recursos, prazos, custos, montagem da rede.

3.3. Usos e Vantagens dos Métodos de Caminho Crítico

Desde seu desenvolvimento, a aplicação de métodos de caminho crítico tem sido bem sucedida em programas de pesquisa e desenvolvimento, construção pesada, instalação e manutenção de equipamentos, planejamento da produção, introdução de novos produtos ou serviços ou troca para novos modelos, desenvolvimento de sistemas de informação para gerência, e até produção cinematográfica e condução de campanhas políticas. De acordo com a definição apresentada no capítulo 1, todos estes empreendimentos são classificados como projetos.

Em particular, o CPM tem sido mais intensamente aplicado em projetos relacionados ao setor de construção, e tem apresentado os melhores resultados em processos de manutenção industrial. Aplicações recentes têm sido feitas no desenvolvimento e lançamento de novos produtos.

O PERT é apropriado para aplicações em pesquisa e desenvolvimento em geral, sendo especialmente indicado para pesquisa aplicada e inadequado para pesquisa pura, onde tende a restringir a imaginação.

Algumas vantagens características do uso dos métodos de caminho crítico, como instrumentos para a administração de projetos, são apontadas a seguir:

- no planejamento - métodos de caminho crítico consistem em um instrumento realista e sistemático para determinar como atingir os objetivos de um projeto. Sua utilização reduz a possibilidade de desconsiderar tarefas necessárias à realização do projeto, e permite um planejamento detalhado e de mais longo prazo do mesmo, bem como sua coordenação a nível de gerência.
- no controle - métodos de caminho crítico facilitam a aplicação do princípio da administração por exceção, identificando os elementos mais críticos no plano e concentrando a atenção do gerente em uma porção menor das atividades que sofrem restrições mais fortes no programa. Permitem acompanhar o andamento do projeto e visualizar os efeitos de mudança no programa.
- na comunicação - métodos de caminho crítico são um modo claro e conciso de documentação e comunicação de planos de projetos.
- no treinamento - métodos de caminho crítico são eficientes no treinamento de novos administradores de projetos.

3.4. Desenvolvimento da Rede

Na aplicação dos métodos de caminho crítico, a etapa que requer maior esforço e dispende mais tempo é a preparação da rede, que deve se seguir à identificação de todas as atividades envolvidas no projeto (lista de atividades).

A exatidão de uma rede depende principalmente do conhecimento profundo do projeto, da capacidade de discernimento e da habilidade do pessoal de planejamento. Em particular, a habilidade no uso das técnicas de rede pode ser adquirida com algumas poucas aplicações.

O diagrama de eventos é o esquema mais comum - não necessariamente o melhor - de confecção da rede. O presente capítulo e os dois seguintes são nele baseados. Outro esquema, é o diagrama de precedência.

Elementos de uma Rede de Eventos

Uma rede é composta de atividades e eventos. Atividade é uma porção do projeto que consome tempo ou recurso e tem início e fim definidos. Evento é um ponto instantâneo que marca o início e/ou o fim de uma ou mais atividades.

No diagrama de eventos a rede corresponde a um grafo - elemento matemático composto de nós e arcos - onde as atividades são representadas pelos arcos, usualmente com sua descrição e duração estimada ao longo do mesmo (figura 3.1.), e os eventos são representados pelos nós, geralmente numerados (figura 3.2.).

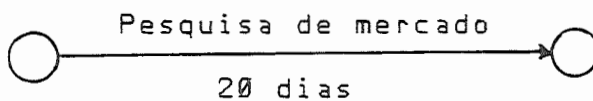


Figura 3.1.



Figura 3.2.

Regras para Construção de uma Rede

A construção de uma rede deve ser baseada na dependência lógica ou técnica entre as atividades. A aplicação da lógica estrita tende a resultar em uma única rede para um conjunto de atividades, isto é, a rede que representa a verdadeira dependência técnica do projeto. Um erro comum a este respeito é introduzir atividades na rede com base em um sentido de tempo, ou partir de um "sentimento" para estabelecer um encadeamento apropriado das atividades, produzindo uma rede subjetiva, em ambos os casos. Redes subjetivas têm, geralmente, suas falhas detectadas ao longo do acompanhamento do projeto, perdendo credibilidade com os usuários e devendo ser abandonadas.

Há quatro regras para montagem da rede em um diagrama de eventos. A primeira é básica e as demais referem-se ao uso de programas computacionais. São elas:

Regra 1 - Antes que uma atividade se inicie é necessário que as atividades precedentes estejam terminadas.

Regra 2 - A cada evento deve corresponder um número diferente.

Regra 3 - Dois eventos quaisquer não podem ser conectados por mais de uma atividade.

Regra 4 - Toda rede deve ter apenas um evento inicial (sem predecessor) e um evento terminal ou final (sem sucessor).

Uma observação a ser destacada é que o comprimento ou ângulo de um arco não tem significado físico. Sua disposição obedece apenas à precedência lógica.

Na montagem da rede o erro mais comum é ferir a regra 1. Para ilustrar: sejam cinco atividades A, B, C, D e E, com D e E só podendo começar quando A, B e C estiverem terminadas, como mostra o diagrama da figura 3.3.-a. Se, em uma nova lei de precedência, a atividade D passar a depender apenas de A, é preciso introduzir uma atividade fictícia, artificial ou fantasma (dummy activity, em inglês) para indicar que E depende ainda de A, B e C e que D é precedida apenas por A (fig. 3.3.-b). A atividade fictícia é representada por um arco tracejado e seu tempo de duração é zero.

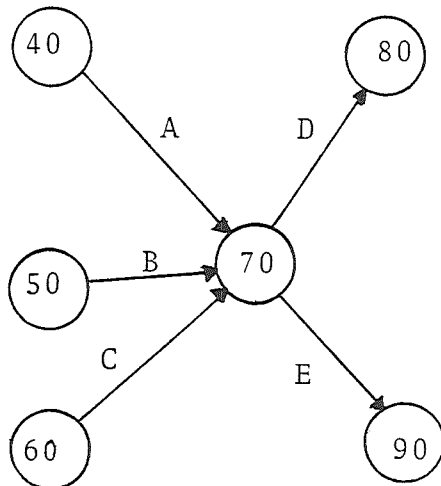


Figura 3.3.-a

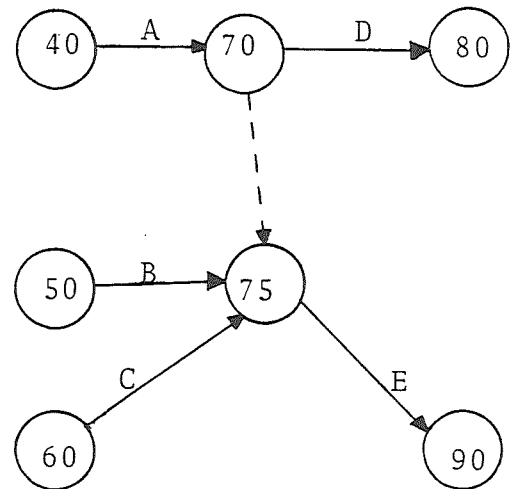


Figura 3.3.-b

Outra situação que deve ser evitada é a presença de ciclos na rede, que indicam uma lógica imperfeita na interdependência das atividades. Por exemplo, na figura 3.4. a atividade G depende de D e E estarem terminadas, e esta última depende de F, que depende de G; logo, G depende de si mesma.

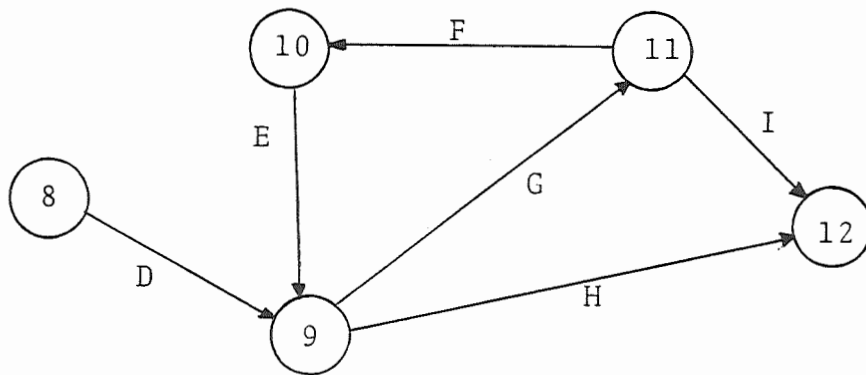


Figura 3.4.

Para ilustrar a razão da existência da regra 2, vamos considerar o diagrama da figura 3.5.-a. Um programa computacional interpretaria esta seqüência como um ciclo (figura 3.5.-b). Em alguns programas computacionais, além de assegurar que os eventos sejam numerados sem repetição, é exigido que o número de cada evento seja maior que os números dos eventos predecessores.



Figura 3.5.-a

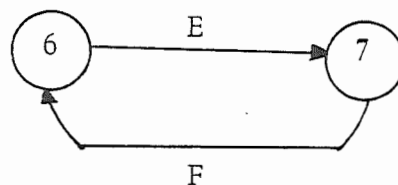


Figura 3.5.-b

Por sua vez, se ocorre a situação exposta na figura 3.6.-a, a regra 3 é violada e um programa computacional (que geralmente usa pares de eventos para identificar as atividades) não será capaz de distinguir as atividades E e F, que serão identificadas pelo programa como atividades (70,80). Uma maneira de evitar este problema é combinar estas atividades, representando-as por um só arco com a duração da mais demorada (figura 3.6.-b), o que pode acarretar uma indesejável perda de detalhe na rede. A forma mais simples de contornar a situação é introduzir uma atividade fictícia em série com E ou F, como na figura 3.6.-c, onde o programa passa a identificar E como (70,80), F como (75,80) e a atividade fantasma como (70,75), ou seja, como atividades diferentes.

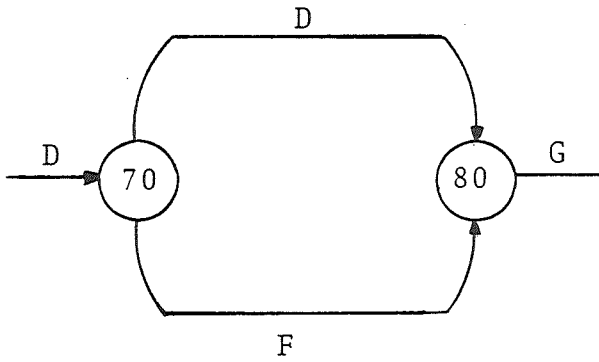


Figura 3.6.-a

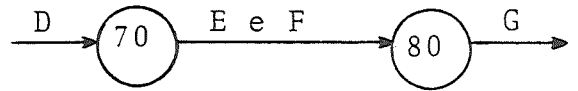


Figura 3.6.-b

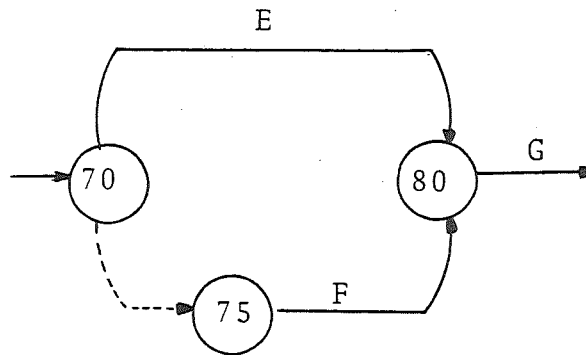


Figura 3.6.-c

Por fim, a exigência da regra 4, também de natureza computacional, é ilustrada na figura 3.7.: apenas o evento 1 assinala o início do projeto e apenas o evento 9 assinala o seu término.

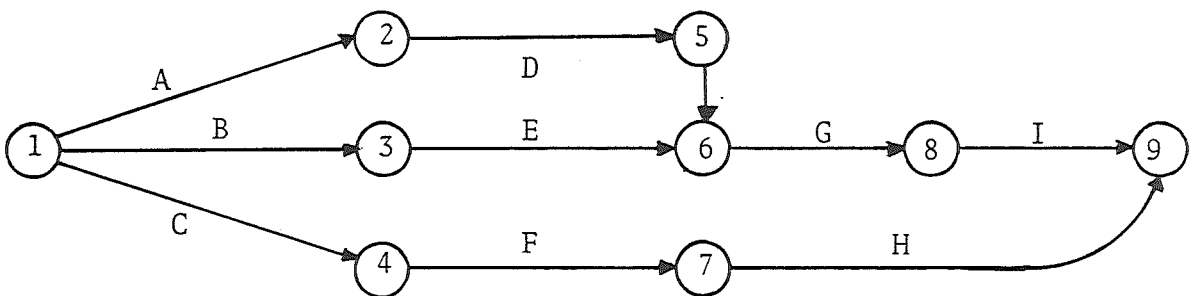


Figura 3.7.

Uso Eficiente de Atividades Fictícias

A introdução de atividades fictícias além de carregar mais a rede, aumenta o esforço na programação e, logo, o seu

custo computacional. Assim, o uso de atividades fictícias desnecessárias deve ser evitado

Por outro lado, em algumas situações pode ser necessário introduzir atividades para destacar um determinado evento que se constitua em um ponto importante para quantificação do progresso no projeto. Associada a este ponto há uma data programada, que deve ser marcada na rede como na figura 3.8.-a. Porém, esta marcação é ambígua, não deixando claro se a data programada

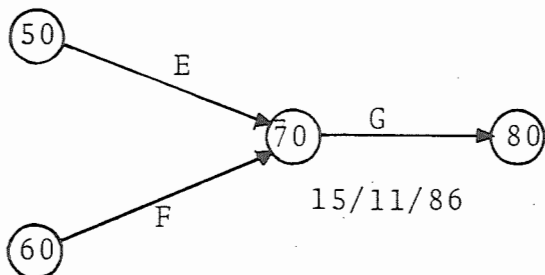


Figura 3.8.-a

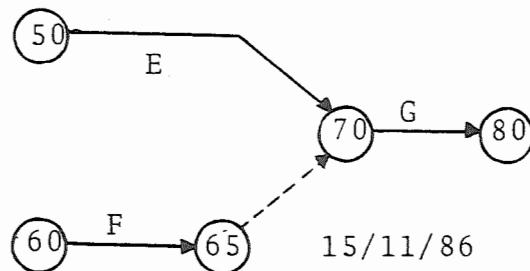


Figura 3.8.-b

refere-se ao término da atividade E, da atividade F, das atividades E e F ou ao início da atividade G. É desejável eliminar a ambiguidade introduzindo atividades fictícias, como na figura 3.8.-b, onde a data refere-se ao término da atividade F.

3.5. Diagrama de Precedência

Neste capítulo foi utilizado para a confecção da rede, o diagrama de eventos, que foi introduzido na publicação original do CPM (método do caminho crítico). Desde então o diagrama de eventos tem sido o meio mais usual de se desenhar redes. A maioria dos programas computacionais toma uma atividade como um par de eventos predecessor-sucessor, como é caracterizado no diagrama de eventos.

Há outros esquemas de confecção da rede e o diagrama de eventos não é o mais eficiente, pelo menos quando se avalia a eficiência pelo número de símbolos necessários para registrar um conjunto de atividades em uma rede. Geralmente é interessante padronizar o uso de apenas um esquema.

Uma outra alternativa é o diagrama de precedência. Para exemplificar sua aplicação, seja a rede inicial de um projeto considerado na figura 3.9.-a. Vamos assumir que, ao rever esta rede inicial, o gerente veja meios de encurtar a duração total de 44 semanas, que não lhe é satisfatória.

A decomposição de algumas atividades em partes permite a realização de serviços em paralelo. Esta lógica é mostrada na figura 3.9.-b, resultando em uma redução da duração total estimada para o projeto para 37 semanas. A figura 3.9.-c apresenta a rede convertida para um esquema de representação nos nós.

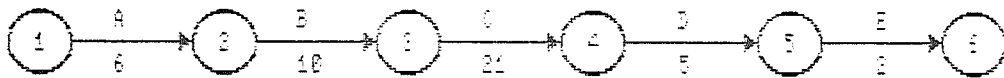


Figura 3.9.-a - Rede inicial. Duração total: 44 semanas

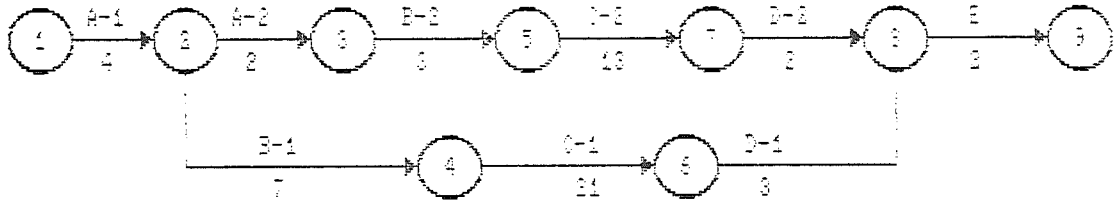


Figura 3.9.-b - Rede revisada. Duração total: 37 semanas

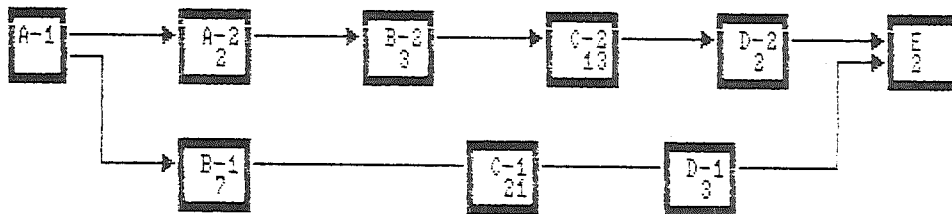


Figura 3.9.-c - Rede revisada. Esquema com atividades nos nós. Duração total: 37 semanas.

Porém, vamos assumir que um estudo posterior conclua que a decomposição e o encadeamento das atividades ainda não estão propostos de modo mais eficiente. Por exemplo, o início de B-1 não precisa aguardar que A-1 seja totalmente realizada, mas apenas esperar o trabalho da 1a. semana. Por outro lado, C-2 pode começar duas semanas após B-2 ter sido iniciada. Estes fatos podem afetar a programação total do projeto e forçar uma nova revisão da rede, visando chegar a uma lógica mais detalhada.

Para representar interrelações do tipo mostrado no exemplo acima, são definidas relações de precedência, que são ilustradas na figura 3.10.



Figura 3.10.-a - Interrelação fim-início

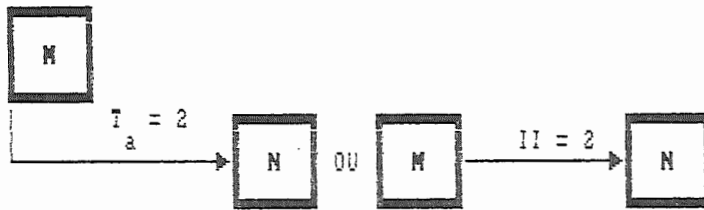


Figura 3.10.-b - Interrelação início-início

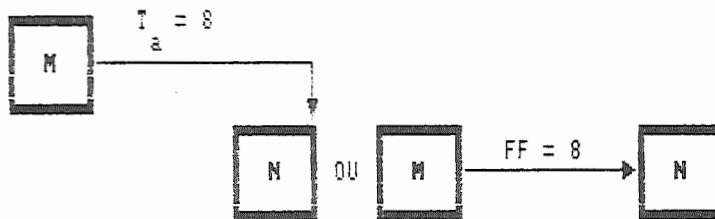


Figura 3.10.-c - Interrelação fim-fim



Figura 3.10.-d - Interrelação início-fim.

A primeira interrelação é a única presente no diagrama de eventos. No exemplo da figura 3.10.-a o início da atividade N deve atrasar 4 dias do fim da atividade M. É possível usar um tempo de atraso T_a negativo para indicar que N deve ser iniciada antes da atividade M ser terminada, porém, o mesmo resultado pode ser obtido usando o próximo tipo de interrelação.

A segunda interrelação, início- início, é muito usual. O exemplo da figura 3.10.-b indica que o início da atividade N deve atrasar 2 dias em relação ao início da atividade M.

A terceira interrelação, fim-fim, é também frequentemente usada. Por exemplo, a figura 10-c mostra que o fim da atividade N deve atrasar 8 dias do fim da atividade M.

A quarta interrelação, início-fim, não é de uso frequente. Vamos supor duas atividades M e N onde os últimos 17

dias de N dependem do resultado que venha a ser obtido nos primeiros 10 dias de M. Então, o fim de N deve atrasar $10 + 17 = 27$ dias do início de M. Tal exemplo é ilustrado na figura 3.10.-d.

O diagrama de precedência é uma rede com atividades nos nós, incorporadas às relações de precedência expostas. Por exemplo, usando estas relações na revisão da rede da figura 3.9.-c, o gerente é capaz de mostrar o encadeamento das atividades de um modo mais acurado, como mostrado na figura 3.11. De fato, há um nó a menos que na figura 3.9.-c, e pode ser mostrado que a duração total do projeto foi reduzida para 33 semanas.

É evidente que em algumas situações o diagrama de precedência pode ser mais eficiente que o esquema de eventos ou de atividades nos nós. Administradores de projetos podem também gostar do fato de que certas atividades-chaves não têm de ser divididas em dois ou mais nós separados, pois o entendimento é fácil e a confusão da divisão evitada. Porém, o método também introduz alguma complexidade na existência de arcos de conexão com várias definições diferentes, e no cálculo do tempo de duração do projeto, que é menos rápido que nos outros esquemas.

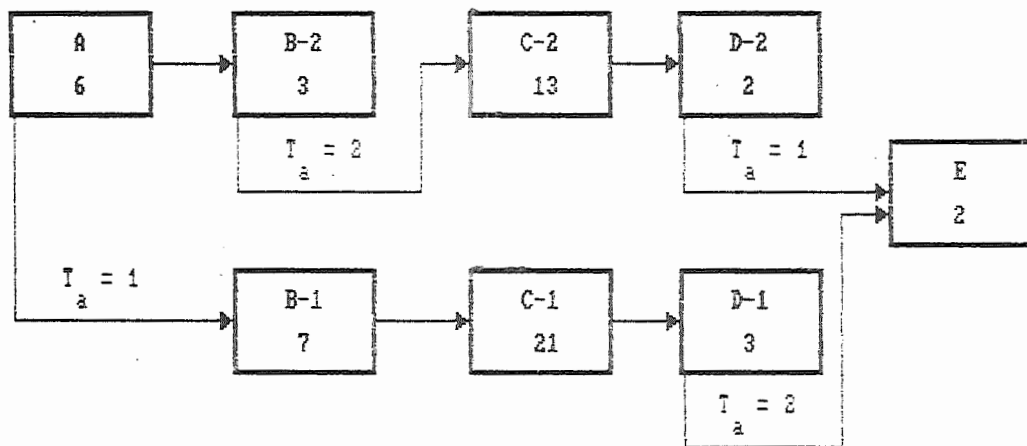


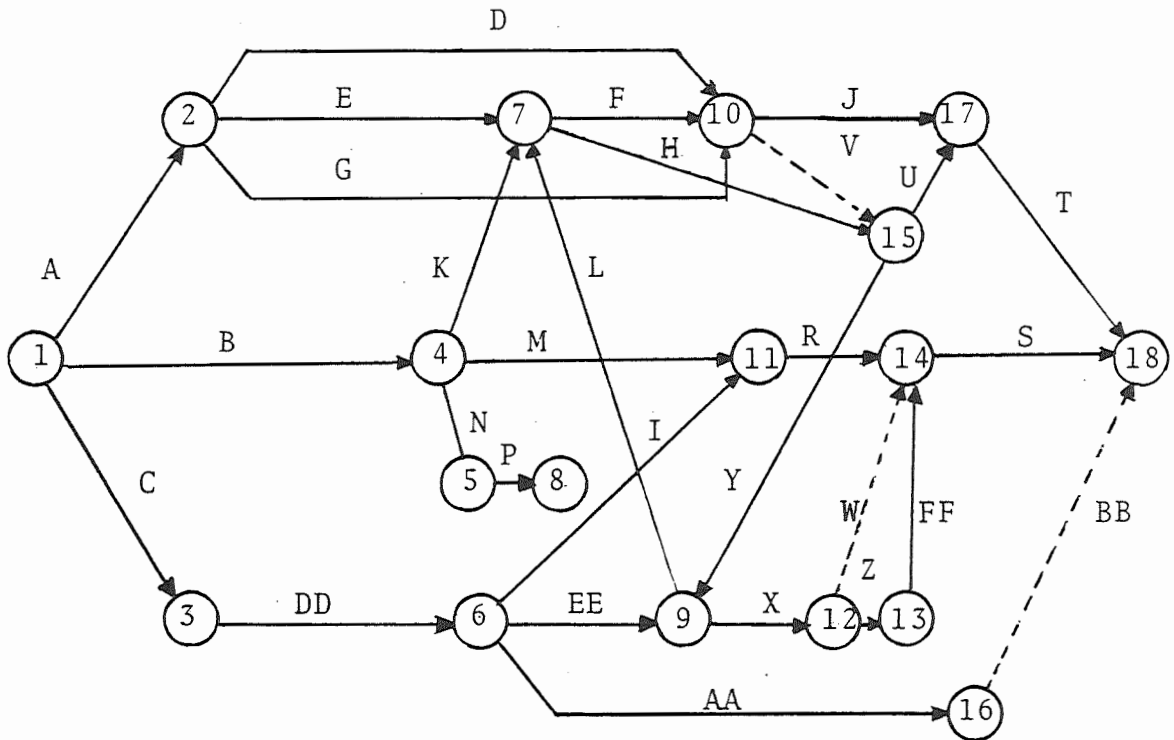
Figura 3.11. - Diagrama de precedência. Duração total: 33 semanas.

BIBLIOGRAFIA

- [1] BECHIOR, P. G. D.. Métodos de Caminho Crítico na Administração de Projetos, Editora Americana, Rio de Janeiro, 1974.
- [2] BOITEUX, C. D.. PERT/CPM/ROY e Outras Técnicas de Programação e Controle. Livros Técnicos e Científicos, Rio de Janeiro, 1981.
- [3] HIRSCHFELD, H.. Planejamento com PERT/CPM e Análise do Desempenho, Atlas, São Paulo, 1985.
- [4] MODER, J. J.; PHILLIPS, C. R.; DAVIS, E. W.. Project Management With CPM, PERT and Precedence Diagramming, 3rd edition, Van Nostrand Reinhold Co., New York, 1983
- [5] PRADO, D.. Administração de Projetos com PERT/CPM. Livros Técnicos e Científicos, Rio de Janeiro, 1982.
- [6] STANGER, L. B.. PERT/CPM, Ao Livro Técnico, Rio de Janeiro, 1967.

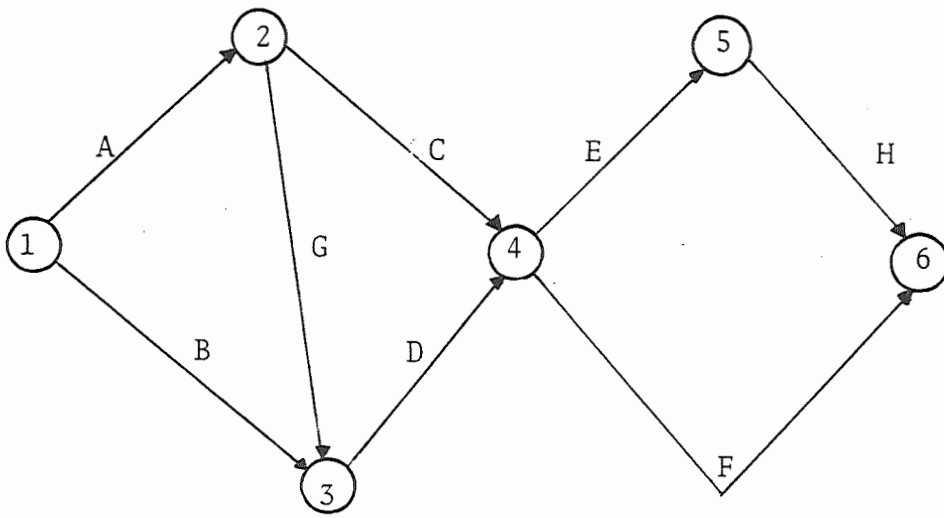
E X E R C I C I O S

1. Ache na rede da figura abaixo ao menos cinco erros ou símbolos desnecessários. Indique qual regra foi violada e sugira como corrigir cada erro. Indique também as atividades fantasmas desnecessárias.



2. Assuma que a seguinte lista de dependência de atividades é correta. O diagrama da figura, porém, não representa corretamente estas dependências. Corrija o diagrama usando apenas uma atividade fantasma.

ATIVIDADE	PRECEDENTE(S) IMEDIATA(S)
A	-
B	-
C	A
D	B e G
E	C e D
F	D
G	A
H	E



3. Represente o projeto descrito a seguir através de um diagrama de eventos.

ATIVIDADE	PRECEDENTE(S)	IMEDIATA(S)
A	-	-
B	-	-
C	A	-
D	A	-
E	C, D	-
F	B	-
G	F	-
H	B	-
I	E, G	-
J	E, G, H	-

4. Dadas as atividades e interrelações listadas a seguir, confeccione uma rede com no máximo seis atividades fantasmas. Siga todas as regras dadas.

a.

ATIVIDADE	PRECEDENTE(S)	IMEDIATA(S)
A	-	-
B	-	-
C	-	-
D	-	-
E	B, C, D	-
F	A, B, C, D	-
G	A, B, C, D	-
H	F, G, I	-

b.

ATIVIDADE	PRECEDENTE(S) IMEDIATA(S)
I	A, B, C, D
J	O, E, N
K	B, C, D
L	K
M	B, C, D
N	B, C, D
O	A, B, C, D

4. O METODO DO CAMINHO CRITICO

4.1. Estimativa de Tempo

Aplicando as regras de montagem da rede apresentadas no capítulo 3, chega-se ao primeiro esboço da rede de um projeto. O próximo passo é adicionar a duração estimada para cada atividade e refinar a rede para o nível de detalhe desejado.

A estimativa de tempo para cada atividade deve ser baseada no nível normal de mão-de-obra, equipamentos ou outros recursos requeridos. A exceção de conhecidas limitações de recursos, não se leva em conta possíveis conflitos entre atividades em paralelo que possam competir por recursos. A duração de uma atividade deve ser estimada independentemente das demais.

Certas atividades requerem um tempo fixo, independente do controle do gerente. Por exemplo: prazos legais de 30 ou 90 dias para concorrências públicas; prazos técnicos, tais como o tempo para curar concreto ou o tempo para transportar equipamentos por navio. Estas atividades costumam fazer parte do caminho crítico, tornando-se fatores importantes na duração total do projeto. Assim, é importante identificar tais atividades, suas durações e prazos finais tão logo seja iniciado o planejamento do projeto, tal que os prazos preparatórios sejam programados de modo a não ultrapassar as datas limite. É importante colocar, tanto quanto possível, atividades em paralelo com as atividades de tempo fixo.

A estimativa do tempo necessário para execução de cada atividade pode ser feita por dois métodos - considerando-se um único valor (CPM) e usando-se três valores que são tratados de forma probabilística (PERT). Este último será tratado separadamente em um outro capítulo.

Estimativa da duração de atividades

Uma regra deve ser obedecida neste processo: a supervisão de um especialista da tarefa a ter a duração estimada. Já no traçado da rede mestre é conveniente ter a colaboração de elementos chave de cada especialidade. Na rede detalhada é ainda mais necessário para definição de prioridades de fases de trabalho, desincompatibilização entre equipes de trabalho e do essencial esforço necessário (volume de trabalho expresso em recursos-horas de trabalho) para o desempenho de cada atividade.

Quando Adicionar as Estimativas na Rede

Isso deverá ser feito apenas após ter um traçado da rede, representativo de todos os elementos básicos definidos para o projeto.

Com as relações lógicas completamente estabelecidas, a adição das estimativas na rede leva necessariamente à revisão da rede, resultando em modificações que afloram de uma análise mais detalhada a cada atividade.

Tão logo sejam estimadas todas as durações, procede-se ao primeiro cálculo das datas do projeto para então estabelecer-se a rede final e obter-se a programação do projeto.

Premissas Básicas para Estimativa

A estimativa é primeiramente expressa pelo esforço necessário para executar a atividade (homens-dia, metros cúbicos de concreto-hora). O tempo estimado depende, em grande parte, da alocação proposta de recursos. Para uma empresa que conduza empreendimentos similares repetidamente, a história passada pode ser usada para determinar a duração das atividades, supondo que sejam alocados recursos normais. Se forem necessárias estimativas de tempo mais precisas, a aplicação de técnicas de estudo de trabalho (tamanho x método construtivo x produtividade) proporcionará um tempo padrão e a alocação de recursos necessária.

Considera-se o período normal de trabalho (8 horas diárias, 5 dias semanas, 20 dias mensais) e procede-se então à conversão do volume de trabalho das atividades em uma única unidade de tempo.

Na estimativa de duração das atividades não se incluem contingências, tais como: chuvas, incêndios, etc. É possível, contudo, corrigir a estimativa segundo algum fator esperado, como por exemplo: ocorrência de chuva, atraso na entrega de material, etc.

Previsão de Interferência na Duração por algum Fator

Para solucionar esta questão existem duas abordagens:

- a) estimar o efeito da ocorrência na duração total do projeto

Neste caso, verificam-se quais atividades sofreriam interferência e prevê-se uma margem na duração total do projeto, expandindo seu prazo de entrega.

- b) Estimar o efeito individualmente para cada atividade sensível à ocorrência do fator.

Supondo que uma atividade fosse estimada por 10 homens-dia e pudesse ser executada por uma equipe de dois homens. A duração desta atividade seria estimada para 5 dias. Com a ocorrência do fator interferente, se houvesse uma queda de produtividade equivalente a 20 %, seriam necessários 12 homens-dia para executá-la, o que demanda 6 dias de trabalho, com mesmo tamanho de equipe. A programação inicial incorpora o atraso previsto. A figura 4.1 mostra como isto seria explicitado no nosso exemplo.

(10 h-d, 5 d)

Figura 4.1

Feriados e Fins de Semana

Algumas atividades permitem o uso de feriados e fim de semana. Desta forma sua duração pode ser sub-estimada caso seja maior do que 7 dias. Por exemplo: cura de concreto: se prevista para ser feita em 7 dias, poderá ser estimada para 5 dias.

Na maioria dos sistemas para programação de projetos, os relatórios podem ser impressos em dias do calendário e a conversão é automática, incorporando os feriados e fins de semana.

4.2. O Programa Básico

Quanto tempo o projeto levará para ser terminado e quando cada atividade será iniciada e terminada? Esta questão é tratada assim que são feitas as estimativas para a duração das atividades e é depurada a rede do projeto.

O procedimento para programação básica do projeto consiste de:

1. Cálculo de datas desde o evento inicial até o final do projeto. Dado um tempo de início do projeto, o processo de cálculo computa sequencialmente o tempo do projeto, produzindo as datas de ocorrência mais cedo para cada evento e as datas de início e término mais cedo para cada atividade.
2. Cálculo das datas desde o evento final até o evento inicial. Conhecida a data associada ao último evento, age-se de modo análogo ao item anterior, produzindo as datas de ocorrência mais tarde para cada evento e as datas de início e término mais tarde para cada atividade.
3. Determinação do caminho crítico do projeto e cálculo das folgas (total e livre) para as atividades.

Este método de cálculo da programação básica do projeto é chamado de procedimento baseado unicamente no tempo, porque limitações de recursos e análise de tempo-custo não são feitas explicitamente. Ele depende unicamente da estrutura lógica da rede e das estimativas de duração das atividades.

Nomenclatura do Procedimento

Consideraremos as definições e símbolos usados em termos de uma arbitraria atividade (i,j) , com evento predecessor i e evento sucessor j (figura 4.2.).

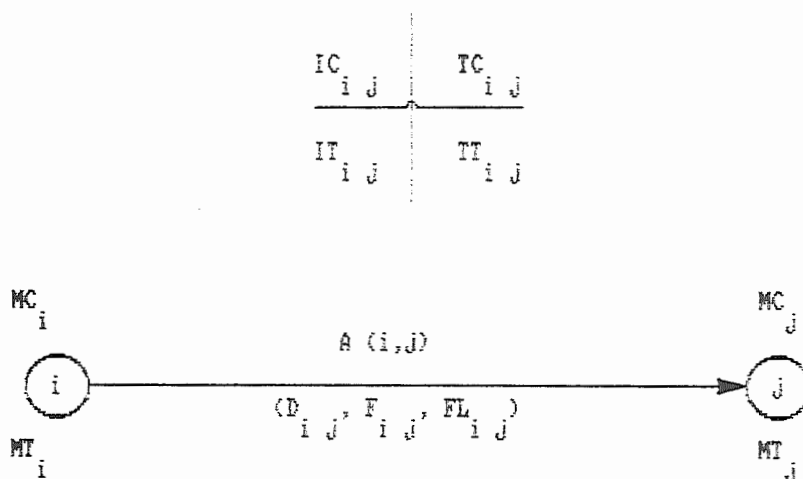


Figura 4.2. - NOTAÇÃO

- D_{ij} = estimativa de duração da atividade (i,j)
- MC_i = tempo mais cedo de realização do evento i
- MT_i = tempo mais tarde de realização do evento i
- IC_{ij} = data mais cedo de início da atividade (i,j)
- IT_{ij} = data mais tarde de início da atividade (i,j)
- TC_{ij} = data mais cedo de término da atividade (i,j)
- TT_{ij} = data mais tarde de término da atividade (i,j)
- F_{ij} = folga de trajetória (ou folga) da atividade (i,j)
- FL_{ij} = folga livre ou própria da atividade (i,j)
- T_F = tempo especificado para término do projeto.

Procedimento de Cálculo do Início para o Fim (cálculo das datas mais cedo)

O cálculo das datas mais cedo de início e término para cada atividade em um projeto é iniciado com a definição de alguma data ou tempo mais cedo de ocorrência para o evento início do projeto. Por conveniência consideramos $MC = 0$.

Este procedimento tem por hipótese que cada atividade poderá ser iniciada, tão logo seja possível, ou seja, assim que todas as suas predecessoras tenham sido realizadas.

Regras para o cálculo das datas mais cedo de início e término das atividades:

Regra 1: o evento inicial do projeto ocorre na data 0 (zero).
 $MC = 0$.

1

Regra 2: todas as atividades podem ser iniciadas tão cedo quanto possível, isto é, tão logo as suas predecessoras tenham sido completadas.

Então:

IC_{ij} = máximo das TC das atividades que precedem a atividade (i,j) (todas as atividades que têm o nó i como terminal).

Regra 3: a data de término mais cedo da atividade é simplesmente a soma da sua data de início mais cedo e sua duração, ou seja,

$$TC_{ij} = IC_{ij} + D_{ij}$$

Exemplo:

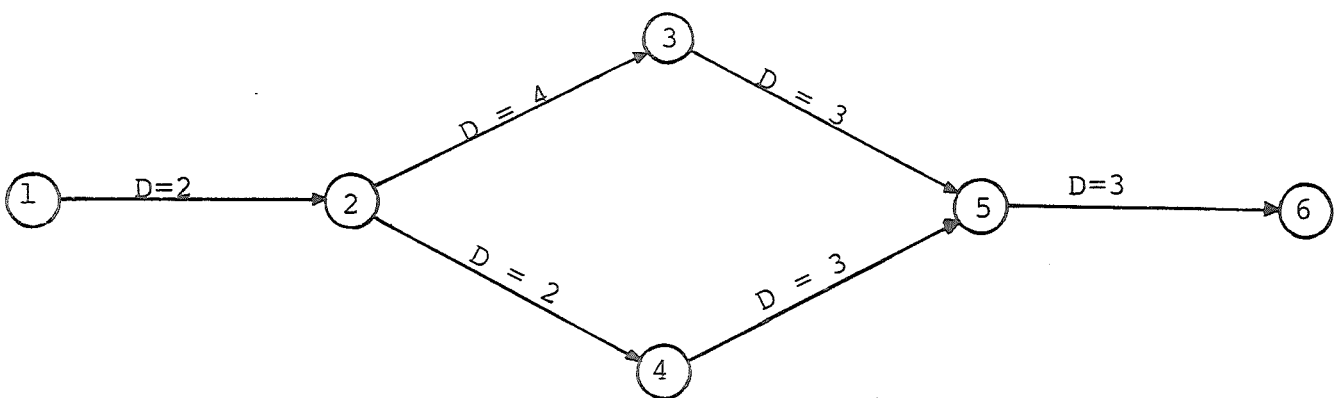


Figura 4.3. - Rede - Exemplo

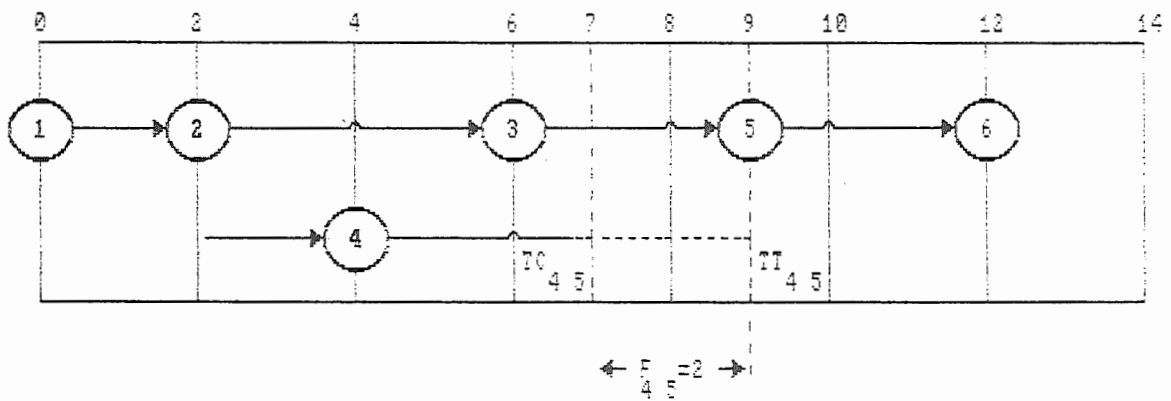
No cálculo das datas mais cedo, iniciando com $MC_1 = 0$, a data de início mais cedo da atividade (1,2) é zero e sua data de término mais cedo é:

$$TC_{1,2} = IC_{1,2} + D_{1,2} = 0 + 2 = 2.$$

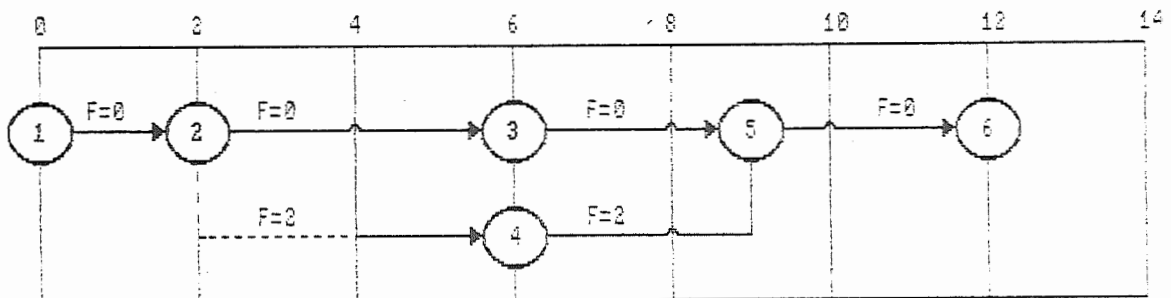
De maneira análoga, calculamos as datas mais cedo para (2,3), (3,5), (2,4) e (4,5).

Para o cálculo da data mais cedo de início da atividade (5,6) ou seja, do tempo mais cedo de ocorrência do evento 5, é necessário considerar o tempo de término mais cedo das atividades predecessoras, (3,5) e (4,5).

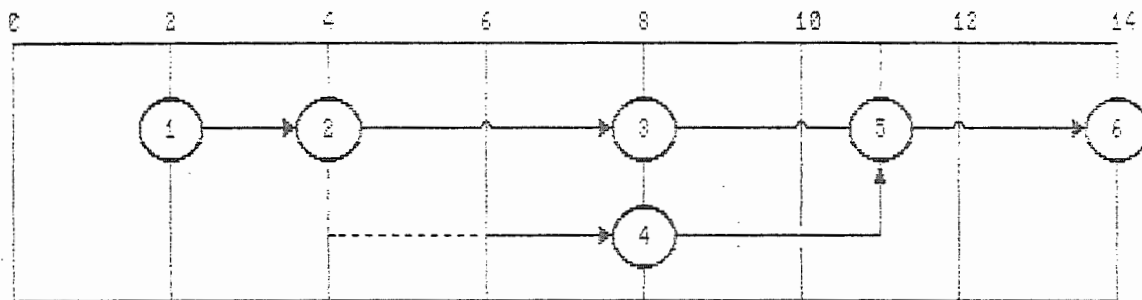
a) Datas mais cedo



b) Datas mais tarde: $MT_6 = 12$



c) Datas mais tarde: $MT_6 = 14$



d) Folga no caso de $MT_6 = 14$ e $MC_1 = 0$

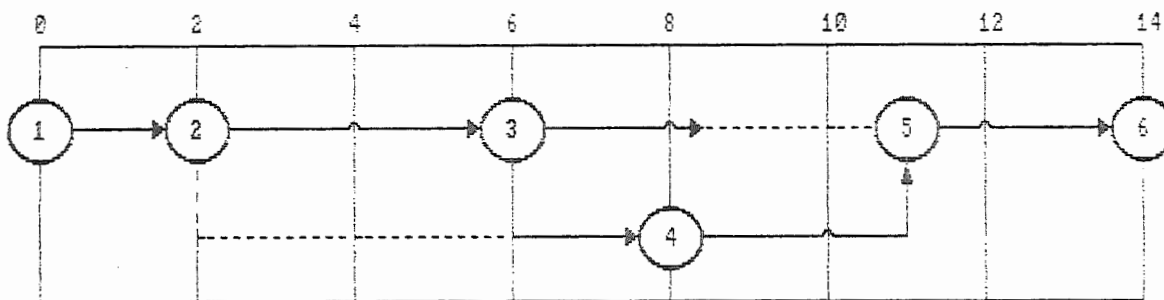


Figura 4.4. - Datas e Folgas

$$IC_{56} = \text{Máx} (TC_{35} = 9, TC_{25} = 7) = 9$$

E temos, então:

$$TC_{56} = IC_{56} + D_{56} = 9 + 3 = 12$$

Assim o prazo mais cedo para término do projeto, correspondente a ocorrência mais cedo do evento 6 é dada por:

$$MC_6 = 12 = TC_{56}$$

Na figura 4.4-a vemos que o caminho 1-2-3-5-6 forma o mais longo caminho do projeto, com duração de 12 dias, igual à soma das durações das atividades que o compõe. Trata-se do "caminho crítico".

O caminho composto pelas atividades (2,4) e (4-5) tem folga de dois dias.

Procedimento do Final para o Início do Projeto (cálculo das datas mais tarde)

O propósito deste procedimento é o cálculo das datas mais tarde de início e término das atividades. Este procedimento é a "imagem de espelho" do procedimento anterior. Convencionou-se, comumente, para o cálculo do caminho crítico que:

$$MT_F = MC_F = TC_{\text{atividade final}}$$

Esta convenção foi feita no desenvolvimento do método CPM e de agora em diante nos referiremos a ela como convenção de folga zero, posto que as atividades do caminho crítico terão folga zero.

Um resultado do uso desta convenção é que a folga ao longo do caminho crítico é zero, enquanto a folga nos outros caminhos é positiva.

Quando uma outra data é definida para o término do projeto ($T_F \neq MC_F$), a folga ao longo do caminho crítico será positiva, zero ou negativa dependendo de T_F for maior, igual ou menor, respectivamente, que o tempo mais cedo de ocorrência do evento final do projeto.

A convenção de folga zero é bastante útil. Define a propriedade que, a data mais tarde de término de uma atividade indica a data até a qual uma atividade pode ser completada, sem atrasar a duração já definida para o projeto, pelo procedimento início-fim.

A convenção de folga zero é adotada no exemplo mostrado na figura 4.4.b, onde o evento final 6 é programado para o dia 12, isto é $MC_6 = MT_6 = 12$

O tempo de término mais tarde para as outras atividades são, então, calculados com base na rede e sob a hipótese de que uma atividade deve ser terminada, antes que suas sucessoras sejam iniciadas.

Assim, a data mais tarde de término de uma atividade será menor (ou mais cedo) que as datas de início mais tarde das suas atividades sucessoras.

Finalmente, a data de início mais tarde de uma atividade é calculada pela diferença entre sua data de término mais tarde e sua duração.

Regras para o cálculo das datas mais tarde de início e término das atividades:

Regra 1: a data de término mais tarde para o evento final (F) do projeto é igual a uma data definida T_F , ou tem-

po mais cedo de ocorrência calculada pelo procedimento início-fim:

$$MT_F = T_F \quad \text{ou} \quad MT_F = MC_F$$

Regra 2: uma atividade (i,j) pode ter seu término até a primeira data de início mais tarde de suas atividades sucessoras, ou seja:

$$TT_{i,j} = \text{mínimo IT das atividades sucessoras de (i,j)} \\ \text{(todas as atividades que iniciam no nó i)}.$$

Regra 3: a data de início mais tarde de uma atividade (i,j) é a sua data de término mais tarde menos a sua duração estimada, ou seja,

$$IT_{i,j} = TT_{i,j} - D_{i,j}$$

Exemplo:

No exemplo da figura 4.4.b, temos:

$$TF_F = 12 = TT_{5,6}$$

$$IT_{5,6} = TT_{5,6} - D_{5,6} = 12 - 3 = 9.$$

Para o cálculo do $TT_{1,2}$ consideramos as duas atividades sucessoras (2,3) e (2,4):

$$TT_{1,2} = \text{mínimo (IT}_{2,3} = 2 \text{ e } IT_{2,4} = 4) = 2$$

$$IT_{1,2} = TT_{1,2} - D_{1,2} = 2 - 2 = 0$$

$$IT_{1,2} = MC_1 \text{ é devido à convenção de folga zero. Se}$$

$$MC_6 = MT_6 = 12, \text{ então } MC_1 = MT_1 = 0$$

Definição e Interpretação das Folgas

Na literatura sobre programação do projetos existe definição de folga livre, total, independente e dependente.

Daremos os conceitos de folga de caminho, também chamada de folga total ou simplesmente folga, e de folga livre ou folga própria.

Folga de Caminho

É uma folga associada a um caminho da rede. Para uma particular atividade (i,j) de um caminho ela é igual a diferença entre as suas datas de início ou término mais tarde e mais cedo, ou seja,

$$F_{i j} = IT_{i j} - IC_{i j} \quad \text{ou} \quad F_{i j} = TT_{i j} - TC_{i j}$$

Sob a hipótese de convenção de folga zero, a folga do caminho indica a quantidade de tempo em que as atividades do caminho podem ser concluídas sem afetar a duração total do projeto.

A folga total do caminho 2-4-5 na figura 4.4-b é de 2 dias. Mas, se durante a realização do projeto o término da atividade (2,4) exceder um dia da sua data de término mais cedo, a atual folga do caminho restante, ou seja da atividade (4,5), será de apenas 1 dia.

Caso a atividade (2,4) tivesse consumido toda a folga do caminho, a atividade (4,5) tornar-se-ia crítica.

Também notamos que caso a atividade (2-4) se atrasasse por mais de 2 dias, afetaria o caminho crítico e atrasaria o projeto (figura 4.4.-d).

Existe uma sutil diferença na interpretação da folga de caminho, quando não se usa a convenção de folga zero.

Consideramos a figura 4.4.-c onde o término para o projeto é marcado para o dia 14, ou seja, $MT = 14$, embora $MC = 12$.

Neste caso a folga da atividade (2,4) é de 4 dias. Ela pode ser atrasada por 4 dias sem que o término do projeto exceda a data determinada de 14 dias, embora com isso atrasasse a data de ocorrência mais cedo do evento 5, do caminho crítico, por 2 dias (figura 4.4.-d).

Folga Livre ou Folga Própria

A última atividade de um caminho com folga tem o que se chama de folga livre ou folga própria. O nome é adequado já que a atividade específica é livre para usar este tipo de folga sem afetar qualquer data de outra atividade da rede.

É calculada como:

$$FL_{i j} = IC_{j k} - TC_{i j} \quad \text{ou} \quad FL_{i j} = MC_j - TC_{i j}$$

Por definição, folga livre é a quantidade de tempo que a atividade pode atrasar sua data de término, sem afetar o tempo de ocorrência mais cedo do seu evento final, ou qualquer data mais cedo do início de suas atividades sucessoras (k,j). (figura 4.5.)

Desta forma, a folga livre diz respeito à atividade em questão, enquanto a folga de caminho refere-se a todas as ati-

vidades do caminho.

No exemplo da figura 4.4, quando a convenção de folga zero é assumida, a atividade (4,5) tem folga de caminho e folga livre de 2 dias. Se ela atrasa seu término por 2 dias, nenhum efeito é repassado na programação das demais atividades da rede, caso seu início tenha se dado na sua data de início mais cedo.

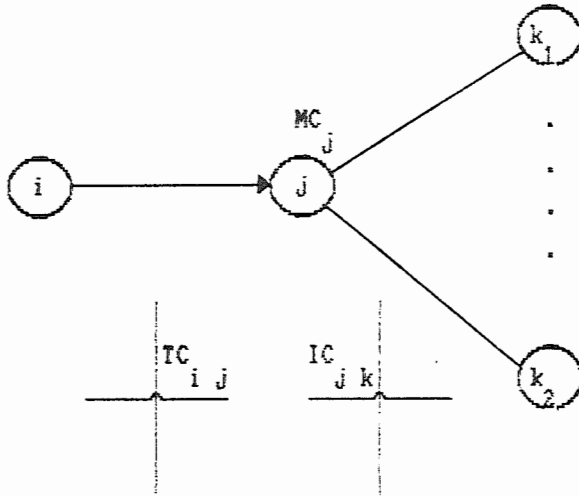


Figura 4.5. - Elementos para Cálculo da Folga Própria

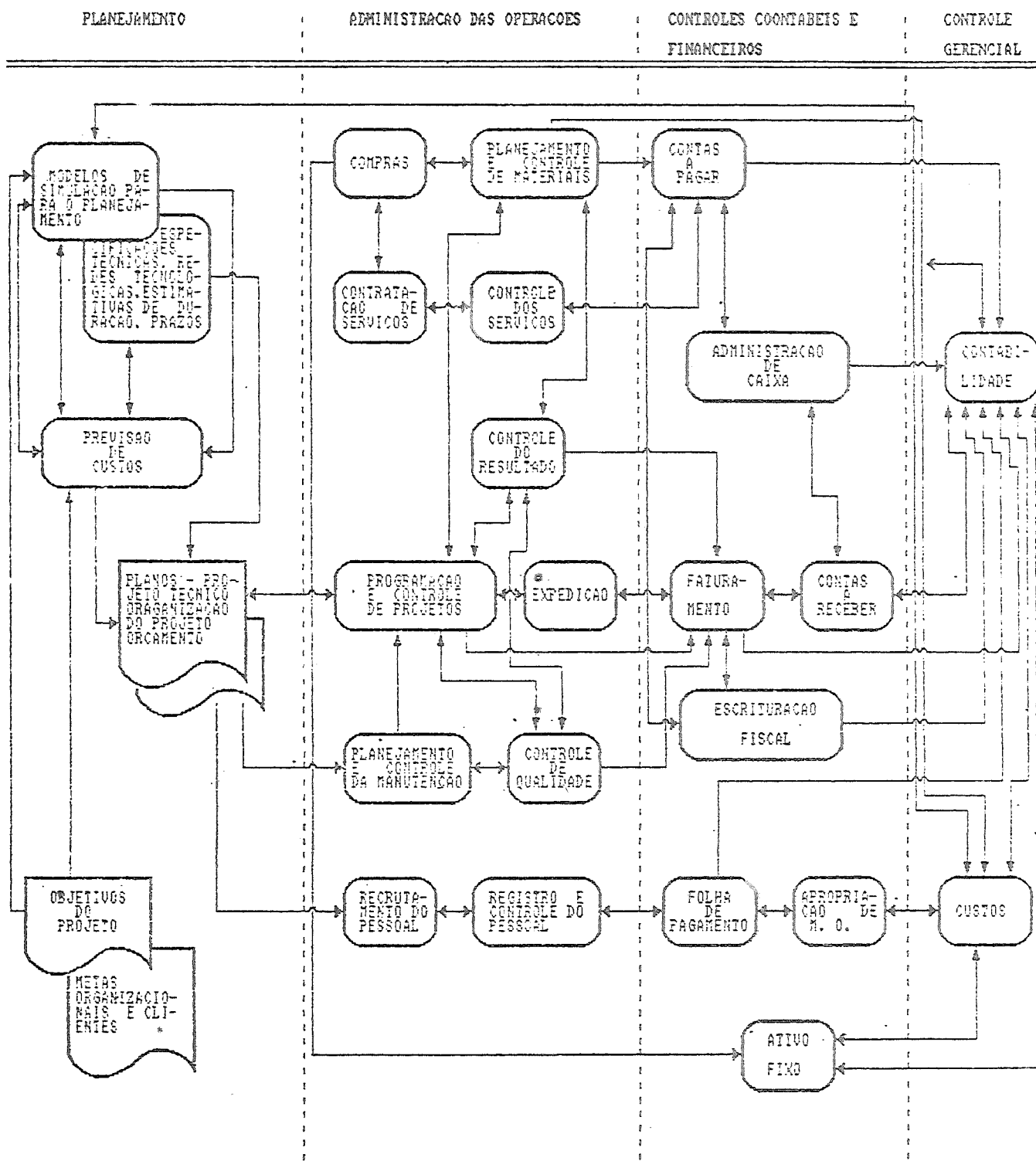


FIG - 1-d :- O SISTEMA DE INFORMACAO E O CICLO GERENCIAL (EXEMPLO DE INTERACAO NA SISTEMATIZACAO DO PROJETO)