

COZES  
R-CNPq- INSTITUTO DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE)

# ENGENHARIA DE SISTEMAS

## PLANEJAMENTO E CONTROLE DE PROJETOS

$$PC = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{\sum_{i=1}^n D_i} \times 100\%$$

3ª EDIÇÃO

ENGENHARIA DE SISTEMAS:  
PLANEJAMENTO E CONTROLE DE PROJETOS

---

1ª edição, 1972. 3000 Exs.  
2ª edição, 1972. 3000 Exs.  
3ª edição, 1973. 4000 Exs.

# ENGENHARIA DE SISTEMAS: PLANEJAMENTO E CONTROLE DE PROJETOS

3ª EDIÇÃO  
10º milheiro

Revisão de: Cláudio Froehlich

 EDITORA  
VOZES  
PETRÓPOLIS, RJ, BRASIL





© 1972, Editora Vozes Ltda.  
Petrópolis, RJ, Brasil

Este manual foi preparado por pesquisadores do Grupo de Análise de Sistemas do INPE, tendo tomado parte nele os seguintes elementos

---

**Orientador:** Dr. Fernando de Mendonça

**EQUIPE COORDENADORA:**

**Líder:** Luiz Roberto Ferreira da Costa

**Assistente:** João Mello da Silva

**Membros:** Amâncio Fernandes Pulchério  
Feruccio Bilich  
José Alberto Costacurta de Azevedo  
Marcos José de Aquino Pinto Pacca  
Maria de Lourdes Kamoi  
Wilson Carlos Duarte Delfino

**Colaboradores:** Antônio Manoel Marques Guedes da Cruz  
Arnaldo Yochihiro Tachibana  
Efraim Simão Nigri  
Maria Ângela Campelo de Melo  
Minervino Carneiro Barreto  
Oscar Henrique Carvalho de Velloso Viana  
Virgílio Antônio do Amaral César  
Wilson Pôrto Filho



## *Prefácio*

---

**O** Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE-ex-CNAE) tem se dedicado a projetos de pesquisa pura e aplicada na área espacial, procurando utilizar as mais recentes técnicas e experiências desenvolvidas neste setor em prol do desenvolvimento nacional. Em um de seus projetos de aplicação, o Projeto SACI (Satélite Avançado de Comunicações Interdisciplinares), surgiu a necessidade de se agruparem especialistas de diversas áreas do conhecimento humano para um experimento-piloto em educação no Rio Grande do Norte, envolvendo transmissão de programas educacionais por TV e rádio, via satélite ATS-F.<sup>1</sup> Apenas dando uma idéia de algumas especialidades envolvidas no projeto, se fez necessário a reunião de educadores que preparassem os textos e material de acompanhamento para aulas; técnicos de comunicação que transformassem os requisitos daqueles em programas de TV e rádio; sociólogos que participassem do planejamento e análise do experimento; engenheiros que se ocupassem dos equipamentos de recepção de solo, etc.

Surgiu assim um número muito grande de interfaces entre estes diversos elementos, impondo-se o uso de novas técnicas de planejamento, organização e controle, que permitissem uma integração perfeita entre as diversas partes do projeto.

Tendo em vista todos esses fatores, optou-se pelo emprego da abordagem de sistemas aplicada a projetos, isto é, um conjunto de técnicas administrativas associadas ao processo de Engenharia de Sistemas.<sup>2</sup> Este conjunto de técnicas administrativas pode ser considerado um dos mais importantes subprodutos das atividades espaciais. Devido às inter-relações do INPE com entidades externas na área espacial como a NASA, GE Space Division e outras, começou a ser desenvolvida internamente experiência considerável nesta abordagem, que amadureceu com a aplicação da mesma em diversos projetos, adaptando-se os novos conceitos às nossas características e condições.

<sup>1</sup> Não nos deteremos em uma descrição do projeto, encontrando-se todos os detalhes a respeito nas diversas publicações do INPE sobre o Projeto SACI.

<sup>2</sup> Conhecido em inglês por "Systems Engineering Management".

Ao mesmo tempo, criava o INPE o seu Núcleo de Análise de Sistemas (NAS) cujo objetivo era formar um grupo altamente treinado em Pesquisa Operacional, Administração por Sistemas, Simulação, Economia, etc., que servisse de apoio a órgãos governamentais (e privados) em planejamento, dentro das linhas da abordagem de sistemas, como é mencionado no documento *Metas e Bases para Ação de Governo* (set. 1970).

Com o objetivo de permitir uma linguagem comum nas interfaces do projeto SACI com órgãos externos foi preparado pelo NAS um seminário para elementos do Instituto Nacional de Estudos Pedagógicos (INEP do MEC). Este seminário, realizado em 60 horas, sintetizou os princípios da Engenharia de Sistemas ao mesmo tempo em que os participantes tomavam parte em sessões de trabalho onde aplicavam os conceitos apreendidos em um projeto específico. Dos resultados deste seminário e de alguns outros do mesmo jaez, surgiu a necessidade de se preparar uma publicação que facilitasse nossas interfaces com órgãos externos, bem como ajudasse o treinamento de nossos elementos novos.

O êxito e a experiência adquiridos motivaram o grupo de Análise de Sistemas do INPE a organizar uma equipe que preparou este Manual de Engenharia de Sistema. Em sua preparação aplicamos as mesmas técnicas que nele são apresentadas<sup>1</sup>, daí termos chamado a tarefa de Projeto MESIS.

Com aprovação Presidencial do Regimento Interno do INPE em 1972 como organização matricial, foi estabelecida uma Coordenação de Projetos de Pesquisas de Análise de Sistemas.

#### *Organização do manual*

A abordagem utilizada neste trabalho foi a mais pragmática possível, orientando-se a mesma para a descrição das tarefas que são desenvolvidas pelos grupos de Engenharia de Sistemas (ES), Planejamento e Controle do Projeto (PCP) na fase de planejamento de um projeto dentro do processo de Engenharia de Sistemas.

Assim sendo, é dirigida para mostrar o processo de Engenharia de Sistemas aplicado no planejamento de um projeto, incluindo a dinâmica do PCP e da ES (ou seja, os passos seguidos por ambos os grupos no planejamento do projeto), e uma descrição detalhada das técnicas utilizadas em cada um desses passos. Esta preocupação em estabelecer o inter-relacionamento entre processo e técnicas é uma característica mais importante do trabalho.

Procuramos, ao descrever a dinâmica, tanto do grupo de Engenharia de Sistemas, quanto do grupo de PCP, estabelecer um modelo simplificado da realidade para fins didáticos; uma vez que os passos, muitas vezes, são simultâneos ou iterativos, dependendo do projeto e das características do planejador.

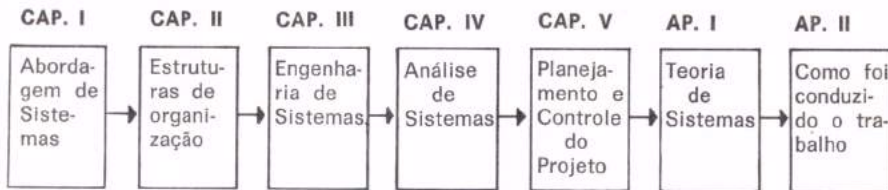
Ao apresentar as técnicas, ênfase foi dada em mostrar suas aplicações, vantagens e desvantagens e fim de dar ao leitor uma base para decidir qual a melhor ferramenta a utilizar e em que casos.

<sup>1</sup> Ver apêndice II para comentários a respeito.



Os exemplos utilizados durante todo o texto foram os do Projeto MESIS com o intuito de dar uma seqüência lógica da aplicação da abordagem de sistemas em um projeto. Vez por outra, apresentamos exemplos do Projeto SACI com o objetivo de reforçar os conceitos apresentados.

Representando os capítulos em blocos, poderíamos construir o diagrama seguinte:



No Capítulo I, damos uma idéia geral da abordagem de sistemas, sua 'filosofia', elementos e características. Em seguida, damos uma idéia geral de como este tipo de abordagem pode ser aplicado ao Planejamento e Execução de Projetos; apresentando um resumo das idéias que serão desenvolvidas ao longo do trabalho.

No Capítulo II, descrevemos como estabelecer uma estrutura organizacional para executar o processo de Engenharia de Sistemas, bem como os diferentes tipos de estrutura possíveis de serem empregados, suas vantagens e desvantagens. E' dada atenção especial à estrutura matricial, que tem sido largamente empregada em empresas que possuem projetos (de duração determinada). E' apresentada a técnica de 'Jogo de Funções' como ferramenta para escolher o organograma adequado para o projeto, terminando-se o capítulo com um modelo de estrutura utilizado em projetos do INPE, ressaltando a diferença entre os grupos de PCP e ES.

No Capítulo III, descrevemos com mais detalhe o processo de Engenharia de Sistemas (que envolve atividades dos grupos de PCP e ES), passando em seguida a descrever as ferramentas usadas pelo grupo de Engenharia de Sistemas; ressaltando-se a diferença entre o processo de Engenharia de Sistemas (que compreende os passos no planejamento e execução de um projeto) e o grupo de Engenharia de Sistemas (que executa algumas tarefas específicas dentro deste processo). Dividimos o processo em 2 partes, sendo a primeira a caracterização do Sistema (Definição do Projeto) que procura descrever em detalhes as características do sistema, e a segunda a Análise que procura a alternativa ótima. No Capítulo III tratamos da Caracterização, deixando a Análise para o Capítulo IV.

Descrevemos assim como se inter-relacionam o documento de objetivos, documento de requisitos, especificações, diagrama de fluxo de trabalho (DFT), folha de alocação de recursos e folha de projetos; mostrando como se chega às especificações finais. Ênfase é dada ao uso do diagrama de fluxo de trabalho como ferramenta do engenheiro de sistemas na procura de um entendimento maior do projeto.

No Capítulo IV, mostramos a lógica de Análise de Sistemas no processo de tomada de decisão, ou seja, a seleção da alternativa ótima, que pode ser empregada como um passo no processo de Engenharia de Sistemas ou fora do mesmo. Indicamos a relação entre a Análise de Sistemas e os outros tipos de análise, e fazemos referência à técnica de determinação do valor de um Sistema. Terminamos o Capítulo dando uma aplicação de Análise de Sistemas na elaboração de orçamento (PPBS).

No Capítulo V, tratamos do Planejamento e Controle de Projeto (PCP), que descreve inicialmente a dinâmica usada pelo grupo de PCP e suas atividades de apoio administrativo ao gerente do Projeto. Em seguida, tratamos dos três principais aspectos do grupo de PCP: Custos (e definição do trabalho), Tempo e Documentação.

Na parte referente a tempo apresentamos os cronogramas-mestres, parciais (utilizados como ferramenta de planejamento) e o diagrama de marcos (ferramenta de controle). Em seguida, apresentamos a técnica PERT-CPM, incluindo saídas em impressora de um programa de computador desenvolvido no INPE. Além deste, é mostrado um programa testado e também usado na ordenação de eventos de uma rede PERT-CPM. Apresentamos a técnica de Linha de Balanço (LOB), útil em controle de projetos que envolvam processo de produção. Terminamos o capítulo apresentando as listas de eventos-chaves e de problemas-chaves, bem como a lista de itens de ação que é uma técnica utilizada no controle de atividades não-incluídas no planejamento. Mostramos as diferenças entre técnicas de planejamento e de controle; bem como entre técnicas de visualização ('display') e técnicas de controle efetivo por parte do grupo de PCP.

Na parte referente a custos (e definição do trabalho), descrevemos um sistema baseado na Estrutura de Divisão de Trabalho (EDT) que permite definir claramente as tarefas de cada participante, bem como controlar os custos e associar diagrama de marcos para controle de tempo. Salientamos o papel do EDT como estrutura estável, ferramenta central do grupo de PCP. Damos uma idéia da dinâmica (passos a seguir no planejamento e controle deste sistema), mostrando como se faz inicialmente a distribuição de recursos (mão-de-obra, material, viagens, etc.) a fim de transformá-los em custos, que serão estimados e posteriormente alocados. Apresentamos um programa em computador, que analisa custos reais em relação ao estimado (para tal dividimos o custo de tarefa por períodos). Incluimos gráficos em 'plotter' dos custos planejado e real que, juntamente com as saídas na impressora, proporcionam à gerência a possibilidade de tomar ações corretivas.

Finalmente, damos linhas gerais de um sistema de controle de documentação de projeto, que resultou da experiência adquirida em projetos do INPE.

Seguem-se dois apêndices; um sobre Teoria de Sistemas que é uma disciplina que vem se desenvolvendo rapidamente, sendo aplicada a diferentes campos, inclusive na Administração; e um, mostrando como o Projeto MESIS de confecção deste Manual foi conduzido dentro da metodologia apresentada.

*Notar finalmente que devido a necessidades didáticas há uma certa dose de repetição de idéias entre os capítulos.*

*Esperamos críticas e sugestões que venham contribuir para o aperfeiçoamento deste trabalho, uma vez que se trata de uma área nova, com bibliografia relativamente recente.*





## *Lista de Siglas*

---

- ACE — Análise Custo Efetividade
- AS — Análise de Sistemas
- ATE — Análise Tempo Efetividade
- CPM — Método do Caminho Crítico (Critical Path Method)
- DFT — Diagrama de Fluxo de Trabalho
- EDT — Estrutura de Divisão do Trabalho
- ES — Engenharia de Sistemas
- FD — Folga Dependente
- FL — Folga Livre
- FT — Folga Total
- INEP — Instituto Nacional de Estudos Pedagógicos
- INPE — Instituto de Pesquisas Espaciais
- LOB — Linha de Balanço
- MESIS — Manual de Engenharia de Sistemas
- NAS — Núcleo de Análise de Sistemas
- PCP — Planejamento e Controle do Programa
- PERT — Técnica de Revisão e Avaliação de Projetos
- PPF — Programa Plurianual e Plano Financeiro
- PDI — Primeira Data de Início
- PDT — Primeira Data de Término
- PM — Memorando Programa
- PPBS — Sistema de Planejamento e Orçamento-Programa  
(Planning-Programming-Budgeting-System)
- SACI — Satélite Avançado de Comunicações Interdisciplinares  
(Projeto do INPE)
- TGS — Teoria Geral de Sistemas
- UDI — Última Data de Início
- UDT — Última Data de Término



## CAPÍTULO I

### *Abordagem de Sistemas*

---

Neste capítulo introduziremos, inicialmente, alguns conceitos da abordagem de sistemas, e que têm sido usados em diversos ramos do conhecimento humano, mostrando em seguida as diversas disciplinas ou ciências de sistemas relacionadas. Finalmente, mostramos como esta abordagem pode ser aplicada à Administração; mais especificamente ao Planejamento e Execução de projetos. Este último item será, praticamente, um resumo do material contido nos capítulos seguintes desta publicação.

#### 1.1 – INTRODUÇÃO: ALGUNS CONCEITOS DE SISTEMAS

##### Origens e características

Rigorosamente falando, a origem da abordagem de sistemas remonta à antiguidade. Este tipo de enfoque tem sido discutido desde a época dos filósofos pré-socráticos e, passando por Platão, Aristóteles, Santo Tomás de Aquino, Descartes, Leibniz, Spinoza, Kant chega até Hegel, Nietzsche e os atuais.

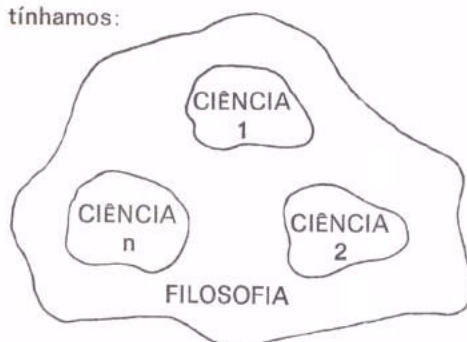
No entanto, há diferenças entre as maneiras de encarar o tema ao longo dos séculos. Estas diferenças residem principalmente na ênfase dada a uma determinada idéia. Assim, nos primeiros tempos, a ênfase maior era dada em explicar a realidade ou imaginar uma realidade ideal, através da filosofia ou da religião.

Depois, a ênfase deslocou-se para a experimentação e, finalmente, nos nossos dias, a ênfase maior tem sido dada ao uso de técnicas matemáticas; devendo salientar que o advento dos computadores acelerou este processo.

No início, as ciências nada mais eram que ramificações das filosofias. Portanto, a abordagem de sistemas se confundia com a filosofia na medida em que esta se preocupava com os problemas globais.

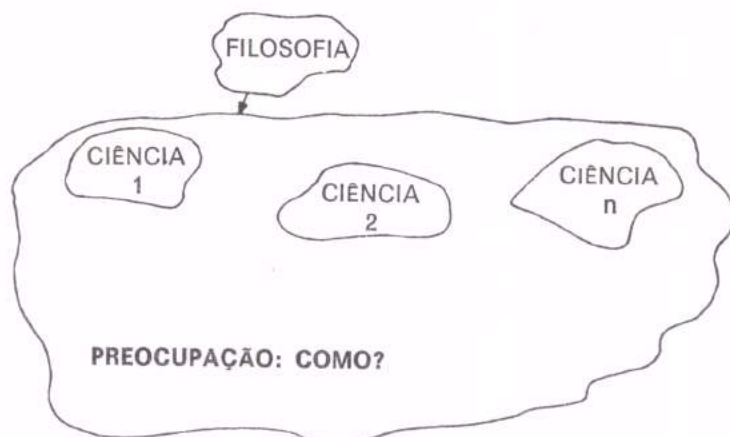
\* A abordagem (ou Engenharia) de Sistemas Aplicada ao Planejamento de Projetos é conhecida em Inglês como "Systems Engineering Management" e é o tema central deste trabalho.

No início, tínhamos:



*Preocupação: por quê?*  
FIG. 1.1

A medida que o conhecimento humano foi se aprofundando, tornou-se praticamente impossível, para uma única pessoa, manter-se a par de todos os desenvolvimentos e descobertas de cada um dos ramos da filosofia. Além disso, as ciências evoluíram no sentido de dar maior atenção ao 'como' do que ao 'por quê' das coisas. Dessa forma, as ciências tornaram-se autônomas, advindo assim a especialização.



*Advento da especialização*  
FIG. 1.2

Sem dúvida, a especialização tem suas vantagens, porque, como a frente é menos ampla, torna-se possível ir mais a fundo no estudo dos problemas. Mas a especialização trouxe também suas desvantagens; quanto mais especializado se torna o indivíduo, tanto maior o perigo dele perder a visão global do problema.

Naturalmente, há pessoas que, mesmo especializadas em um campo, fazem incursões mais ou menos esporádicas em outros campos. Estas incursões, no entanto, podem ser perigosas, porque a pessoa tende a



aplicar, durante estas incursões, as mesmas técnicas com as quais está acostumada na sua especialidade.

No entanto, se verifica que a especialização é necessária pelas exigências do nosso tempo e é também natural porque a maioria das pessoas, instintivamente, se inclina para esta ou aquela especialidade.

Mas as especialidades não são independentes umas das outras. Na realidade elas são criações do nosso espírito. A nossa mente, com a finalidade de compreender a realidade, que é complexa, lança mão do recurso de classificação segundo as chamadas especialidades. Assim, os problemas que existem no mundo são antes de mais nada problemas humanos, porque existem na medida em que o homem os sente. E o homem, ao se defrontar com uma situação problemática, desejando melhor compreendê-la, para poder solucioná-la, classifica-a, isto é, encara-a sob vários aspectos: educacional, social, econômico, militar, médico, científico-tecnológico, etc.

Esta análise de um problema, isto é, esta decomposição de um todo em partes facilita a definição dos passos necessários para sua solução. No entanto, torna-se necessária a síntese, a integração das soluções parciais em uma solução global do problema em foco. Há, inclusive, fortes indícios de que estamos numa época de transição, da Era da Análise para a Era de Síntese, como observa James Culliton (ver referências no final do capítulo). Hoje, sentimos ser essencial a busca da otimização do todo, e não somente das partes consideradas isoladamente. Esta é uma das idéias centrais da abordagem de sistemas.

Mas, se a especialização é um fato, como podemos resolver um problema global, se o que existe são especialistas? Uma maneira de minimizar esta dificuldade é formar uma equipe de especialistas de diversas áreas, constituindo uma equipe interdisciplinar, para resolver um determinado problema. O objetivo é levar ao estudo do problema as diferentes maneiras de encarar a realidade, pelos especialistas de cada área do conhecimento humano. Este aspecto é, muitas vezes, mais importante do que os conhecimentos específicos de cada área. Esta é outra característica importante da abordagem de sistemas: ênfase no uso de equipes interdisciplinares.

A formação de uma equipe interdisciplinar com a finalidade de criar ou otimizar um sistema traz como conseqüência a necessária *comunicação* entre os especialistas. É conhecido por nós o problema atual de dificuldade de diálogo entre engenheiros, economistas, educadores, físicos, sociólogos, etc. Mas para que haja uma melhor comunicação entre os diversos especialistas é necessária uma linguagem comum. E a abordagem de sistemas, encarada sob o aspecto interdisciplinar, busca o estabelecimento de uma linguagem comum entre as diversas disciplinas que constituem o conhecimento humano.

Um outro ponto, que vale ressaltar aqui, e ao qual ainda não fizemos menção explícita, é a relação entre o sistema e seu meio ambiente. Entende-se por meio ambiente de um sistema o conjunto de todos os objetos que não fazem parte do sistema em questão, mas que exercem alguma influência sobre a operação do mesmo. A determinação do meio

ambiente é uma tarefa difícil, que envolve a definição da fronteira do sistema. Para proceder a essa determinação, consideramos o meio ambiente como um dado para o sistema, sobre o qual este não exerceria influência alguma. É preciso não esquecer porém que, em geral, o meio ambiente influencia o comportamento do sistema e vice-versa. Para chegar a uma determinação razoável do sistema, meio ambiente e suas inter-relações, é necessário na maioria das vezes passar por um processo iterativo, avaliando-se em cada passo as determinações obtidas. Assim, uma outra característica essencial da abordagem de sistemas é o seu *caráter iterativo e de avaliação permanente*.

Em breves palavras, poderíamos concluir dizendo que a abordagem de sistemas procura disciplinar o bom-senso e a intuição através de um processo lógico e de uma análise formal do problema. Caracteriza-se por procurar estudá-lo como um todo, preocupando-se com as interfaces entre suas diversas partes, pela reunião de equipes interdisciplinares, pelo estabelecimento de uma linguagem comum entre os diversos especialistas, enfatizando a necessidade de iteração e avaliação permanente.

### **Sistemas: definições**

Etimologicamente: Sistema < Systema (GR) < Synhistanai (combinar) < syn + histanai (com + ser causa de ficar = ser causa de ficar com).

Podemos definir sistema como:

- um conjunto de partes que se interagem de modo a atingir um determinado fim, de acordo com um plano ou princípio;
- ou — conjunto de procedimentos, doutrinas, idéias ou princípios, logicamente ordenados e coesos com intenção de descrever, explicar ou dirigir o funcionamento de um todo.

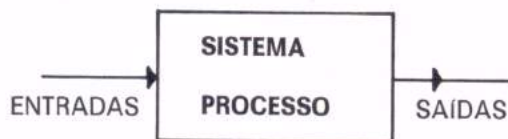
Normalmente, ao estudarmos sistemas, usamos com maior frequência a primeira definição. Outras definições de sistemas existem, e sua escolha dependerá da ênfase que mais nos interessar ao procurar resolver um problema.

Relacionados ao conceito de sistemas, encontramos alguns elementos importantes como meio ambiente (já apresentado), entradas (recursos), saídas (resultados), realimentação (controle) e modelo (a ser discutido mais tarde). Descrevamos alguns deles:

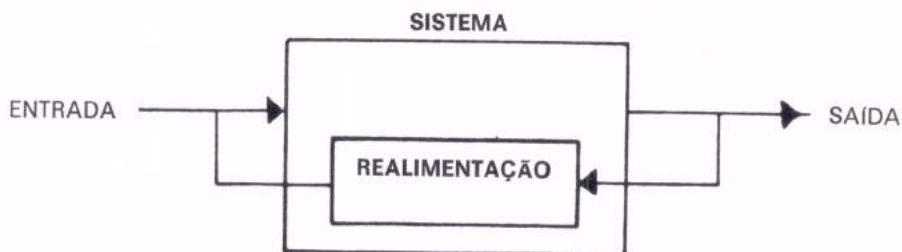
Entradas (recursos) são o conjunto de objetos fornecidos ao sistema. Encarando o sistema como um processo, estes recursos são processados, obtendo-se no final produtos ou resultados (saída). Assim, por exemplo, um sistema de transportes em que a entrada é o dinheiro e vários tipos de materiais e a saída seria o transporte de pessoas e mercadorias de um ponto ao destino.

A caracterização do sistema através de um enfoque entrada-saída é muito utilizada na abordagem de sistemas.





Uma grande parte dos sistemas envolve realimentação. Neste caso, a saída é avaliada, comparando-se com um determinado critério, tendo como objetivo o controle, introduzindo-se assim modificações na entrada do sistema.



Assim, em um sistema de orçamento de uma empresa, o gasto real é comparado com o planejado e, dependendo dos resultados, ações corretivas são tomadas (modificações na entrada do sistema).

Vale lembrar que uma série de outros conceitos estão relacionados à abordagem de sistemas, e que não foram aqui apresentados; sendo introduzidos ao longo deste trabalho nos itens e capítulos seguintes.

### **Classificação de sistemas**

Podemos classificar os sistemas sob diversos ângulos. Assim, segundo a origem, os sistemas podem ser naturais, que resultam de processos naturais, como o sistema solar; ou artificiais (feitos pelo homem) em que o homem contribui para o desenrolar do processo.

Os sistemas podem ser abertos, quando apresentam interfaces com o meio ambiente. Estes são os mais comuns e tal é o caso por exemplo de órgão governamentais que possuem amplo intercâmbio com outros órgãos públicos e empresas privadas. Os sistemas podem ser ainda fechados. O exemplo de um sistema parcialmente fechado seria o monopólio.

De acordo com os seus componentes, os sistemas podem ser de *equipamentos*, quando seus componentes são máquinas; *humanos*, quando são constituídos apenas pelos elementos humanos e suas inter-relações ou *sistemas homem-máquina* quando os dois tipos de componentes estão presentes, apresentando, no caso mais geral, interfaces homem-homem, máquina-máquina e homem-máquina. Estes são os sistemas mais complexos e que aceleram o uso da abordagem de sistemas.



## Hierarquia de sistemas

A observação do universo nos sugere que podemos considerar um sistema genérico como sendo constituído de vários sistemas menores, ou inversamente, o sistema em consideração sendo parte, juntamente com outros, de um sistema maior. Assim, partindo do maior sistema identificável, o universo, podemos considerá-lo como sendo constituído de galáxias, que por sua vez são compostas de sistemas solares, e assim por diante.

Então, no estudo de um determinado sistema é bastante útil olharmos em três direções, respondendo às seguintes perguntas:

- O sistema em estudo pertence a qual sistema mais amplo, e em que ele contribui para as características do sistema mais amplo?
- Quais os outros sistemas, que constituem juntamente com ele o sistema mais amplo?
- Quais os sistemas que, por sua vez, constituem o sistema em estudo?

Introduzindo-se a noção de subsistema como a parte do sistema que, tomada isoladamente, tem as características de um sistema, torna-se mais fácil a resposta a essas perguntas. Podemos, então, dizer que o sistema em estudo é, juntamente com outros, um subsistema de um sistema mais amplo, sendo por sua vez constituído de outros subsistemas.

Esta idéia de considerar um sistema como sendo constituído de subsistemas, e, sendo, por sua vez, um subsistema maior, é expressa na literatura de Teoria Geral de Sistemas<sup>o</sup> pelo nome de Ordem Hierárquica de Sistemas.

## A escolha dos subsistemas

A escolha dos subsistemas que constituem o sistema global depende de muitos fatores, alguns dos quais estão relacionados abaixo:

- O grupo encarregado de projetar um determinado subsistema deve ser capaz de fazê-lo sem necessitar de diretivas muito freqüentes.
- O subsistema deverá ter uma função relevante e essencial a desempenhar na consecução dos objetivos do sistema a que pertence.
- Deve ter um pequeno número de entradas e saídas e, principalmente, as interfaces entre os subsistemas devem ser de tal modo que minimizem problemas de inter-relacionamento.

## Representação de sistemas

Os sistemas, de uma maneira geral, são representados por modelos.

O modelo é uma abstração, uma representação simplificada de um sistema, para facilitar o projeto e/ou análise do mesmo. O modelo é utilizado por duas razões básicas: a) porque torna mais simples o estudo do

<sup>o</sup> Ver apêndice I para considerações sobre a Teoria Geral de Sistemas.

sistema, para que se possam tirar conclusões úteis; e b) pela impossibilidade de se levar em conta todas as características e aspectos da realidade, que é muito complexa.

A construção de um modelo é baseada em informações obtidas da realidade através da observação e/ou medida.

A importância do uso de modelos em Engenharia/Análise de Sistemas\* se deve principalmente ao fato de que eles permitem experimentação e/ou estudos de situações que ainda não existem ou que não devam ser experimentadas na vida real. Por exemplo, os efeitos de um acidente automobilístico em alta velocidade sobre um ser humano podem ser medidos experimentalmente sem necessidade de se acidentar uma pessoa.

Para o engenheiro (ou analista, ou 'abordador') de sistemas, o que vale, em cada instante, é o modelo do sistema. Este modelo deverá, porém, ser confrontado continuamente com a realidade. No entanto, para este confronto ser eficaz é necessário que exista algum critério de medida da adequação do modelo à realidade. E o melhor critério é a confrontação permanente das realizações deduzidas a partir do modelo com os objetivos estabelecidos para o mesmo. Mas só poderemos confiar neste confronto se os objetivos estiverem definidos bem além de termos filosóficos. É necessário assim que a definição dos objetivos se faça em termos mais concretos, mais operacionais, de modo a fazermos uma clara e honesta verificação dos resultados. Esta talvez seja a parte mais crítica do estudo de sistemas: a *definição dos objetivos*. Voltaremos a ela mais adiante.

Não basta, porém, esta confrontação entre os objetivos e os resultados deduzidos a partir do modelo. É necessário também o confronto entre os objetivos e as realizações do sistema, após a implementação do modelo. É deste controle contínuo e da permanente realimentação, sobre o sistema, dos resultados extraídos durante a operação do mesmo, que depende, em última análise, o sucesso ou o fracasso da tentativa de solução do problema.

É de suma importância também que as interdependências entre o sistema e o meio ambiente fiquem claramente estabelecidas no modelo.

Demos grande ênfase ao MODELO de um sistema. Isto se deve ao fato de o modelo ser, talvez, a ferramenta mais útil para o estudo de sistemas. Todo ramo da ciência tem sua própria coleção de modelos. O físico usa modelos, cujas equações ele compreende, para estudar o átomo ou elétron. O economista que analisa as flutuações de uma economia também usa modelos. Da mesma forma o psicólogo, o pedagogo, o engenheiro. Aliás, podemos dizer que uma ciência é tanto mais 'exata' quanto maior for a correspondência entre os modelos que ela usa e a realidade.

### **Classificação dos modelos**

Seguindo Churchman e outros, podemos classificar os modelos em

\* Mais adiante, daremos esclarecimento sobre esses termos.



três categorias básicas:

- I) **Ícônicos:** são imagens do sistema; representam certos aspectos do mesmo. Exemplo: modelos, em uma escala reduzida, de navios em tanques de provas, de aeronaves em túneis aerodinâmicos, de portos marítimos e fluviais em laboratórios de hidráulica para estudo de correntes, de assoreamento, etc.
- II) **Análogos:** empregam um conjunto de propriedades para estudar outro conjunto de propriedades que o sistema em estudo possui. Exemplo: estudam-se circuitos elétricos para determinar as propriedades de um sistema mecânico ou hidráulico análogo.
- III) **Simbólicos:** empregam-se símbolos para designar propriedades do sistema em estudo. Exemplo: equações matemáticas, diagramas (de fluxo, de blocos, etc., ou combinação deles), modelos verbais (palavras escritas, faladas), etc.

Em pesquisa operacional<sup>1</sup>, a palavra modelo é usada quase que exclusivamente para significar 'Modelo Matemático'. A implementação de modelos matemáticos para representar sistemas complexos tem sido facilitada pelo uso de computadores eletrônicos. Já foram desenvolvidos modelos matemáticos para expressar relações entre milhares de variáveis independentes. Assim, os modelos matemáticos podem ser usados em situações demasiadamente complexas para serem representadas por simples modelos verbais ou gráficos.

Qualquer modelo pode ser estático ou dinâmico. Um modelo estático representa um sistema em estado particular, mas não mostra os efeitos de cada elemento no sistema quando em operação. Um modelo dinâmico representa o sistema quando em funcionamento.

## 1.2 – ABORDAGEM DE SISTEMAS E AS DISCIPLINAS RELACIONADAS

Estes conceitos de sistemas desencadearam, pode-se dizer, dois caminhos para o desenvolvimento do conhecimento humano. Um na direção do estabelecimento de mais um campo com seu próprio conjunto de leis e princípios, conhecido por teoria de sistemas; outro com o sentido de servir de base para uma nova ótica nas diversas disciplinas já estabelecidas.

### **Ciências de sistema: puras ou aplicadas**

No primeiro caso, o interesse era estudar as características de sistemas como 'partes que se interagem' independente do tipo de sistema, em que o todo é diferente da soma das partes. Rigorosamente falando surgiram várias 'teorias de sistema' ou 'abordagens' representando diferentes modelos, técnicas matemáticas, pontos de vista gerais, dependendo da ênfase dada.

Em seguida, apresentamos resumidamente algumas das ciências de sistema:

1. *Cibernética* — é a ciência de comunicações. É a teoria de sistemas de

<sup>1</sup> Ver mais adiante esclarecimento sobre o termo.

controle baseados na comunicação (transferência de informação) entre sistema e meio ambiente e dentro do sistema, e controle (realimentação) das funções do sistema em relação ao meio ambiente.

2. *Teoria da Informação* — no sentido de Shannow e Weaver, é baseada no conceito de informação, definido por uma expressão isomórfica à entropia negativa da Termodinâmica.
3. *Teoria dos Jogos* — analisa de um ponto de vista matemático a competição racional entre dois ou mais adversários em busca de um máximo ganho e mínima perda.
4. *Teoria da Decisão* — teoria matemática relacionada com escolhas entre alternativas por parte de 'decisor racional'.
5. *Teoria dos Automata* — é a teoria de determinados sistemas ('automata') com entrada, saída, possivelmente tentativa e erro, bem como aprendizado.
6. *Teoria Geral de Sistemas (TGS)*, no seu sentido mais restrito, tenta derivar a partir de uma definição geral de 'sistema', como um todo composto de partes que se interagem, conceitos característicos de complexos organizados (sistemas) tais como interação, centralização, competição, etc., e aplicá-los a fenômenos concretos, seja qual for a natureza de seus componentes.

Poderíamos listar, com um certo silogismo, os principais objetivos da Teoria Geral de Sistemas como estabelece Ludwig Von Bertalanffy:

1. Há uma tendência geral no sentido da *integração* das várias ciências naturais e sociais.
2. Tal *integração* parece ser centrada em uma *teoria* geral de sistemas.
3. Tal teoria pode ser um meio importante para conseguir uma teoria exata nos campos não-físicos da ciência.
4. Desenvolvendo princípios unificadores, esta teoria nos leva mais próximo da meta da unidade na ciência.
5. Pode levar à *integração* na educação científica.

Podemos reconhecer dois métodos distintos para construir a teoria de sistemas. Um seguido pelo grupo de Bertalanffy, que é o método empírico-intuitivo, que examina os vários tipos de sistemas existentes (físicos, biológicos, etc.) e daí infere princípios gerais para sistemas. O outro (seguido por Ashby) é dedutivo e parte de um certo número de postulados, deduzindo daí características gerais de sistemas. Se o primeiro perde em formalismo matemático para o segundo, este enfrenta a dificuldade de escolher os postulados adequados. Assim, ambos os métodos se completam. No Apêndice I, apresentamos mais detalhes sobre a Teoria Geral de Sistemas.

A Teoria de Sistemas no seu sentido amplo, abrangendo todas as disciplinas relacionadas acima, tem o caráter de ciência básica. Ela tem entretanto disciplinas análogas que poderiam ser classificadas como ciência aplicada. Para citar apenas algumas, temos:

a) *Engenharia de Sistemas* — que cuida do planejamento, desenvolvimento, construção e avaliação de um sistema.

Nos capítulos que se seguem descreveremos o processo de Engenharia de Sistemas como se desenvolvendo nas fases de Planejamento, Desenvolvimento, Pré-Operação, Operação e Avaliação (Encerramento). Associado a este processo, foram desenvolvidas uma série de técnicas administrativas conhecida como 'Systems Engineering Management'. Esta publicação estará preocupada principalmente com o conjunto destas téc-



nicas utilizadas na fase de Planejamento no Processo de Engenharia de Sistemas.

b) *Análise de Sistemas* — processo lógico que lança mão da construção de modelos, para ajudar à tomada de decisão na fase de planejamento do processo de Engenharia de Sistemas. Na realidade, como seqüência lógica, ela pode ser usada independentemente do Processo de Engenharia de Sistemas, na tomada de decisão, para escolher a alternativa ótima a seguir.

c) *Pesquisa Operacional* — procura, quase sempre, lançando mão de modelos matemáticos (o que a distingue da Análise de Sistemas) otimizar operações existentes ou ajudar no processo de tomada de decisão. Geralmente se destina a problemas em que os objetivos são conhecidos e as medidas de efetividade são claras (o que ocorre em micronível), havendo possibilidade de um tratamento matemático adequado. Notar que na análise de sistemas, muitas vezes, os objetivos são conflitantes, as medidas de efetividade difíceis de estabelecer, tornando árduo o uso de modelos matemáticos (macronível).

Para muitos, a Análise de Sistemas englobaria a Pesquisa Operacional como caso particular. Na verdade, há um problema de terminologia na área, pois os termos Engenharia de Sistemas, Análise de Sistemas e Pesquisa Operacional são usados com sentidos diferentes por diferentes pessoas. Procuramos usar uma definição e enfatizar o processo lógico ao longo dos capítulos seguintes.

A esta lista, poderíamos acrescentar a Análise Custo-Efetividade que é um caso particular da Análise de Sistemas, quando a análise envolvida se refere apenas a custo e efetividade. Muitos usam indiferentemente análise custo-efetividade e análise de sistemas; sendo apresentada no Capítulo IV uma discussão sobre o assunto. Várias outras disciplinas aplicadas são derivadas da abordagem de sistemas e, de modo algum, a nossa lista é completa, concentrando-nos apenas nas que mais de perto nos interessam.

### **Ciências de sistemas e as demais disciplinas**

Daremos, em seguida, em breves palavras como os conceitos de sistemas têm sido aplicados em alguns ramos do conhecimento humano, a título de exemplo, sem tornar exaustiva a lista.

*Sistemas políticos*: cientistas políticos contemporâneos têm desenvolvido métodos para analisar os processos pelos quais sistemas políticos complexos procuram se adaptar e se conservar como sistemas de comportamento. Assim, Easton desenvolveu uma representação dinâmica das atividades políticas, usando o enfoque entrada-saída e o conceito de realimentação, para citar apenas um exemplo.

*Sistemas sociais:* vários sociólogos modernos têm utilizado os conceitos de sistemas para o estudo de sistemas sociais. Assim, as relações sociais são examinadas no contexto de um sistema, compreendendo duas ou mais pessoas que se interagem. No nível de macroescala é o sistema da sociedade, que contém como subsistemas a comunidade e a família.

*Sistemas econômicos:* o conceito de sistemas têm sido largamente utilizado em Economia. Assim, o enfoque entrada-saída foi usado na análise insumo-produto que Leontief desenvolveu para estudar a economia americana, relacionando as iterações entre os diversos setores da mesma. As técnicas de Pesquisa Operacional tais como Programação Linear têm sido amplamente utilizadas em problemas de maximização; a análise custo-benefício (ver Cap. IV) com o objetivo de comparar os benefícios de um determinado projeto com os custos, é outro caso de aplicação; para citar apenas alguns exemplos.

*Sistemas educacionais:* aqui os conceitos de sistemas têm sido usados não só do ponto de vista teórico, em que as idéias de teoria geral de sistemas têm sido utilizadas para dar uma perspectiva nova nos processos de ensino, como também do ponto de vista prático. As técnicas de Pesquisa Operacional têm sido aplicadas à administração escolar; sem falar no uso de análise de sistemas para planejamento e orçamento (PPBS).

*Sistemas administrativos:* a aplicação dessa abordagem na área administrativa veio substituir o enfoque da eficiência da administração tradicional, pois a orientação desta era desdobrar o sistema em partes e tornar eficiente cada uma delas. O enfoque sistêmico, por outro lado, procura otimizar o todo, pois otimizando as partes que compõem o sistema, muitas vezes não se obtém o ótimo para o todo. Além do fato de que, em muitos casos, os objetivos são conflitantes, como é o caso de uma empresa em que o departamento de vendas procura ter o maior número possível de itens, enquanto o de produção deseja diminuir os seus custos fabricando um número menor de itens. O enfoque sistêmico tem provado ser bastante adequado em tais casos, procurando o ótimo de sistema global. Além disso, a Teoria Geral de Sistemas veio trazer novas contribuições e perspectivas para a Teoria da Organização.

Aos leitores interessados em maiores detalhes, indicamos bibliografia no final deste capítulo.

No item seguinte, damos um resumo dos capítulos que se seguem. Esta publicação tratará, então, da aplicação da abordagem de sistemas à Administração, mais especificamente ao Planejamento e Execução de Projetos. Mostraremos as técnicas utilizadas para executar o processo de Engenharia de Sistemas, principalmente na fase de planejamento.



### 1.3 – ABORDAGEM DE SISTEMAS APLICADA AO PLANEJAMENTO E EXECUÇÃO DE PROJETOS

#### 1.3.1 – Razões do uso da abordagem de sistemas em projetos

As razões que levaram à implementação desta metodologia foram os problemas típicos que surgiam nos projetos, a saber:

- *Efetividade Limitada* — normalmente os projetos, por falta de controle de qualidade técnica, bem como de planejamento integrado, chegavam ao fim com sistemas de qualidade bastante pobre e aquém dos requisitos exigidos.
- *Resultados Frequentemente não Relacionados com as Necessidades Reais* — Tendo em vista o fato de que os participantes do projeto estavam muito preocupados com a solução do problema de forma isolada na sua especialidade, muitas vezes o sistema resultante estava desvinculado dos objetivos que se queria atingir, isto porque faltava definição clara do problema, bem como controle e avaliação convenientes.
- *Atrasos Sérios nos Cronogramas* — em virtude da falta de sistema conveniente de controle de progresso, os projetos atrasavam e se alongavam, muitas vezes tornando-se obsoletos.
- *Custos Excessivos* — a falta de estrutura adequada de estimativa e controle de custo levava os projetos a superarem, em muito, seus orçamentos iniciais.
- *Má Direção* — com a inexistência de sistema de informações convenientes, o gerente do projeto não dispunha em tempo útil dos dados necessários às ações no andamento dos programas.

A solução encontrada, ao atacar problemas, foi desenvolver metodologia para a administração de projetos que (a) leva sempre em conta seus objetivos, (b) mantém controle conveniente tanto do ponto de vista técnico, quanto do ponto de vista administrativo (custo, tempo, etc.) e (c) parte do global (sistema) para o detalhe (componente).

Esta metodologia foi aplicada inicialmente a projetos espaciais (de onde veio a experiência do INPE, graças à 'interface' com órgãos externos, como organização brasileira de atividades espaciais que é) e atualmente tem sido aplicada a projetos de sistemas nos mais diversos ramos do conhecimento humano, tais como: sistemas urbanos, judiciários, educacionais, etc. Esta metodologia pode ainda ser utilizada tanto em projetos complexos, como o Apolo, quanto em projetos de sistemas simples.

#### 1.3.2 – Considerações gerais

Podemos descrever a Abordagem de Sistemas para administração de projetos como:

- desenvolvimento lógico e coordenado de cada unidade elementar do projeto, usando a mais recente metodologia, em termos de procedimentos e técnicas para o planejamento, estruturação e controle. O resultado do uso dessa abordagem será a obtenção de solução que atenda aos seus objetivos dentro das limitações planejadas de custo e tempo.

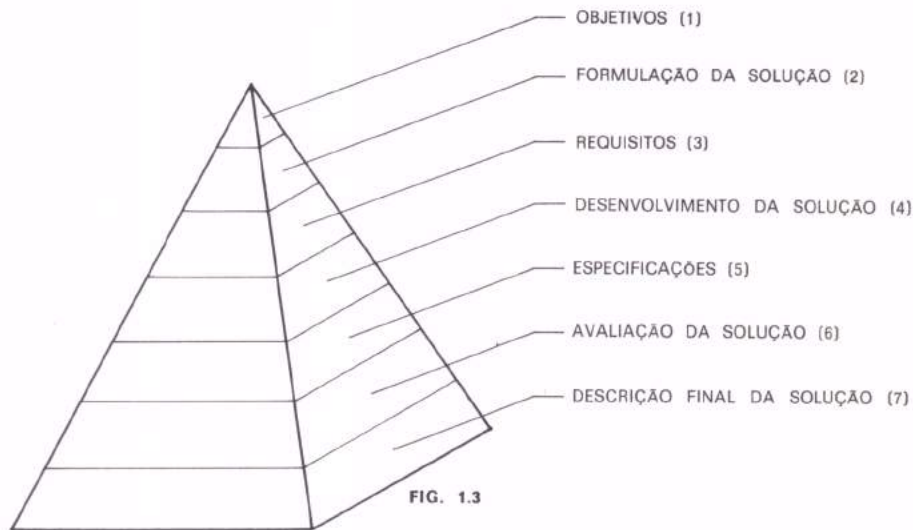
Essa abordagem se caracteriza por um processo iterativo em que caminham lado a lado a definição do projeto, ou seja, o enunciado do problema, e a determinação da solução. Dentro dessa idéia, podemos visualizar o processo da abordagem de sistemas como uma pirâmide.

Partindo-se do topo, com pouco conhecimento do projeto (os objetivos), em direção à base, chega-se com um volume de informações satisfatório, incluindo definição clara do projeto (enunciado do problema) e uma descrição precisa da solução encontrada.

Os itens (1), (3) e (5) da figura 1.3 se referem à definição do projeto e os demais à determinação da solução.

Logicamente, essa visualização é apenas uma aproximação da realidade, pois, na prática, definição do projeto (enunciado) e determinação da solução são iterativas e simultâneas.

No item seguinte, daremos um resumo sobre definição do projeto (objetivos, requisitos, especificações, etc.) e sobre determinação da solução (análise visando à obtenção da solução ótima: Análise de Sistemas).



### 1.3.3 – Definição do projeto

Para se definir o projeto precisamos responder às seguintes perguntas:

- O que conseguir?
- Como conseguir?
- Quando conseguir?

**O QUE CONSEGUIR** — para se obter resposta a esta pergunta, usam-se três etapas sucessivas, a saber:

- *Definição dos Objetivos do Projeto* — que podem ser gerais a todo o sistema ou específicos a cada segmento ou subsistema. Os objetivos indicam, em primeira instância, o que queremos atingir.
- *Definição dos Requisitos do Projeto* — podem ser relativos a todo o sistema, subsistemas ou itens (componentes). Os requisitos constituem as

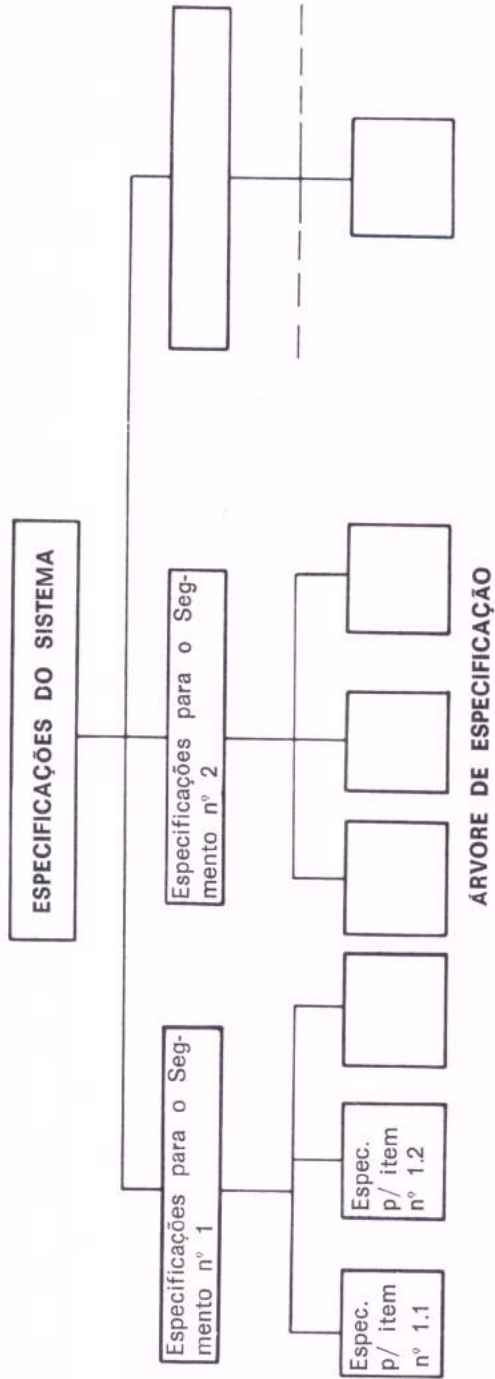


características que o sistema deve ter para que sejam atingidos os objetivos pretendidos. Devem ser quantitativos, sempre que possível.

- *Desenvolvimento da Árvore de Especificações e Produção das Especificações* — a árvore de especificações é uma estrutura que mostra os títulos de todas as especificações necessárias à definição do projeto, ou seja, cada bloco corresponde a um documento que chamamos de especificação (que pode ser do sistema, subsistema ou item) como mostram as figuras das páginas seguintes.

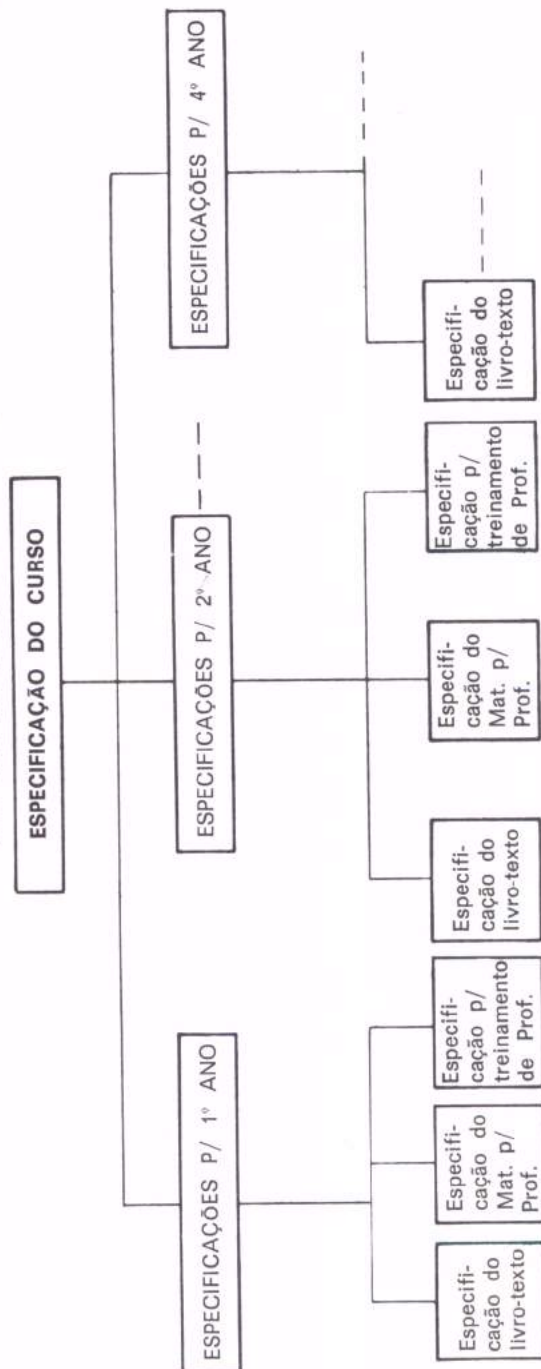
Como sabemos a especificação é um *documento* completo com todos os requisitos que um sistema deve atender, além de outras informações como documentos pertinentes, introdução, etc., por meio do qual podemos subcontratar (de maneira não ambígua) partes do projeto.

Algumas vezes, para chegarmos às especificações, usamos técnicas como as folhas de alocação de recursos e de projetos, que serão vistas com detalhes no Capítulo III. Elas são usadas quando a nossa compreensão sobre o sistema não é boa.



### EXEMPLO DE ÁRVORE DE ESPECIFICAÇÕES

Exemplo do Projeto: Desenvolver o Programa de matemática para cursos do 1º ao 4º Ano do Ensino Fundamental (1º Grau).



### COMO CONSEGUIR — os passos normalmente seguidos são:

- *Definir Fases de Trabalho* — o projeto é desenvolvido em etapas cronológicas que se caracterizam por um agrupamento de funções afins. Assim, um exemplo típico de fases de projeto pode ser:
  - Planejamento
  - Desenvolvimento
  - Pré-Operação
  - Operação
  - Encerramento (com Avaliação Final)
- *Definir Grupos de Trabalho* — a partir do conhecimento das funções que o projeto deve desempenhar, determinar os grupos de trabalho que constituirão o organograma do projeto. Exemplo de grupos típicos, em um projeto educacional, como o SACI, podem ser:
  - Planejamento e Controle do Projeto (PCP)
  - Engenharia de Sistemas
  - Planejamento e Análise Educacional
  - Engenharia de Equipamento de Solo
  - Material e Treinamento
  - Etc.
- *Desenvolver Diagramas de Fluxo de Trabalho* — este diagrama ilustra o fluxo, indicando os passos a serem executados pelo projeto para se atingirem os objetivos, mostrando claramente as inter-relações entre os diferentes grupos de trabalho.

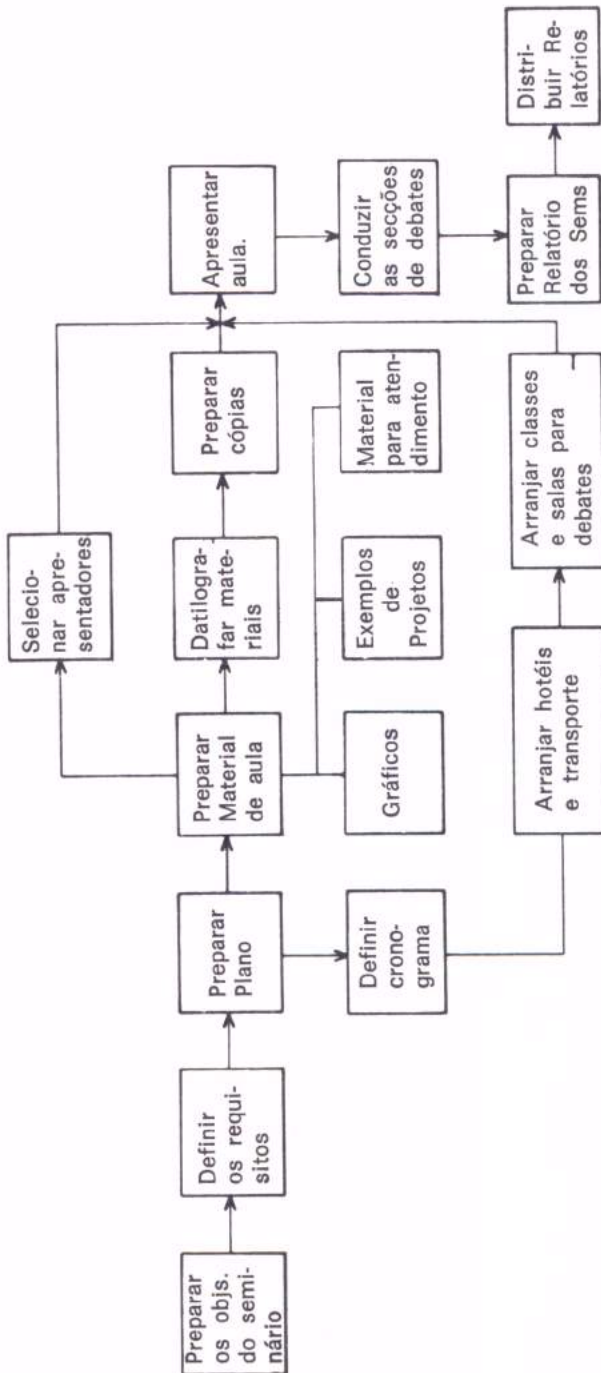
O Diagrama de Fluxo de Trabalho (DFT) é uma descrição gráfica das etapas de trabalho do projeto em formato de diagrama de blocos e que mostra os elementos discretos de trabalho, o fluxo de informações, a seqüência de eventos e as interfaces entre as tarefas.<sup>8</sup> Na página seguinte, aparece um DFT correspondente à preparação do seminário, dado pelo INPE ao pessoal do INEP (MEC), como exemplo.

Os itens, O QUE E COMO são atribuições de um grupo do projeto que chamamos de grupo de Engenharia de Sistemas, e que é o grupo encarregado do planejamento do ponto de vista técnico.

<sup>8</sup> No DFT a seqüência cronológica exata das funções não aparece; isso é indicado em um PERT, mas o DFT dá uma boa idéia do fluxo lógico das funções.

**EXEMPLO DE DIAGRAMA DE FLUXO DE TRABALHO**

Projeto: Preparar e apresentar seminários para o INEP



**QUANDO CONSEGUIR** — constitui-se das seguintes etapas:

- *Definir quando os resultados são necessários* — as datas de término dos eventos.
- *Definir durações das tarefas* — a duração de cada atividade é determinada.
- *Desenvolver o Cronograma-Mestre* — Cronograma de barras que descreve, de uma maneira sucinta, o projeto inteiro, com a finalidade de dar ao gerente do projeto uma visão global do mesmo.
- *Desenvolver Cronogramas Parciais* — um cronograma para cada subsistema do projeto ou segmento, em nível mais detalhado.
- *Desenvolver Diagrama de Marcos* — preparar cronogramas detalhados com marcos e cujo objetivo é servir de ferramenta de controle do grupo de Planejamento e Controle do Projeto (PCP) (ver Fig. 5.5 no Capítulo V).

Estas tarefas do QUANDO CONSEGUIR são de responsabilidade do Grupo de Planejamento e Controle do Projeto (PCP) que é responsável por tudo que diz respeito a planejamento do ponto de vista administrativo (tempo, custo, documentação, etc.).

Uma das ferramentas mais importantes de um grupo de PCP é a Estrutura de Divisão de Trabalho (EDT). Esta é um diagrama em forma de árvore e que contém todas as partes do projeto de tal modo que, por intermédio da mesma, pode-se calcular o custo total do projeto. A EDT é uma estrutura estável, associada o mais intimamente possível ao organograma do projeto.

A EDT se desdobra até um nível que seja possível calcular o custo e atribuir responsabilidades.

Para cada bloco, preparamos descrição das tarefas respectivas com o nome do responsável, cronograma e orçamento.

A EDT é assim a estrutura essencial do PCP na definição do trabalho, na atribuição de responsabilidades, na determinação do cronograma das tarefas e na preparação do orçamento e posterior controle de custo.

Assim o PCP é responsável pela resposta O QUANTO? Que seria um 4º quesito a acrescentar para a definição perfeita do projeto.

### 1.3.4 – Determinação da solução

Uma das características da Abordagem de Sistemas aplicada a projeto é dispender bastante esforço no enunciado do problema, contrariando muitas vezes o desejo do especialista em partir direto para a solução, que é por isso, muitas vezes, desvinculada dos objetivos. No Capítulo IV é apresentada uma introdução às análises que devem ser realizadas para se escolher a solução ótima, entre diversas alternativas que satisfazem aos objetivos do projeto (Análise de Sistemas Capítulo IV). A fig. 4.1 mostra o diagrama de fluxo e a lógica desenvolvida para se chegar à solução ótima (p.112).

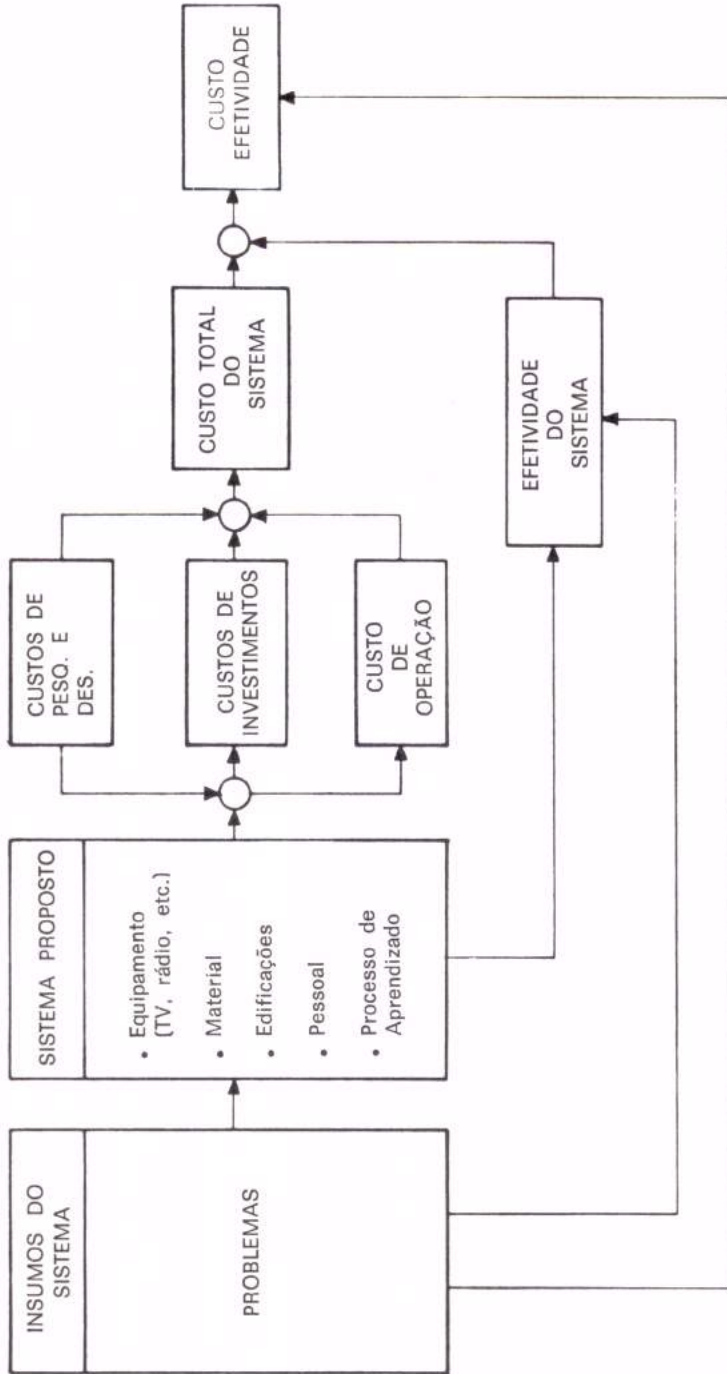
Na página 26, aparece um diagrama sobre um tipo de análise comumente desenvolvida que é a análise custo-efetividade.

Cada uma destas técnicas será descrita cuidadosamente nos capítulos seguintes.



Este conjunto de técnicas permite, assim, uma clara definição do trabalho, bem como uma distribuição precisa das responsabilidades. Além disso, serve de base para a montagem de um esquema de controle de tempo e custos do projeto, eliminando os problemas típicos descritos anteriormente.

No capítulo seguinte, mostraremos como estruturar um projeto para executar o processo de Engenharia de Sistemas. Nos demais, trataremos das atividades dos grupos de Engenharia de Sistemas e PCP de um projeto, que foram esboçadas de uma forma resumida neste capítulo.



Um tipo de diagrama para a análise de custo-efetividade



## BIBLIOGRAFIA

1. BERTALANFFY, Ludwig von, *General system theory*. New York, George Braziller [© 1968].
2. CARZO; YANOZAS, *Formal organization: a systems approach*. Irvin and Dorsey, 1967.
3. CHURCHMAN, C. West, *The systems approach*. New York, Dell Publishing, 1968.
4. CHURCHMAN, C. West; ACKOFF, R.; ARNOFF, E. L., *Introduction to operations research*. New York, John Wiley, 1957.
5. CULLITON, James W., *Age of synthesis*. Harvard, Harvard Business Review, 1962.
6. EASTON, *A systems analysis of political life*. New York, John Wiley, 1965.
7. ENCYCLOPAEDIA Britannica. Chicago, *Encyclopaedia Britannica*, 1969, vol. 17.
8. GOODE; Harry H.; MACHOL, Robert E., *System engineering*. New York, McGraw-Hill, 1967.
9. HALL, Arthur D., *A methodology for systems engineering*. Princeton, D. van Nostrand, 1962.
10. HARTLEY, Harry, *Educational planning-programming — budgeting: a systems approach*. New Jersey, Prentice-Hall, 1968.
11. JOHNSON, R.; KAST, F.; ROSENZWEIG, J. E., *The theory and management of systems*. New York, McGraw-Hill, 1967.
12. KAST, F. E.; ROSENZWEIG, J. E., *Organization and management: a systems approach*. McGraw-Hill, 1970.
13. LOOMIS, *Social systems*. D. van Nostrand, 1960.
14. MORAES, G. S., *Introdução à análise de sistemas*. São José dos Campos, CNAE, 1970.
15. OPTNER, Stanford L., *Systems analysis for bussiness management*. New Jersey, Prentice-Hall [© 1968].
16. WYMORE, A. WAYNE, *A notebook of systems engineering methodology*. Arizona, 1970.

## CAPÍTULO II

### *Estruturas de Organização*

---

#### 2.1 – INTRODUÇÃO

##### 2.1.1 – A estrutura de organização e o processo de engenharia de sistemas

**P**ara a execução do processo descrito no Capítulo anterior, é necessário agrupar o pessoal envolvido, formando uma estrutura de organização, indispensável para o trabalho em equipe. A estrutura utilizada é uma combinação de grupos de planejamento e controle e de especialidades. Os grupos de planejamento e controle executam as tarefas de planejamento e controle técnico (engenharia de sistemas — ES) e administrativo (planejamento e controle do projeto — PCP), enquanto que os grupos de especialidades executam as tarefas específicas. Nos capítulos seguintes será estudado o funcionamento dos dois grupos: ES e PCP. Para a montagem da estrutura é usado o que chamaremos de 'jogo das funções', pelo qual a mesma é orientada para os objetivos.

##### 2.1.2 – Organização

Em Administração, definimos *Organização* como o processo de estabelecer um sistema constituído por grupos de trabalho e relações de autoridade e de responsabilidade, de modo que cada pessoa saiba exatamente qual é a sua tarefa, qual é o relacionamento dessa tarefa com as outras e onde procurar autoridade para decisões. A Organização cria então condições para que cada pessoa componente consiga, como indivíduo e como parte de um todo, realizar o seu trabalho.

Poderíamos dizer que organizar exige os seguintes passos:

- identificar o trabalho a ser realizado para atingir os objetivos;
- agrupar o trabalho logicamente relacionado;
- definir as posições;
- definir e delegar autoridades e responsabilidades;
- estabelecer relações entre posições e grupos de trabalho.

### **2.1.3 – Organização formal e informal**

Dos passos anteriores formulam-se:

- o tipo adequado de estrutura;
- o tipo de exercício de autoridade conveniente;
- o tipo de agrupamento condizente com as normas de ação.

A organização assim formulada será descrita em manuais e seu funcionamento será orientado por normas e procedimentos, constituindo a 'estrutura formal de organização'. Na execução do trabalho como decorrência da própria natureza social do homem, surge a 'estrutura informal de organização', como resultado das interações humanas. O bom funcionamento da empresa depende da sensibilidade dos chefes para a coexistência entre as estruturas formal e informal de organização.

## **2.2 – ADMINISTRAÇÃO DE PROJETOS**

Durante a segunda Guerra Mundial já surgiram projetos de grande vulto, e com o advento da corrida espacial, a complexidade e a dimensão de alguns projetos cresceram tanto, que se tornou necessária a criação de escritórios de administração de projetos. Em alguns projetos muito grandes, existiam componentes cujo único relacionamento era pelo objetivo comum, exigindo por isso uma administração própria, isto é, seu próprio escritório de projeto.

Com o surgimento desses escritórios, uma função de destaque surgiu dentro da administração de projetos: a coordenação dos mesmos através da 'gerência do projeto'.

Um gerente de projeto tem como atribuições:

- assumir total responsabilidade pela sua execução, a despeito de eventuais dificuldades com chefes de outros setores;
- selecionar participantes para o seu projeto, formando grupos, que recebem as denominações de 'grupos-tarefa' ou 'forças-tarefa'.

Os 'grupos-tarefa' duram o tempo necessário para a execução de trabalhos específicos do projeto. Os componentes desses grupos agem por contacto horizontal com seus homólogos na mesma empresa ou nas empresas externas participantes do mesmo projeto. Esse contacto hori-

zontal, praticamente irrestrito, visa ao máximo de eficiência na execução da tarefa.

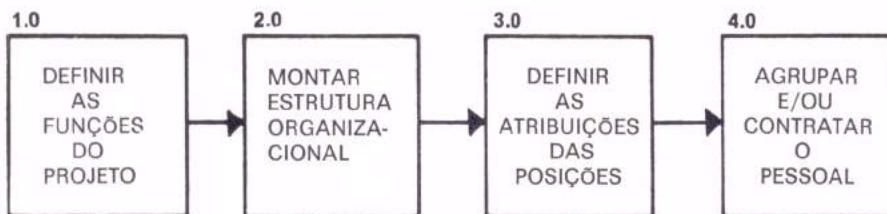
### 2.3 – QUANDO USAR ADMINISTRAÇÃO DE PROJETOS: CRITÉRIOS GERAIS

Não existe regra simples e precisa que determine quando usar administração de projetos, com a criação de grupos-tarefa, de duração determinada, para a execução de tarefas específicas. Entretanto, podemos aplicar alguns critérios gerais, como sejam:

- o objetivo não é simples e específico, como por exemplo, em alguns sistemas sócio-econômicos;
- o que vai fazer é novo, vultoso e complexo;
- o principal relacionamento entre as atividades está no objetivo final.

### 2.4 – FLUXO PARA INICIAR UM PROJETO

Vejamos agora uma seqüência lógica para iniciar um projeto. O fluxo a ser seguido pode ser representado pelo diagrama que se segue:



onde:

- 1.0: definir as funções do projeto: listar todas as funções que o projeto irá desempenhar;
- 2.0: montar a estrutura organizacional: formalizar relações de autoridade e responsabilidade;
- 3.0: definir as atribuições das posições: associar responsabilidades e autoridades a cada posição da estrutura organizacional;
- 4.0: agrupar e/ou contratar o pessoal: contratar elementos para cada posição da estrutura organizacional ou agrupar indivíduos disponíveis em face à prioridade do projeto.

### 2.5 – ESTRUTURA ORGANIZACIONAL

#### 2.5.1 – Elementos de uma estrutura organizacional

Na administração de projetos, devemos dar atenção não só à administração de rotina (necessidade atual) como também à pesquisa e desenvolvimento (necessidade futura = planejamento a longo prazo). Por outro lado, devemos dar atenção à escolha e relacionamento humano e líderes de grupo dos projetos, como também às facilidades tecnológicas neces-



sárias aos grupos de trabalho. Então, uma estrutura organizacional deve conter 4 elementos principais:

- *apoio aos grupos de especialidades*: facilidades tecnológicas dadas pela empresa aos vários grupos compostos de especialistas dos projetos;
- *gerência*: cada gerente de projeto é um agente unificador do mesmo com respeito a tempo, fundos, pessoal, material, tecnologia e interfaces;
- *administração de rotina*: executar as atividades de relacionamento entre tarefas;
- *pesquisa e desenvolvimento* (planejamento a longo prazo): relacionamento com o progresso nas áreas de especialidades e com o desenvolvimento de planos futuros da empresa.

### 2.5.2 – Montagem da estrutura: “O jogo das funções”

Para a síntese de um determinado nível da estrutura organizacional, há o recurso prático, a que chamamos de ‘jogo das funções’.

Tal ‘jogo’ consiste em determinar todas as funções que se espera sejam necessárias ao projeto e escrever cada uma delas em um cartão individual. Temos assim um conjunto de cartões correspondendo ao conjunto de funções identificadas.

De posse desses cartões, formamos uma equipe, constituída de elementos da coordenação do projeto, e distribuimos a cada um uma só cópia do conjunto de cartões. Cada participante deve agrupar as funções afins que encontrar no conjunto de cartões. Assim que todos agruparem as funções afins, o assunto é discutido em termos de equipe, até que se chegue a um acordo sobre o melhor agrupamento das funções. Quando esse acordo for alcançado, temos as divisões principais do projeto, ou seja, o primeiro nível da estrutura, bastando dar nome a cada divisão ou subconjunto de funções.

Esse tipo de abordagem traz as seguintes vantagens:

- ajuda o administrador a desenvolver entre os participantes uma boa comunicação e um entendimento global da estrutura organizacional;
- permite que a estrutura atenda, realmente, aos objetivos e às funções que deve desempenhar.

*A estrutura organizacional para o “Experimento Educacional do Rio Grande do Norte”, do ‘Projeto SACI’, foi montada usando-se o ‘jogo das funções’. A cada componente da equipe (constituída por quatro elementos da coordenação do projeto) foi distribuído um conjunto de cartões, com uma função escrita em cada um. As funções a serem desempenhadas pelo “Experimento do Rio Grande do Norte” podem ser resumidas em:..*

1. *Determinação das características educacionais do Rio Grande do Norte;*
2. *Planejamento do programa educacional;*
3. *Avaliação educacional do Experimento;*
4. *Determinação das necessidades e acompanhamento, de preparação da programação didática e sua conseqüente transformação em aulas gravadas em fitas de vídeo e áudio ou filmes;*



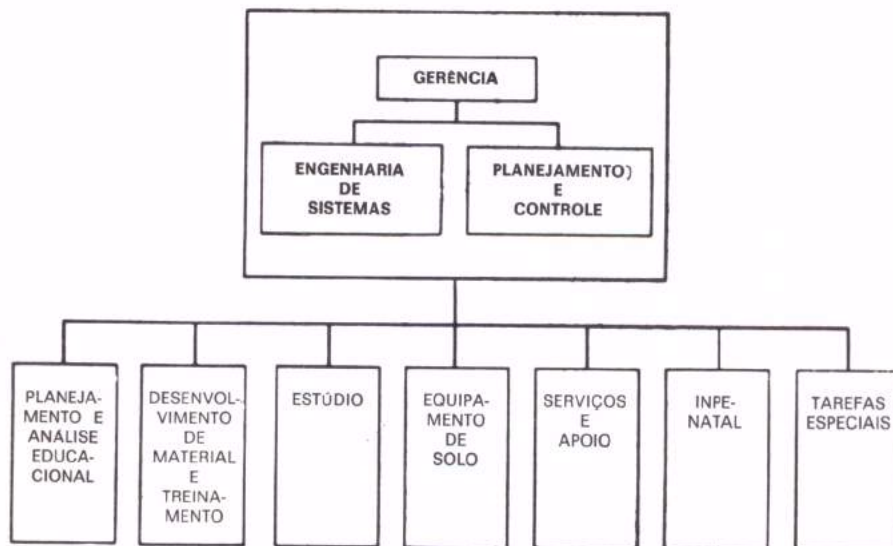
5. *Determinação das necessidades, acompanhamento e avaliação dos cursos de capacitação, aperfeiçoamento e treinamento de professores primários;*
6. *Determinação das necessidades de pessoal e de facilidades de estúdio para produção das aulas de TV e rádio e conseqüente ativação dos passos necessários a satisfazer as referidas necessidades;*
7. *Determinação das necessidades e realização de treinamento de pessoal de TV e rádio;*
8. *Preparação das especificações de todos os equipamentos necessários à transmissão, recepção e distribuição às salas de aula dos sinais eletromagnéticos referentes aos programas educacionais;*
9. *Acompanhamento, desenvolvimento, fabricação, entrega, instalação e testes finais dos equipamentos da função 8.*
10. *Determinação das necessidades relacionadas com a engenharia civil (facilidades), transporte e comunicações (logística);*
11. *Atendimento das necessidades da função 10;*
12. *Instalação e manutenção de todos os equipamentos do experimento;*
13. *Coordenação técnica de todos as funções, de modo a haver compatibilidade no trabalho;*
14. *Planejamento e integração do sistema global, compatibilizando os objetivos e cuidando que os mesmos sejam atingidos;*
15. *Coordenação administrativa de modo que os trabalhos se completem dentro dos prazos e custos previstos;*
16. *Preparação de normas e procedimentos internos do projeto;*
17. *Apoio administrativo ao projeto;*

As funções afins foram agrupadas, resultando em 7 grupos de trabalho:

- Grupo de planejamento e análise educacional
  - funções: 1, 2 e 3
- Grupo de desenvolvimento de material e treinamento
  - funções: 4 e 5
- Grupo de estúdio
  - funções: 6 e 7
- Grupo de equipamento de solo
  - funções: 8 e 9
- Grupo de serviços e apoio
  - funções: 10, 11 e 12
- Grupo de engenharia de sistemas
  - funções: 13 e 14
- Grupo de planejamento e controle
  - funções: 15, 16 e 17

Além dos grupos genéricos acima citados, foi julgado conveniente mostrar no organograma um bloco para 'INPE-NATAL' e o outro para 'Tarefas especiais', este último permitindo atender a tarefas de curta duração mas de interesse para o projeto.

A estrutura organizacional do 'Experimento' pode ser representada pelo diagrama seguinte:



### 2.5.3 – Alternativas organizacionais para um projeto

“O desempenho de um grupo de pessoas é uma função poderosa da capacidade dos indivíduos e uma função bastante fraca da maneira como eles são organizados”.

Aqui daremos apenas a alternativa da 'organização matricial'; as outras serão vistas no item 2.6.2.

O tipo de organização usado com freqüência cada vez maior em empresas que desenvolvem projetos é a 'organização matricial', pois proporciona condições de flexibilidade e funcionalidade adequadas para atender às mudanças do ambiente e à dinâmica das empresas. Permite estabelecer um sistema adaptável de recursos e procedimentos para atingir os objetivos preestabelecidos.

Os grupos funcionais<sup>18</sup> dão nome às colunas e os projetos dão nome às linhas. Cada elemento da matriz é, ao mesmo tempo, parte do grupo funcional que dá nome à coluna e parte do projeto que dá nome à linha.

Nas colunas, temos autoridade e responsabilidade funcional. Nas linhas temos autoridade e responsabilidade do projeto.

A organização do projeto é composta de um gerente e dos respectivos elementos que realizam os trabalhos exigidos, coordenados pelo gerente, e voltam para os respectivos grupos funcionais após sua execução.

<sup>18</sup> GOODE, H. H.; MACHOL, R. E., *System Engineering*; McGraw-Hill; 1957

<sup>19</sup> Os grupos funcionais são os grupos de especialidades dentro de uma empresa. Assim por exemplo: engenharia, finanças, vendas, etc., no item 2.6.2 é visto como uma empresa pode ter sua estrutura orientada para essas funções.

**Apresenta as vantagens seguintes:**

- permite um alto grau de especialização, devido à pesquisa existente nos grupos funcionais;
- elimina mão-de-obra ociosa, pois o elemento ou está prestando serviços a algum (ou alguns) projeto(s) ou está desenvolvendo pesquisa dentro do grupo fundamental;
- elimina extensas cadeias hierárquicas, pois existe comunicação entre projetos e funções, sem necessidade obrigatória de passagem em níveis hierárquicos superiores.

**Apresenta a desvantagem:**

- se não houver um adequado relacionamento humano entre os chefes de grupos funcionais e gerentes de projeto, pode haver conflito de autoridade.

Esse tipo de organização se caracteriza por mudanças contínuas de ambiente e serviços; requer então do pessoal novos conhecimentos, habilidades, capacidades de adaptação e uma grande dinâmica de trabalho. A estrutura matricial tem substituído em vários casos os tipos de estruturas tradicionais em empresas que desenvolvam tarefas com duração determinada.

*Para melhor caracterização deste tipo de estrutura, daremos como exemplo a sua aplicação a um setor do INPE: o "Núcleo de Análise de Sistemas".\**

*O Núcleo de Análise de Sistemas foi estruturado nos seguintes grupos:*

- *Sistemas e Computação;*
- *Ciência de Administração;*
- *Economia;*
- *Matemática Aplicada;*
- *Recursos Naturais;*
- *Recursos Humanos.*

*Em cada grupo existem pesquisas, orientadas para os objetivos do Núcleo.*

*Quando se atribui um novo projeto ao Núcleo (geralmente projetos de curta duração e de abordagem de algum problema específico), são trazidas dos grupos as pessoas disponíveis que forem necessárias à sua execução.*

*Por exemplo, no Projeto A (ver Figura 2.1) o pessoal é do grupo de Computação e Recursos Humanos; já no Projeto B, o pessoal é formado dos grupos de Computação, de Economia e de Matemática Aplicada. Assim que terminar qualquer desses projetos, o pessoal que estava trabalhando na sua execução volta para os respectivos grupos, onde continua com as pesquisas até serem designados para outros projetos. Para não haver descontinuidade nas pesquisas dos grupos, os elementos podem dedicar parte do seu tempo a elas. Um mesmo elemento pode prestar serviços a vários projetos e ainda participar das pesquisas do seu grupo.*

\* São usados caracteres tipográficos diferentes para se indicar os exemplos.

*O funcionamento do INPE é análogo ao do NAS, porém na horizontal temos as Divisões e na vertical temos as Coordenações de Projetos da instituição. No caso do INPE, existe a possibilidade de pessoas serem contratadas especialmente para tarefas específicas em um projeto.*

*O diagrama organizacional seguinte (página 45) mostra o 'retrato do NAS' no momento. O quadro de convenções ajuda o entendimento da estrutura.*



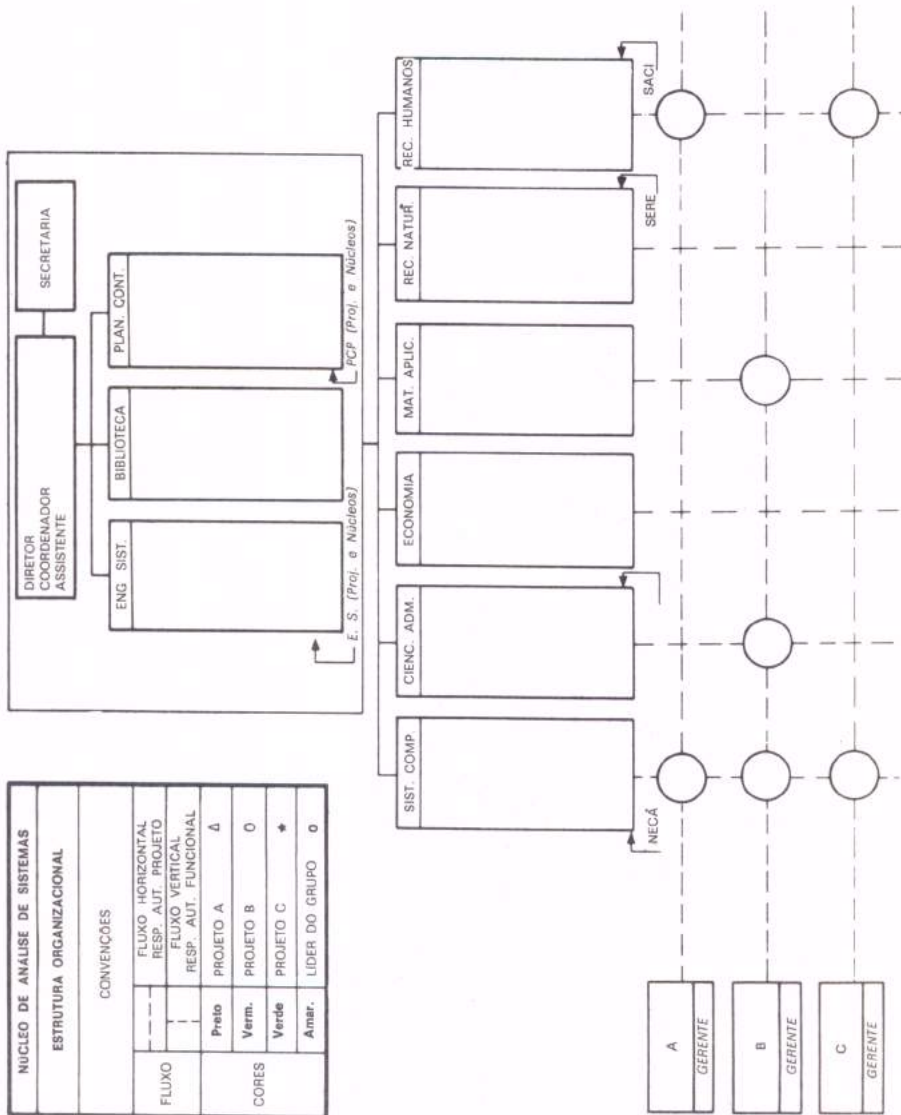


FIG. 2.1

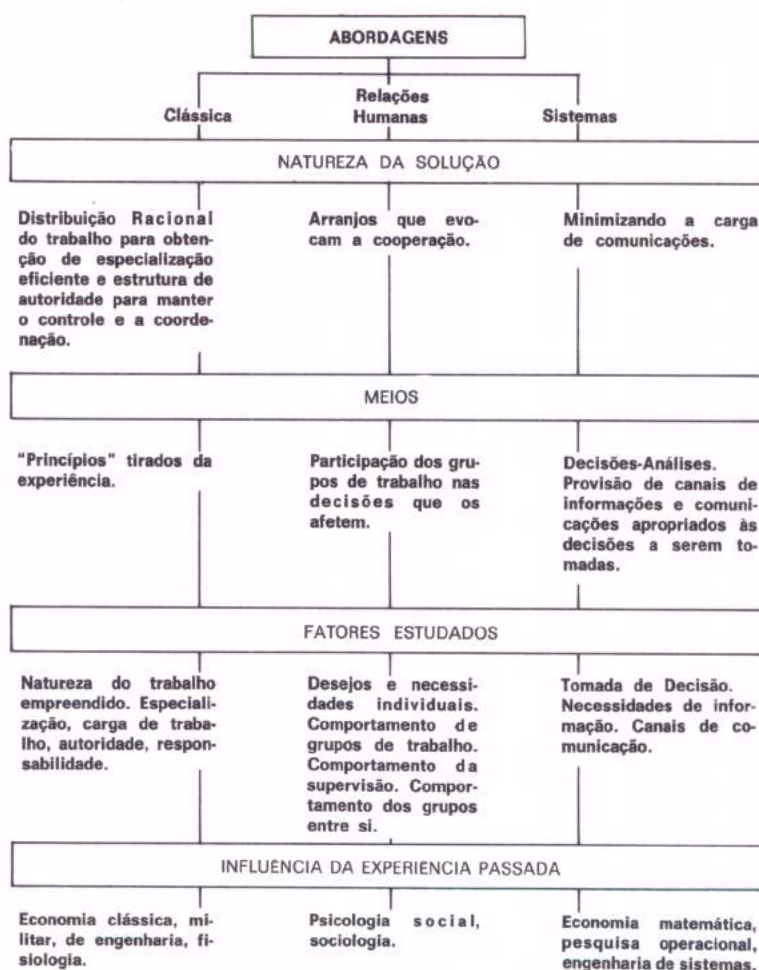


## 2.6 – COMPARAÇÕES

### 2.6.1 – A estrutura organizacional e as abordagens

Através dos tempos, a problemática de estruturar uma empresa vem sendo tratada sob os mais diferentes aspectos (tipos de abordagem). Cada tipo de abordagem tem deixado um saldo positivo de conhecimentos sobre essa estruturação. Os principais tipos de abordagens são: a clássica, a de relações humanas e a mais recente, a de sistemas.

No diagrama que se segue damos uma representação esquemática dos tipos de abordagens utilizados na montagem da estrutura organizacional de uma empresa.<sup>11</sup>

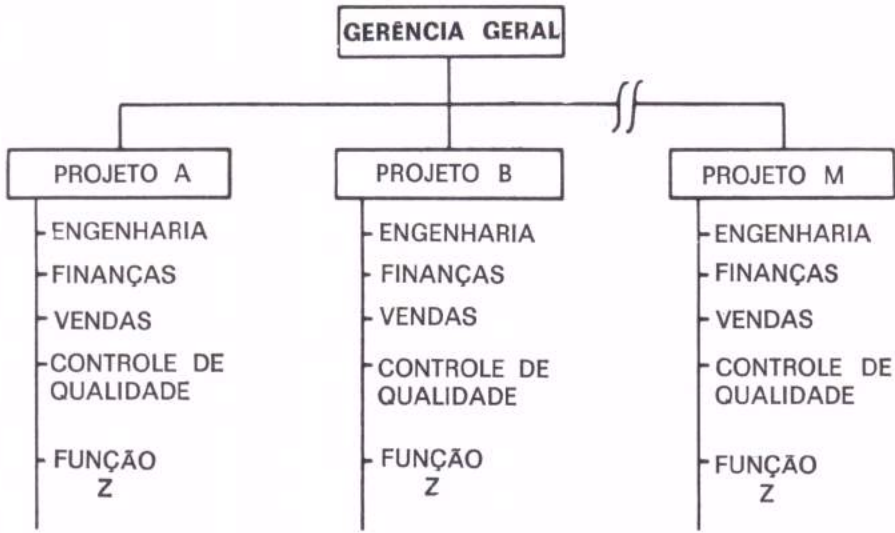


<sup>11</sup> O'Shaghnessy, J., *Organização de Empresas*, Editora Atlas, dez. 1968.

### 2.6.2 – A estrutura organizacional e as orientações: projeto e funções

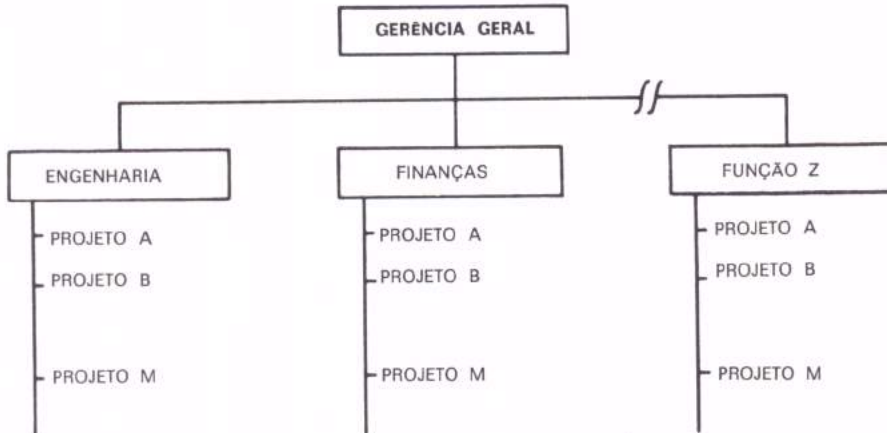
Uma empresa que desenvolva projetos pode ter sua estrutura orientada para esses projetos (administração de projetos) ou para as funções (administração tradicional).

Uma empresa é totalmente orientada para projetos se tiver a sua estrutura, por exemplo, como a que se segue:



A vantagem principal é a autoridade total sobre o projeto. A principal desvantagem em uma companhia de vários projetos é a duplicação (triplicação, ...) de esforços e facilidades.

Uma empresa é totalmente orientada para funções se tiver a sua estrutura, por exemplo, como a que se segue:



As vantagens são:

- flexibilidade no uso da mão-de-obra;
- conhecimentos e experiência são transferidos de um projeto para outro;
- a empresa forma quadros altamente treinados de especialistas;
- existe uniformidade nas normas e procedimentos, de um projeto para outro.

As desvantagens são:

- não dá ênfase necessária para os projetos;
- não existe um responsável total pelo projeto;
- é difícil atribuir responsabilidades.

A 'organização matricial', vista no item 2.5.3, nada mais é do que a combinação desses dois tipos de orientação, ou seja, poderíamos dizer que a 'organização matricial' tem orientação 'projeto-funcional'.

Completando o item, temos a Tabela II.I com comparações entre os dois tipos de orientação: pontos de vista funcional e do projeto.

OBS.: Na Tabela II.I

- *linha*: — uma relação envolvendo autoridade de comando com respeito aos resultados finais. Os elementos '*de linha*' da organização são aqueles que têm responsabilidade e autoridade para a execução dos objetivos primários, ou resultados finais, da organização.
- *staff*: — uma relação que envolve uma posição ou elemento da organização dando conselhos e serviços para outra posição ou elemento. Elementos do '*staff*' da organização tem papel predominante de aconselhamento e de serviços.

**TABELA III**

**PONTO DE VISTA DO PROJETO  
E PONTO DE VISTA FUNCIONAL (TRADICIONAL)**

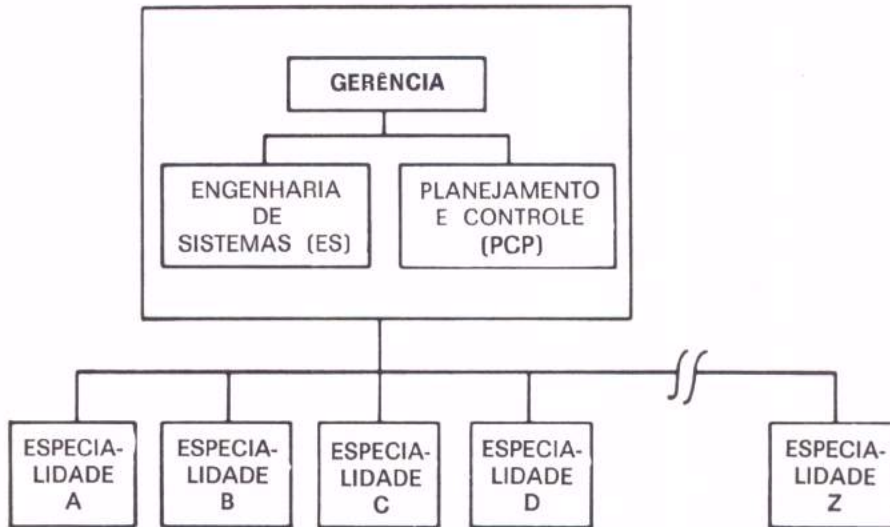
FENÔMENOS	PONTO DE VISTA DO PROJETO	PONTO DE VISTA FUNCIONAL (TRADICIONAL)
Dicotomia Organizacional Linha-staff	Vestígios do modelo hierárquico permanecem; mas as funções por 'linha' são colocadas numa posição de apoio. Uma rede de relações de autoridade e responsabilidade subsiste.	As funções por 'linha' têm responsabilidade direta pela organização dos objetivos. As funções por 'linha' comandam; o STAFF aconselha.
Princípio Escalar	Elementos da cadeia vertical subsistem, mas a ênfase fundamental é colocada no fluxo de trabalho diagonal e horizontal: os negócios importantes são conduzidos conforme as exigências da legitimidade da tarefa.	A cadeia de relações de autoridade se desenvolve do superior para o subordinado na organização: os negócios importantes, decisivos e centrais são conduzidos em ordem na hierarquia vertical.
Relação Superior-subordinado	As relações de igual para igual, de gerente para especialista técnico, de associado para associado, etc.	Esta é a relação mais importante; mantida saudável, seguir-se-á o sucesso. Todos os negócios importantes são conduzidos através de uma estrutura piramidal de superiores e subordinados.
Objetivos Organizacionais	A direção de um projeto torna-se atividade conjunta de muitas organizações relativamente independentes. Assim, o objetivo torna-se multilateral.	Os objetivos organizacionais são perseguidos pela unidade-matriz (um conjunto de suborganizações) a qual funciona dentro de seu ambiente: o objetivo é unilateral.
Unidade de Direção	O gerente do projeto dirige através de linhas funcionais e organizacionais a fim de realizar um objetivo interorganizacional comum.	O gerente age como chefe único de um grupo de atividades, as quais têm o mesmo plano.
Igualdade de Autoridade e Responsabilidade	Existe considerável oportunidade para que a responsabilidade do gerente exceda a sua autoridade. As pessoas de apoio são muitas vezes responsáveis para com outros gerentes por pagamento, por execução de relatórios, promoções, etc.	Coerente com a direção funcional a integridade da relação superior-subordinado é mantida através da autoridade funcional e dos serviços do STAFF consultivo.
Duração	O projeto (e conseqüentemente a organização) é de duração finita.	Tende a perpetuar-se para prover apoio de facilidades continuado.

\* Fonte: DAVID, I., Cleland, *Understanding Project Authority*. Business Horizons, Spring, 1966.

## 2.7 – COMENTÁRIOS FINAIS

Como foi visto no item 2.1.1, a estrutura de projetos que utilizam a abordagem de sistemas é composta dos grupos de Planejamento e Controle do Projeto (PCP), Engenharia de Sistemas (ES) e Especialidades.

Esquemáticamente, representaríamos tal estrutura pela figura seguinte:



Nos Capítulos seguintes, estudaremos com detalhes as funções dos Grupos de Engenharia de Sistemas, Planejamento e Controle do Projeto. Enquanto o grupo de PCP tem funções de planejamento e controle administrativo, o grupo de ES tem as funções de planejamento e controle técnico.

O Grupo de ES tem duas funções básicas:

- Coordenação técnica dos grupos funcionais do projeto, de modo a haver perfeita compatibilidade entre os trabalhos dos mesmos;
- Planejamento e integração do sistema global, estabelecendo os objetivos do projeto e cuidando para que os mesmos sejam atingidos.

Na fase <sup>12</sup> de *planejamento* do projeto algumas das funções do grupo de ES seriam:

<sup>12</sup> O processo de ES compreende uma série de fases cronológicas, que serão descritas com detalhe no Capítulo III. Nesta publicação estamos considerando as seguintes fases:

- planejamento;
- desenvolvimento;
- produção;
- pré-operação;
- operação;
- encerramento (avaliação final).



- definir os objetivos;
- preparar o documento preliminar de requisitos;
- preparar árvore de especificações preliminares;
- preparar especificações preliminares;
- preparar modelos do sistema;
- avaliar as alternativas do sistema;
- selecionar e definir o sistema;
- preparar documento final de requisitos;
- preparar árvore de especificações finais;
- preparar especificações finais.

Nas fases: desenvolvimento, pré-operação e operação, o grupo controla e revê, respectivamente, o desenvolvimento, a implantação e a operação do sistema. Na fase de avaliação, o grupo coordena e elabora relatório com recomendações.

O grupo de PCP tem como função básica a assessoria administrativa ao gerente do projeto, compreendendo:

- planejamento da estrutura de organização;
- planejamento e controle do progresso (PERT, cronogramas, etc.);
- planejamento e controle de custos (definição do trabalho EDT, etc.);
- controle de documentação;
- relatórios de progresso;
- outros.

## BIBLIOGRAFIA

1. ALLEN, L. A., *Management & Organizations*. New York, McGraw-Hill [© 1968].
2. CLELAND, D. I.; and KING, W. R., *Systems analysis and project management*. New York, McGraw-Hill [© 1968].
3. CLELAND, D. I.; and KING, W. R., *Systems, organizations, analysis: A book of readings*. New York, McGraw-Hill [© 1968].
4. CLELAND, D. I., *Organizational dynamics of project management; IEEE transactions on engineering management*. Dec. 1966.
5. GOODE, H. H.; MACHOL, R. E., *Systems engineering*. New York, McGraw-Hill [© 1957].
6. GOODMAN, R. A., *Organization and manpower utilization in research and development; IEEE transactions on engineering management*. Dec. 1968.
7. KAST, F. R. ROSENZWEIG, *Organization and management: A systems approach*. New York, McGraw-Hill [© 1970].
8. KOONTZ, H. D.; O'DONNELL, C. J., *Principles of management*. New York, McGraw-Hill [© 1964].
9. KOONTZ, H. D.; O'DONNELL, C. J., *Management: a book of readings*. New York, McGraw-Hill [© 1968].
10. MILLER, R. W., *Schedule, cost and profit control with PERT*. New York, McGraw-Hill [© 1963].
11. O'SHAUGHNESSY, J., *Organização de Empresas*. São Paulo, Editora Atlas S. A., 1968.



## CAPÍTULO III

### *Engenharia de Sistemas*

---

#### 1. – INTRODUÇÃO

Neste capítulo deter-nos-emos, com mais cuidado, na descrição da aplicação da abordagem de sistemas ao planejamento e execução de projetos: a Engenharia de Sistemas. Repetindo, lembramos que este processo envolve uma série de passos: alguns de caráter técnico, e outros, de caráter administrativo. Como já vimos em capítulo anterior, distribuímos estas atividades entre dois grupos, um que chamamos de Planejamento e Controle do Programa<sup>13</sup> (PCP) descrito no Capítulo V e outro que chamamos de Engenharia de Sistemas<sup>14</sup> (ES).

Estritamente falando, a Engenharia de Sistemas não é uma invenção ou novidade; a sua característica fundamental é a preocupação constante com a lógica e assim procura utilizar de forma coerente o enfoque sistêmico.<sup>15</sup>

Convém ressaltar que a metodologia que aqui será descrita envolve uma série de técnicas, mas o número e tipo de técnicas a utilizar dependerão das características do sistema que queremos projetar.

Portanto a *Engenharia de Sistemas* cuida da criação, implementação, análise, modificação e avaliação de sistemas.

Dada a inter-relação entre ES e o PCP, mencionaremos aqui algumas das funções deste. Mais tarde, no Capítulo V repetiremos essas funções mais pormenorizadamente.

<sup>13</sup> Grupo de Planejamento e Controle do Programa: é um grupo encarregado de planejar e controlar o programa ou projeto nos aspectos de progresso, custo e documentação.

<sup>14</sup> Convém salientar a diferença entre o processo de Engenharia de Sistemas que consiste no conjunto de passos necessários para planejar e executar o programa ou projeto e o grupo de Engenharia de Sistemas que executa alguns desses passos.

<sup>15</sup> Enfoque sistêmico: é o conjunto dos tipos de abordagens que podemos utilizar para encarar o sistema.

## 2 – FINALIDADES DA ENGENHARIA DE SISTEMAS

A Engenharia de Sistemas, como a Engenharia de um modo geral, procura aplicar as descobertas científicas para satisfazer às necessidades humanas, isto é, procura criar ou modificar sistemas já existentes que as satisfaçam.

Entretanto, enquanto os ramos tradicionais da Engenharia se preocupam apenas em projetar sistemas específicos, por exemplo, elétricos, mecânicos, etc., a Engenharia de Sistemas está voltada para o projeto de sistemas de um ponto de vista *global*.

O leitor desavisado poderia imaginar que a Engenharia de Sistemas é exercida só por engenheiros; entretanto, o termo engenharia é aqui utilizado no seu sentido amplo de criar ou projetar.

É evidente que qualquer equipe que projeta um sistema, levando em conta os seus diversos aspectos, composta por exemplo de sociólogos, educadores, engenheiros, economistas ou administradores, está fazendo o que chamamos de Engenharia de Sistemas.

Vejam, em geral, o que deve ser levado em conta no processo de Engenharia de Sistemas:

- 1 — Planejamento do programa ou projeto a curto e a longo prazo, orientado para os objetivos que se deseja atingir.
- 2 — Avaliação e controle contínuos e efetivos para verificar se os objetivos estão sendo atingidos.
- 3 — Interfaces com outros sistemas.

## 3 – GRUPO DE ENGENHARIA DE SISTEMAS

Como já dissemos, o grupo de Engenharia de Sistemas é responsável por alguns passos na execução do processo de Engenharia de Sistemas, mais especificamente, cuida da definição do problema, seleção da solução ótima, integração das diferentes partes do sistema e avaliação do mesmo. É, portanto, o grupo que tem uma visão global do projeto.

Dentro do que foi dito no Capítulo I (Abordagem de Sistemas), o grupo de Engenharia de Sistemas é responsável pelo *O QUE* na definição do problema, ou seja:

- determinação dos objetivos
- estabelecimento dos requisitos
- preparação da árvore de especificações
- confecção e utilização de 'ferramentas' e procedimentos para chegar às especificações finais (folhas de alocação de requisitos e folhas de projeto)
- preparação das especificações finais.

O grupo de Engenharia de Sistemas é responsável também pelo *COMO* na definição do problema, ou seja:

- elaboração do diagrama de fluxo de trabalho
- descrição e integração das funções do mesmo
- outros.



No caso de um projeto interdisciplinar, onde operam vários grupos, que atacam subsistemas do sistema total, o grupo de Engenharia de Sistemas procura:

- 1 — Canalizar as comunicações entre todos os grupos, que juntamente com ele abordam o problema.
- 2 — Otimizar os trabalhos dos diversos grupos em termos do programa como um todo, devendo receber as especificações preliminares das várias alternativas dos diversos subsistemas e, com isso, determinar a configuração ótima do sistema.
- 3 — Na seleção de uma alternativa, levar sempre em consideração os requisitos estabelecidos para o sistema, o custo de todas as outras alternativas, as contingências que o sistema possa vir a enfrentar, e, ainda, a utilização do pessoal e dos equipamentos que fazem parte do sistema.
- 4 — Convocar e conduzir reuniões entre os diversos grupos, buscando com isso as melhores soluções para os diversos problemas existentes.

Ao grupo de Engenharia de Sistemas não interessa diretamente o cumprimento dos prazos e custos previstos, de todas as tarefas de um projeto, pois isto compete ao grupo de Planejamento e Controle do Programa, cuja dinâmica será estudada em outro capítulo. No entanto, ele está interessado em prover a qualidade adequada ao sistema como um todo, integrando suas diversas partes.

É interessante que o grupo de Engenharia de Sistemas utilize as modernas técnicas de *dinâmica de grupo* na condução dos debates necessários à integração das tarefas dos diversos grupos.

Deve-se dar ênfase ao fato de que o grupo de Engenharia de Sistemas está particularmente interessado na qualidade e compatibilidade de todas as tarefas e em sua consistência frente aos objetivos do programa.

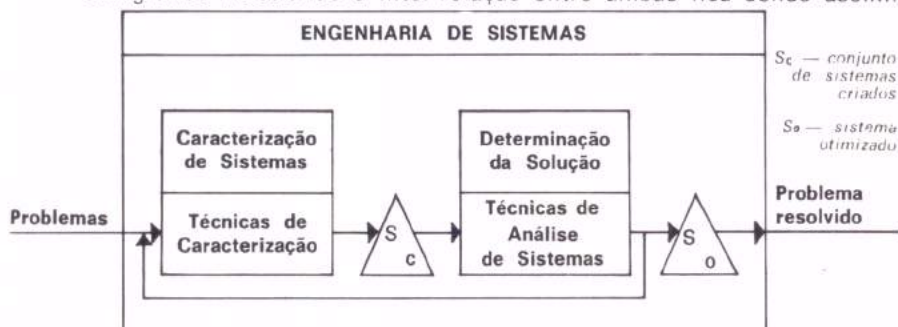
#### 4 - DIVISÃO DA ENGENHARIA DE SISTEMAS

Vamos dividir a Engenharia de Sistemas em duas partes:

- caracterização de Sistemas<sup>16</sup>;
- determinação de solução (Análise de Sistemas, Capítulo IV).

Para ambas estudaremos a sua dinâmica e a sua técnica.

Um gráfico mostrando a inter-relação entre ambas fica sendo assim:



<sup>16</sup> No Capítulo I (Abordagem de Sistemas) foi chamada Caracterização de Sistemas de Definição do Projeto.

## **4.1 – CARACTERIZAÇÃO DE SISTEMAS**

É a parte da Engenharia de Sistemas que cuida da criação, implementação e modificação de sistemas.

Nesta etapa, estamos definindo o enunciado do problema caracterizando, assim, um conjunto de sistemas possíveis de satisfazer o enunciado.

### **4.1.0 – Processos e técnicas de engenharia de sistemas**

Inicialmente descreveremos o processo de Engenharia de Sistemas em detalhes reforçando o que foi dito no Capítulo I (Abordagem de Sistemas). Em seguida apresentaremos algumas das técnicas utilizadas neste processo.

#### **4.1.1 – Processo de engenharia de sistemas**

Podemos descrever o processo de Engenharia de Sistemas de duas maneiras:

- 1 – Fases cronológicas do projeto de um sistema;
- 2 – Passos lógicos.

##### **4.1.1.1 – Fases cronológicas compõem-se de:**

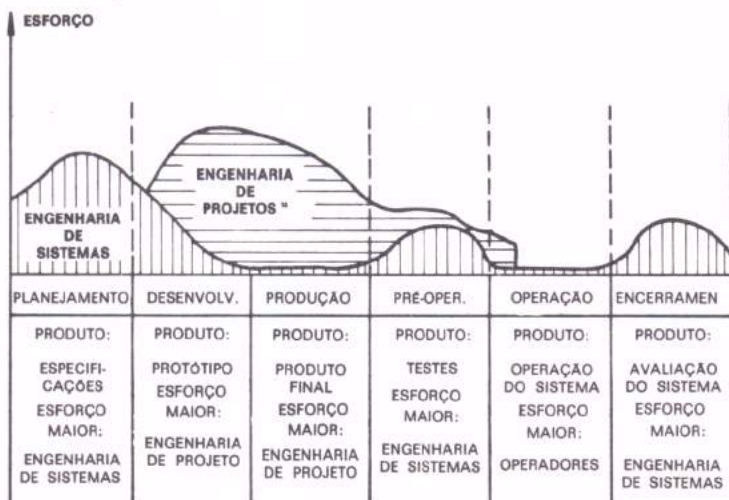
Planejamento, Desenvolvimento, Produção, Pré-operação, Operação e Encerramento com avaliação final.

###### **4.1.1.1.1 – Planejamento**

Esta fase se caracteriza pela definição clara dos objetivos a atingir com o projeto em questão. A partir destes objetivos, estabelecem-se os requisitos<sup>11</sup> a que o sistema deve satisfazer. São, então, realizadas análises das diferentes alternativas, selecionando-se a solução ótima. O produto final desta fase é, assim, a caracterização perfeita do sistema a ser desenvolvido, e que é descrita em documentos denominados especificações. É nesta fase que se concentra a maior parte do trabalho de Engenharia de Sistemas. Não é demais ressaltar que toda esta publicação está orientada para a descrição das técnicas utilizadas, principalmente nesta fase.

<sup>11</sup> Ver requisitos na Seção 4.1.2.2.

Damos a seguir um esquema que mostra a relação entre as diversas fases de um projeto.



A título de exemplo citamos aqui o Projeto SACI, do INPE, cuja meta é o lançamento, em princípios de 1976, de um satélite nacional para retransmitir programas educativos através de rádio e TV.

Ao se planejar o programa deste projeto, decidiu-se que o mesmo seria dividido em três etapas:

- 1 — *Etapa Inicial* — concretização em 1971, trata da ligação INPE-STANFORD, através do satélite americano ATS-III, para transmitir cursos de pós-graduação das universidades americanas para o Brasil e programas constantes de aspectos culturais brasileiros para os EEUU, uso de troca de informações técnicas, ligação entre computadores, etc.
- 2 — *Transmissão de programas educacionais brasileiros para uma zona-teste no Rio Grande do Norte (RN).*
- 3 — *Extensão do projeto a todo o território nacional.*

#### 4.1.1.1.2 – Desenvolvimento

Aqui desenvolvemos o plano preparado na fase anterior, usando as especificações como entrada. Também construímos ou produzimos protótipos que devem ser testados e refinados até o ponto em que podemos preparar especificações de produção, como desenhos detalhados, lista de material, etc., que serão entregues aos fabricantes, produtores, etc.

No caso do Experimento Educacional do RN, é aqui que montamos protótipos de equipamentos e produzimos programas experimentais de Rádio e TV para serem testados.

<sup>13</sup> Engenharia de Projeto: estamos usando aqui engenharia de projeto no seu sentido amplo, ou seja, qualquer grupo especializado que projete componentes específicos de um sistema em detalhes. Por exemplo: no Projeto SACI, tanto os engenheiros eletrônicos que projetam os receptores de TV quanto os educadores que projetam os textos e material didático de acompanhamento das aulas, são considerados engenheiros de projeto, de acordo com o que estamos definindo.



#### **4.1.1.1.3 – Produção**

As especificações preparadas na fase anterior são transformadas em produtos finais. *No caso do nosso exemplo, temos: Produção dos programas educativos definitivos, fabricação dos equipamentos, impressão do material de acompanhamento e de avaliação, treinamento do pessoal operacional, construção e adaptação de prédios, etc.*

#### **4.1.1.1.4 – Pré-operação**

Aqui estão envolvidas todas as atividades relacionadas a distribuição, instalação, organização das vendas, recebimento e armazenamento dos materiais, etc. *No caso do exemplo que estamos citando, é onde fazemos a inspeção das construções, transportamos e instalamos o equipamento nas escolas e demais locais, liberamos os professores para as escolas, distribuimos o material educacional (livros, fitas, etc.) para as escolas, estações transmissoras, etc.*

#### **4.1.1.1.5 – Operação**

Durante esta fase, costumam aparecer problemas provenientes da aplicação dos planos. Isto porque, ao projetarmos o sistema, fazemos simplificações necessárias de modo a não complicar demasiadamente a nossa tarefa, isto é, o modelo do sistema, como foi notado no Capítulo I — Abordagem de Sistemas —, é propositadamente simplificado.

Então, ao aparecerem esses problemas, devemos novamente fazer a reciclagem através dos passos lógicos citados anteriormente. Esta fase, naturalmente se superpõe as fases de Pré-Operação e Encerramento.

A intensidade de tal superposição varia de sistema para sistema. Podemos dizer que na fase de Operação é que vemos, realmente, a razão de ser da Engenharia de Sistemas, pois utilizando esta metodologia, nesta fase iremos colher os melhores frutos.

#### **4.1.1.1.6 – Encerramento**

Algumas vezes, a fase de Encerramento é chamada de fase da Avaliação. Na realidade, o nome Avaliação é bastante válido, porém, isto não significa que só se faça avaliação no final. Na verdade desde as primeiras fases do projeto, nós pensamos em avaliação, em termos de procedimentos, definição de critérios, etc. Além disso, durante a fase de operação, nós fazemos Avaliação propriamente dita, com finalidade de realimentar o nosso sistema com informações relevantes, permitindo inclusive melhorias no mesmo. De modo que o nome Encerramento é mais significativo do que Avaliação para esta fase do processo.



#### **4.1.1.2 – Passos lógicos**

Temos os seguintes passos lógicos, que devem ser obedecidos em qualquer das fases descritas no item anterior:

Formulação do Problema, Definição de uma Escala de Valores, Síntese de Sistemas, Análise, Otimização das Alternativas, Seleção de Alternativas e Planejamento para Ação.

##### **4.1.1.2.1 – Formulação do problema**

Neste passo, incluímos a constatação dos fatores, estudos do meio ambiente, das necessidades, das restrições (financeiras, econômicas, legais, políticas, etc.), das tendências, etc.

##### **4.1.1.2.2 – Definição de uma escala de valores**

Com base nas informações anteriores, estabelecemos os objetivos que queremos alcançar e os critérios de decisão, segundo os quais as diversas alternativas serão computadas. Exemplos de critérios de decisão: desempenho, custo, tempo, confiabilidade, flexibilidade e outros.

##### **4.1.1.2.3 – Síntese de sistemas**

Procuramos a criação de várias alternativas que solucionem o problema e satisfaçam as necessidades.

##### **4.1.1.2.4 – Análise**

Com este passo, fazemos a dedução das conseqüências de cada uma das alternativas. Estas conseqüências são deduzidas através de uma variação dos parâmetros do Sistema e sua influência sobre o comportamento do mesmo. Isto será visto pormenorizadamente no Capítulo IV.

##### **4.1.1.2.5 – Otimização das alternativas**

Para que possamos fazer uma escolha racional de uma alternativa, torna-se necessário que cada uma delas seja otimizada, de modo a evitar polarização ou parcialidades no passo seguinte.

##### **4.1.1.2.6 – Seleção de alternativas**

Fazemos a combinação e avaliação das conseqüências, deduzidas

através da Análise para cada alternativa otimizada. Aqui é, portanto, a TOMADA DE DECISÃO, na qual a melhor alternativa é selecionada, segundo a nossa escala de valores, como veremos no Capítulo IV.

#### 4.1.1.2.7 – Planejamento para ação

Consiste na divulgação de resultados, de informações, de cronogramas, de alocação de recursos, para atividades previstas para a fase seguinte.

Podemos colocar as fases e os passos lógicos em dois eixos, como na Fig. 3.1, onde se vê que os mesmos estão inter-relacionados, devendo-se seguir todos os passos lógicos em cada fase do projeto.

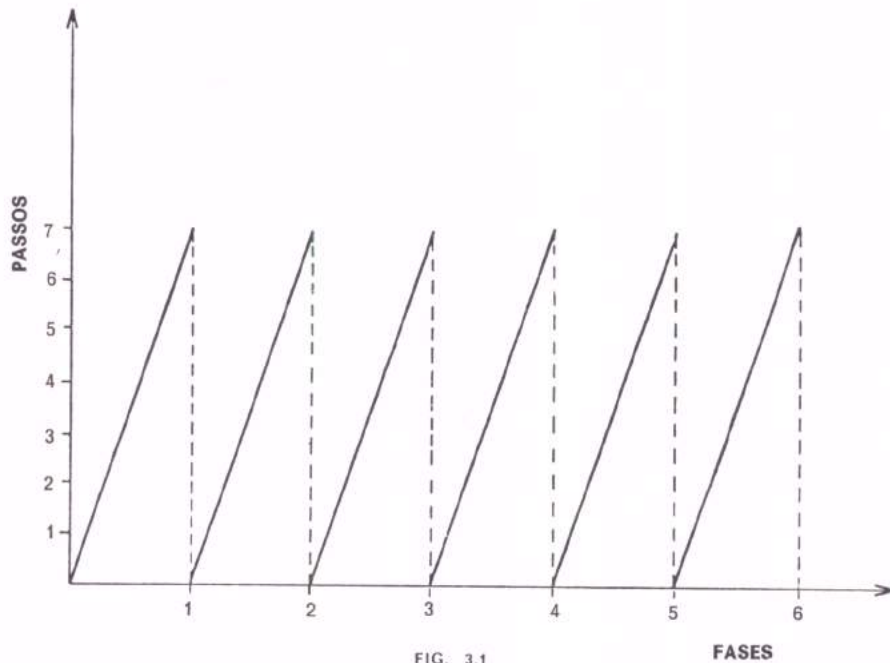
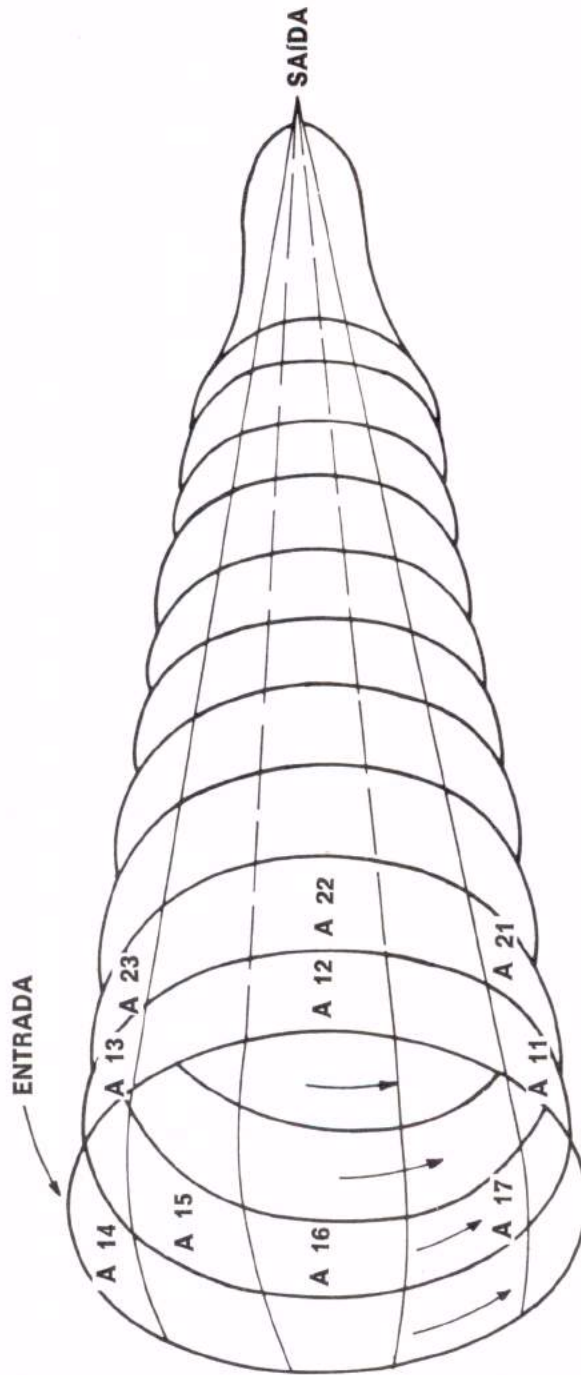


FIG. 3.1

FASES

Podemos dizer também que o programa se processa como se estivesse caminhando para dentro de uma cornucópia, como vemos nas Figuras 3.2 e 3.3. Trata-se de um processo iterativo que, em cada fase, repete os mesmos passos, cada vez com um intervalo de variações menores, aproximando-se sempre mais do seu objetivo.



FASES CRONOLÓGICAS

FIG. 32



**FASES CRONOLÓGICAS**

FIG. 3.3



PASSOS LÓGICOS FASES CRONOLÓGICAS	FORMULAÇÃO DO PROBLEMA	DEFINIÇÃO DE UMA ESCALA DE VALORES	SÍNTESE DE SISTEMAS	ANÁLISE	OTIMIZAÇÃO	TOMADA DE DECISÃO	PLANEJAMENTO PARA AÇÃO
PLANEJAMENTO	A <sub>11</sub>	A <sub>12</sub>	A <sub>13</sub>				
DESENVOLVIMENTO	A <sub>21</sub>						
PRODUÇÃO							
PRÉ-OPERAÇÃO							
OPERAÇÃO	A <sub>51</sub>						
ENCERRAMENTO (Avaliação Final)	A <sub>61</sub>	A <sub>62</sub>					

#### 4.1.2 – Técnicas de caracterização de sistemas

A seguir, introduziremos algumas técnicas que são utilizadas pelo grupo de Engenharia de Sistemas, para caracterizar, completamente, um sistema na fase de planejamento, dentro do processo descrito no item 4.1.1.

Estas técnicas servem para responder às perguntas<sup>19</sup> o QUE e COMO formuladas no Capítulo inicial.

Aqui trataremos das seguintes:

- 4.1.2.1 — Objetivos
- 4.1.2.2 — Requisitos
- 4.1.2.3 — Árvore de Especificações
- 4.1.2.4 — Especificações
- 4.1.2.5 — Diagrama de Fluxo de Trabalho
- 4.1.2.6 — Folhas de Alocação de Requisitos
- 4.1.2.7 — Folhas de Projeto
- 4.1.2.8 — Cronograma-Mestre
- 4.1.2.9 — Estrutura da Divisão do Trabalho
- 4.1.2.10 — Cronograma das Tarefas
- 4.1.2.11 — Fluxo de Informações
- 4.1.2.12 — Sumário de Documentos

Vejamos em que consiste cada um desses tópicos.

##### 4.1.2.1 – Objetivos

Consiste no estabelecimento, em termos gerais, do que desejamos atingir, ou seja, consiste na formulação das metas a serem alcançadas.

Após termos estabelecido estes objetivos, que são de primeiro nível ou objetivos gerais, é conveniente desdobrá-los em objetivos específicos ou operacionais que são estabelecidos para cada uma das partes (subsistemas) que compõem o sistema. A finalidade de se estabelecer os objetivos operacionais é permitir a medida do progresso em cada subsistema.

A lista dos objetivos gerais e operacionais constitui o documento chamado lista de objetivos.

Exemplo: *Com referência ao Projeto MESIS, o objetivo a ser atingido foi a confecção deste Manual de Engenharia de Sistemas.*

*Como exemplo de outros objetivos, seguem os objetivos do experimento ATS-F, do Projeto SACI.*

#### A – Objetivos fundamentais

— *Estudar, em escala reduzida e condições controladas, a eficiência de um programa de educação usando meios áudio-visuais, tais co-*

<sup>19</sup> As perguntas 'O Quando' e 'O Quanto' serão objeto de estudo detalhado no Capítulo V e serão respondidas pelo Grupo de PCP, sendo 'O Quando' respondida completa e integralmente no Item Controle de Tempo e 'O Quanto' no Item Controle de Recursos, se bem que as respostas preliminares sejam dadas neste capítulo.

mo televisão, rádio, slow-scan, fac-simile, rádio programado, transmitidos através de satélite geoestacionário e por radiodifusão terrestre, para recepção nas escolas.

— Desenvolver e testar equipamentos eletrônicos de telecomunicações, sistemas autônomos de geração de energia e outros, necessários à implantação do sistema, com ênfase na minimização dos custos e no aproveitamento da indústria nacional.

— Desenvolver técnicas de programação dos meios áudio-visuais para a educação em diversas áreas de ensino, bem como técnicas de avaliação do aprendizado.

— Desenvolver técnicas para obtenção do apoio das estruturas locais na implementação do sistema.

— Desenvolver e testar métodos e rotinas para a instalação, verificação e manutenção do equipamento de terra.

— Analisar os resultados obtidos na área do Experimento, particularmente em confronto com os custos correspondentes tendo em vista a escala reduzida do modelo.

— Oferecer, pelo obtido acima, elementos para a implantação de um sistema educacional com tecnologia avançada em âmbito nacional. . .

## **B – Objetivos complementares**

— Oferecer oportunidades educacionais de boa qualidade em diversas matérias, para uma fração considerável da população brasileira, na região do experimento.

— Desenvolver e ampliar, na indústria nacional, capacidade de produção de equipamento necessário a esse tipo de aplicação tecnológica.

— Desenvolver uma programação de ensino adequado às necessidades locais dos grupos envolvidos no experimento.

— Verificar o grau de aceitação do emprego de novas tecnologias no sistema educacional.

## **C – Objetivos específicos**

São os seguintes os objetivos específicos do Experimento ATS-F em cada uma das suas áreas:

### *Telecomunicações*

— Por meio de um estudo completo dos sistemas de telecomunicações a serem usados no Experimento, estabelecendo características gerais para os mesmos, atingir o atendimento dos requisitos funcionais e de desempenho estabelecidos, com minimização dos custos e aproveitamento da indústria nacional.

— Dentro do sistema de telecomunicações por satélite, prover uma estação terrena para o enlace de subida, compatível com as característi-



cas gerais estabelecidas e com as características de recepção do satélite.

— Dentro do sistema de telecomunicações por satélite, prover equipamento de recepção e demultiplexagem, para operação nas escolas, compatível com as características gerais estabelecidas e as características de transmissão do satélite, nas quantidades necessárias.

— Dentro dos sistemas de telecomunicações terrestres, prover as estações de radiodifusão de televisão e rádio, necessárias à cobertura das áreas desejadas, compatíveis com as características gerais estabelecidas para esses sistemas.

— Dentro dos sistemas de telecomunicações terrestres, incorporar às instalações nas escolas as adaptações e adições necessárias à recepção dos sinais desejados.

— Oferecer à indústria nacional oportunidade de desenvolver e ampliar sua capacidade de produção de equipamento necessário ao tipo de aplicação tecnológica a que o Experimento se propõe.

— Adquirir experiência quanto à eficácia das novas técnicas, para sua melhor adequação quando da realização de um sistema nacional.

#### Educação

— Desenvolver um sistema de teleducação-protótipo usando televisão, rádio (convencional e programado), slow-scan e fac-símile, para a transmissão de aulas de Português, Estudos Sociais, Ciências, Matemática e Educação Moral e Cívica por estações de superfície e por satélite, contendo aspectos necessários para uma possível extrapolação em âmbito nacional.

— Aumentar a qualidade do ensino, em termos didáticos, através de uma melhor eficiência do sistema pelo aumento da retenção do aprendizado, diminuição das taxas de evasão e repetência, bem como possível aumento de entradas no sistema.

— Aperfeiçoar e dar formação profissional ao magistério da área do experimento, instruindo-o, também, no sentido de um melhor aproveitamento dos recursos tecnológicos que usarão para complementação do ensino.

— Desenvolver um sistema de avaliação que permita informações prontas e precisas dos trabalhos em cada escola, de modo que possam ser introduzidas as alterações julgadas necessárias. O sistema também deverá permitir a avaliação dos diferentes recursos áudio-visuais em termos de sua efetividade e eficiência da comparação desse sistema com o convencional.

#### 4.1.2.2 – Requisitos

Consiste na definição qualitativa e, sempre que possível, quantitativa das características do sistema para que se atinjam os objetivos estabelecidos. Os requisitos são derivados a partir dos objetivos.

4.1.2.2.0 – Quando estamos caracterizando um sistema, ou seja, de-



finindo ou criando, precisamos determinar os fatores que influirão no desempenho do mesmo.

No caso mais geral possível devem ser considerados os fatores:

- a) *Desempenho Técnico* (medida de efetividade) — é o requisito que vai garantir que o sistema irá cumprir sua finalidade, de acordo com o padrão de qualidade desejado.
- b) *Confiabilidade* — é a probabilidade de um sistema realizar sua finalidade adequadamente no período de tempo pretendido sob as condições encontradas na operação.
- c) *Tempo* — no estabelecimento do tempo como fator devemos considerar a utilização de meios para controlá-lo, o seu relacionamento com o resto do sistema, e o que pode ser feito em termos de retornos para ajustar outros parâmetros do sistema, se houver discrepância neste fator.
- d) *Custo* — analogamente ao tempo, deve-se dar ênfase aos meios utilizados para controlá-lo.
- e) *Flexibilidade* — é o fator que garante que o sistema seja adaptável a situações um pouco diferentes daquelas para as quais foi projetado.
- f) *Segurança* — é o requisito que estabelece o nível de risco no sistema.
- g) *Intercambialidade* — é o requisito que permite ao sistema trocar componentes, quer sejam informações, elementos ou partes, com outros sistemas.
- h) *Conservabilidade* — é a probabilidade de que, quando a ação de conservação é iniciada sob condições estabelecidas, um sistema que falhou volte à condição de operação dentro de um tempo determinado.
- i) *Vida esperada* — é o período de tempo durante o qual se pretende que o sistema trabalhe a fim de que ele realize sua finalidade adequadamente.
- j) *Outros* — conjunto de fatores não relacionados acima, que podem ser importante para um projeto específico.

Os requisitos acima relacionados não constituem a lista completa de requisitos que deve conter um sistema, nem obrigatoriamente constarão todos em qualquer sistema.

A lista inicial de requisitos do sistema constitui o que chamamos de documento de requisitos.

#### 4.1.2.2.1 – Função ótima <sup>20</sup>

A Engenharia de Sistemas procura determinar para cada projeto o conjunto de requisitos que terá como resultado o melhor desempenho.

Os requisitos aqui apresentados são os necessários para projetos em geral e, evidentemente, para um projeto específico só haverá necessidade de considerar os fatores que realmente podem influir no seu desenvolvimento.

Alguns fatores, que não são de interesse para a maioria dos projetos, podem ser de mais alta importância para outros.

Vemos, assim, que os requisitos não terão o mesmo nível de importância num projeto. Deve, portanto, ser atribuído a cada um deles um peso, que dependerá de sua influência relativa. Para cada projeto, muitos dos requisitos anteriormente relacionados poderão ter peso nulo.

A combinação dos requisitos, multiplicados pelos pesos que lhes

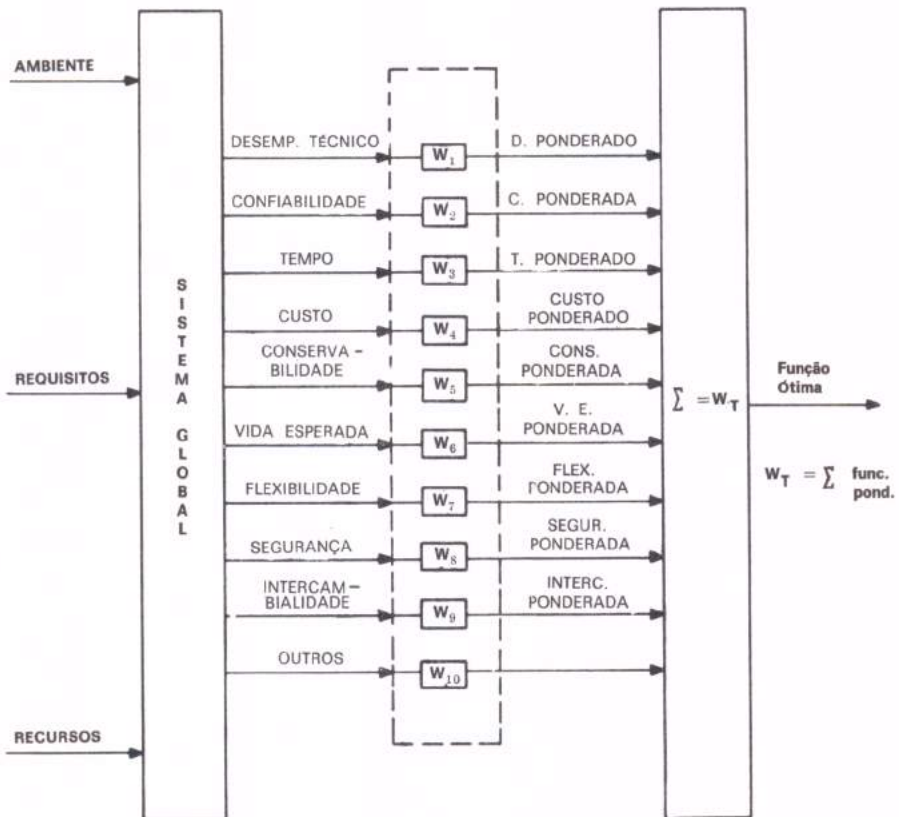
<sup>20</sup> Este item não constitui parte essencial do manual, dedicando-se aos especialistas na área.

forem atribuídos, que resulte no melhor desempenho do projeto, é chamada 'FUNÇÃO ÓTIMA'.

#### 4.1.2.2.2 – Determinação da função ótima para um sistema

Vamos considerar um sistema o mais geral possível. Vimos anteriormente os requisitos a que o sistema deverá atender. Iremos então, com o uso das funções ponderadas para os requisitos, determinar a 'função ótima' com a qual definiremos o sistema. Na figura 3.4,  $W_1, W_2, W_3, W_4, W_5, W_6, W_7, W_8, W_9, W_{10}$ , representam as funções ponderadas para os respectivos requisitos. A função ótima será representada por  $W$ .

DETERMINAÇÃO DA FUNÇÃO ÓTIMA  
 FIG. 3.4



Os valores das funções ponderadas dependem da aplicação particular de cada sistema. Estes valores são os que determinam o sistema global resultante.

Daremos, a seguir, a representação matemática dessas funções, bem como a expressão que representa a 'função ótima' do sistema global.

Considerando que os requisitos são funções de outros fatores que representaremos por  $A_1, A_2, \dots, A_n$ , e que temos de levar em conta cada requisito para uma determinada parte do sistema, podemos então escrever:

Desempenho:

$$D_1 = f_1(A_1, A_2, \dots, A_n)$$

$$D_2 = f_2(A_1, A_2, \dots, A_n)$$

.

.

$$D_q = f_q(A_1, A_2, \dots, A_n)$$

Confiabilidade:

$$CO_1 = f_1(A_1, A_2, \dots, A_n)$$

.

.

$$CO_r = f_r(A_1, A_2, \dots, A_n)$$

Tempo:

$$T_1 = f_1(A_1, A_2, \dots, A_n)$$

.

.

.

$$T_t = f_t(A_1, A_2, \dots, A_n)$$

Custo:

$$C_1 = f_1(A_1, A_2, \dots, A_n)$$

.

.

.

$$C_c = f_c(A_1, A_2, \dots, A_n)$$



Conservabilidade:

$$\begin{aligned} PC_1 &= f_1(A_1, A_2, \dots, A_n) \\ &\cdot \\ &\cdot \\ PC_{pc} &= f_{pc}(A_1, A_2, \dots, A_n) \end{aligned}$$

Vida Esperada:

$$\begin{aligned} VE_1 &= f_1(A_1, A_2, \dots, A_n) \\ &\cdot \\ &\cdot \\ VE_{ve} &= f_{ve}(A_1, A_2, \dots, A_n) \end{aligned}$$

Flexibilidade:

$$\begin{aligned} F_1 &= f_1(A_1, A_2, \dots, A_n) \\ &\cdot \\ &\cdot \\ F_f &= f_f(A_1, A_2, \dots, A_n) \end{aligned}$$

Segurança:

$$\begin{aligned} S_1 &= f_1(A_1, A_2, \dots, A_n) \\ &\cdot \\ &\cdot \\ S_s &= f_s(A_1, A_2, \dots, A_n) \end{aligned}$$

Intercambialidade:

$$\begin{aligned} I_1 &= f_1(A_1, A_2, \dots, A_n) \\ &\cdot \\ &\cdot \\ I_I &= f_I(A_1, A_2, \dots, A_n) \end{aligned}$$

Outros:

$$\begin{aligned} OU_1 &= f_1(A_1, A_2, \dots, A_n) \\ OU_{ou} &= f_{ou}(A_1, A_2, \dots, A_n) \end{aligned}$$

Como cada requisito é o produto de um coeficiente  $K_1$  pelo fato de que é função, temos:

Desempenho:

$$D_1 = k_{1A_1} \times A_1 + k_{1A_2} \times A_2 + \dots + k_{1A_n} \times A_n = \sum_{i=1}^n k_{1A_i} \times A_i$$

.

.

$$D_q = k_{qA_1} \times A_1 + k_{qA_2} \times A_2 + \dots + k_{qA_n} \times A_n = \sum_{i=1}^n k_{qA_i} \times A_i$$

Confiabilidade:

$$R_1 = \sum_{i=1}^n k_{1A_i} \times A_i$$

.

.

$$R_r = \sum_{i=1}^n k_{rA_i} \times A_i$$

Tempo:

$$T_1 = \sum_{i=1}^n k_{1A_i} \times A_i$$

.

.

$$T_t = \sum_{i=1}^n k_{tA_i} \times A_i$$

Custo:

$$C_1 = \sum_{i=1}^n k_{1A_i} \times A_i$$

.

.

$$C_c = \sum_{i=1}^n k_{cA_i} \times A_i$$

Conservabilidade:

$$PC_1 = \sum_{i=1}^n k_{1A_i} \times A_i$$

.

.

$$PC_{pc} = \sum_{i=1}^n k_{pcA_i} \times A_i$$

Vida Esperada:

$$\begin{aligned} VE_1 &= \sum_{i=1}^n k_{1ve} \times A_i \\ &\vdots \\ VE_{ve} &= \sum_{i=1}^n k_{ve} \times A_i \end{aligned}$$

Flexibilidade:

$$\begin{aligned} F_1 &= \sum_{i=1}^n k_{1f} \times A_i \\ &\vdots \\ F_f &= \sum_{i=1}^n k_{ff} \times A_i \end{aligned}$$

Segurança:

$$\begin{aligned} S_1 &= \sum_{i=1}^n k_{1s} \times A_i \\ &\vdots \\ S_s &= \sum_{i=1}^n k_{ss} \times A_i \end{aligned}$$

Intercambialidade:

$$\begin{aligned} I_1 &= \sum_{i=1}^n k_{1i} \times A_i \\ &\vdots \\ I_i &= \sum_{i=1}^n k_{ii} \times A_i \end{aligned}$$

Outros:

$$\begin{aligned} OU_1 &= \sum_{i=1}^n k_{1ou} \times A_i \\ &\vdots \\ OU_{ou} &= \sum_{i=1}^n k_{ou} \times A_i \end{aligned}$$

Considerando as funções ponderadas de cada requisito temos:

Desempenho:

$$W_1 = W_{d_1} \times D_1 + W_{d_2} \times D_2 + \dots + W_{d_q} \times D_q$$

$$\text{ou } W_1 = \sum_{i=1}^q W_{d_i} \times D_i$$

onde:  $W_{d_i}$  é o peso do i-ésimo item que caracteriza o desempenho.

Confiabilidade:

$$W_2 = W_{CO_1} \times CO_1 + W_{CO_2} \times CO_2 + \dots + W_{CO_n} \times CO_n$$

$$\text{ou } W_2 = \sum_{i=1}^r W_{CO_i} \times CO_i$$

onde:  $W_{CO_i}$  é o peso do i-ésimo item que caracteriza a confiabilidade.

Tempo:

$$W_3 = \sum_{i=1}^t W_{t_i} \times T_i$$

onde:  $W_{t_i}$  é o peso do i-ésimo item que caracteriza o tempo.

Custo:

$$W_4 = \sum_{i=1}^c W_{C_i} \times C_i$$

onde:  $W_{C_i}$  é o peso do i-ésimo item que caracteriza o custo.

Conservabilidade:

$$W_5 = \sum_{i=1}^{PC} W_{PC_i} \times PC_i$$

onde:  $W_{PC_i}$  é o peso do i-ésimo item que caracteriza a conservabilidade.

Vida Esperada:

$$W_6 = \sum_{i=1}^{ve} W_{ve_i} \times VE_i$$

onde:  $W_{ve_i}$  é o peso do i-ésimo item que caracteriza a vida esperada.



Flexibilidade:

$$W_7 = \sum_{i=1}^f W_{f_i} \times F_i$$

onde:  $W_{f_i}$  é o peso do i-ésimo item que caracteriza a flexibilidade.

Segurança:

$$W_8 = \sum_{i=1}^s W_{s_i} \times S_i$$

onde:  $W_{s_i}$  é o peso do i-ésimo item que caracteriza a segurança.

Intercambialidade:

$$W_9 = \sum_{i=1}^I W_{I_i} \times I_i$$

onde:  $W_{I_i}$  é o peso do i-ésimo item que caracteriza a intercambialidade.

Outros:

$$W_{10} = \sum_{i=1}^{ou} W_{OU_i} \times OU_i$$

A 'função ótima' do sistema global  $W_T$  é a soma das funções ponderadas dos requisitos do sistema, assim:

$$\begin{aligned} W_T = & \sum_{i=1}^q W_{d_i} D_i + \sum_{i=1}^r W_{CO_i} \times CO_i + \sum_{i=1}^t W_{t_i} \times T_i + \\ & + \sum_{i=1}^c W_{c_i} \times C_i + \sum_{i=1}^{pc} W_{pc_i} \times PC_i + \sum_{i=1}^{ve} W_{ve_i} \times \\ & \times VE_i + \sum_{i=1}^f W_{f_i} \times F_i + \sum_{i=1}^s W_{s_i} \times S_i + \sum_{i=1}^I W_{I_i} \times \\ & \times I_i + \sum_{i=1}^{ou} W_{OU_i} \times OU_i \end{aligned}$$

ou seja:

$$W_T = \sum_{i=1}^{10} W_i$$

O valor da função ótima para o sistema considerado constitui a figura de mérito do mesmo, pois permite comparar as diversas alternativas no processo de seleção de alternativas ótimas.

O maior problema para a utilização da função ótima é que ela é formada por parcelas expressas em unidades distintas. Temos, por exemplo: custo, expresso em cruzeiros e tempo, em dias. Para contornar esta dificuldade, podemos estabelecer uma unidade comum, que chamaríamos de unidade de utilidade e reduzir todas as outras unidades a essa unidade ou utilizar um caso particular de utilidade que é o dinheiro e fazer a redução de todas as outras unidades a esta unidade, para podermos comparar as várias funções ótimas derivadas das várias alternativas que possamos supor para o sistema em questão.

Os pesos de cada requisito poderão ser estabelecidos através do método conhecido como 'Convergência de Opiniões'.<sup>21</sup> Esse método consiste em selecionar um grupo de especialistas em um determinado assunto e pedir a opinião de cada um deles sobre matéria pertinente a sua especialidade. Verifica-se, então, a média das opiniões e se pede a cada um dos participantes que compare seu parecer com a média e o modifique, se fôr o caso. Calcula-se, então, a nova média e se repete o processo solicitando àqueles cuja opinião se afasta muito da média que apresentem razões para assim proceder. Então as opiniões pró e contra são mostradas aos vários participantes para que eles reformulem as suas com esta quantidade adicional de informações. Para que se tenha mais rápida convergência e se possa ter maior confiança nos resultados obtidos, pode-se pedir aos participantes que atribuam pesos para as opiniões de todos os participantes, inclusive para si próprio. Tirando então a média de todas as opiniões, teremos um peso para cada participante e faremos com que as opiniões dos participantes sejam afetadas pelos respectivos pesos, pois é lógico que quem tiver maior conhecimento a respeito do assunto em questão tenha maior peso que a média (deve influir mais que os outros participantes).

Com a repetição do processo, verificamos que as opiniões geralmente convergem para um determinado ponto.

#### 4.1.2.2.3 – Exemplo de requisitos

*A título de exemplo, seguem os requisitos do Projeto MESIS:*

- 1) *Possibilidade de ser entendido e aplicado por pessoas de nível universitário, mas não especialista em Engenharia de Sistemas.*
- 2) *Conter os seguintes capítulos:*
  - a) *Abordagem de Sistemas*
  - b) *Estruturas de Organização*
  - c) *Planejamento e Controle do Programa*
  - d) *Engenharia de Sistemas*
  - e) *Análise de Sistemas*
  - f) *Teoria de Sistemas*
- 3) *Os exemplos descritos no manual devem ser sempre que possível do INPE (Instituto de Pesquisas Espaciais) ex-CNAE.*

<sup>21</sup> As provas matemáticas da validade da técnica de Convergência de Opiniões constam na bibliografia especializada.

Para reforçar as idéias, reproduzimos os requisitos do experimento ATS-F (Projeto SACI-Relatório LAFE 146).

O Satélite ATS-F da NASA, de que o experimento fará uso, proverá a capacidade de receber, amplificar, transladar em freqüência o sinal transmitido e de retransmiti-lo para a região considerada.

A disponibilidade do satélite, das 8 às 21 horas cada dia, será discutida com a NASA, quando da assinatura do convênio com esta Administração.

As características de órbita do satélite que nortearão o projeto do sistema são:

TIPO	geostacionária
MAXIMA INCLINAÇÃO	1,14 graus
POSICÃO	100° Oeste a 20° Leste

As características de recepção do satélite (enlace de subida) são.

FREQUENCIA	6.15 GHz
LARGURA DA FAIXA	— 1 dB 25 MHz
	— 3 dB 40 MHz
FIGURA DE RUÍDO	7,8 dB

#### ANTENA

TIPO	corneta
LARGURA DE FEIXE A	
MEIA POTENCIA	12 graus
GANHO	22,6 dB
POLARIZAÇÃO	LINEAR
PRECISÃO DE APONTAMENTO	0,061° (desvio-padrão)

Como alternativa, até que a decisão final seja tomada pela NASA há a seguinte antena sendo considerada.

#### ANTENA (Alternativa)

TIPO	parabólica
DIAMETRO	9 m
LARGURA DE FEIXE A	
MEIA POTENCIA	0,4 graus
GANHO	49,9 dB
POLARIZAÇÃO	LINEAR
PRECISÃO DE APONTAMENTO	0,061 graus (desvio-padrão)

#### Características de transmissão (enlace de descida)

LARGURA DE FAIXA	— 1 dB 25 MHz
	— 3 dB 40 MHz
FREQUENCIA	0,850 GHz

#### ANTENA

TIPO	parabólica
DIAMETRO	9 m
LARGURA DE FEIXE A	
MEIA POTENCIA	2,6 graus



<b>GANHO</b>	<b>33 dB</b>
<b>POLARIZAÇÃO</b>	<b>circular direita</b>
<b>PRECISÃO DE APONTAMENTO</b>	<b>0,061 graus (desvio-padrão)</b>
<b>POTÊNCIA EFETIVA IRRADIADA</b>	<b>51,0 dBW</b>
<b>NO EIXO</b>	

Será dada ao sistema a capacidade de transmitir um canal de televisão (imagem e som) e 15 canais de rádio, um deles, possivelmente, de varredura lenta: a distribuição do material educativo dever-se-á ater a essa capacidade. A imagem deverá ter uma qualidade subjetiva correspondente ao 'TASO GRADE 2', isto é, ao grau 2 da escala TASO, e a relação sinal-ruído de som mínima será de 30 dB, sem ponderação. A largura de faixa de áudio, mínima aceitável, abrangerá o espectro desde 300 Hz a 4 KHz e a de vídeo, o espectro de 30 Hz a 2,5 MHz.

O subsistema de transmissão deverá prover a capacidade de combinar um sinal de vídeo (imagem) e dezesseis canais de áudio previamente gravados em fitas magnéticas e/ou filmes, e transmiti-los ao satélite ATS-F.

O subsistema de recepção deverá receber de volta os sinais, processá-los e entregá-los ao equipamento de distribuição.

O subsistema de distribuição deverá distribuir às salas de aula os sinais recebidos, e apresentar as informações educativas em forma de imagem e som, conforme requerido pelo Projeto Educacional.

O equipamento, em contacto com os alunos, deverá ser robusto para resistir e suficientemente simples para permitir operações por crianças nos primeiros cinco anos de escola. Todos os controles e instrumentos, que serão utilizados durante a operação normal das escolas, deverão ser tão simples que possam ser operados por um professor sem treinamento especializado em eletrônica.

Na parte educacional será imperativo:

- manter estrita ligação e dependência com os órgãos estaduais;
- levantar uma amostra significativa do universo do estado, através da escola de municípios, que possibilite a obtenção de dados sobre amplos aspectos educacionais locais, a fim de que alguma extrapolação para outros Estados possa ser efetivada;
- quantificar de maneira precisa e confiável o rendimento escolar, no sistema convencional e no sistema tecnológico introduzido pelo experimento, de modo a permitir comparação de resultados e avaliação da eficácia do sistema;
- envolver organismos públicos e privados e/ou pessoas físicas locais através de ação conjunta de modo controlável e mensurável, para facilitar a implantação, aceitação e garantir a continuidade do sistema;
- adequar os programas educacionais à realidade local, atendendo às prioridades e aspirações existentes;
- prover o treinamento de pessoal para exercer atividades de Produção e Realização, de modo a transformar a programação didática em produção de rádio e televisão.

O subsistema de interfaces deverá manter contacto com agências afins para obtenção de apoio financeiro e executivo, manter conscientes e

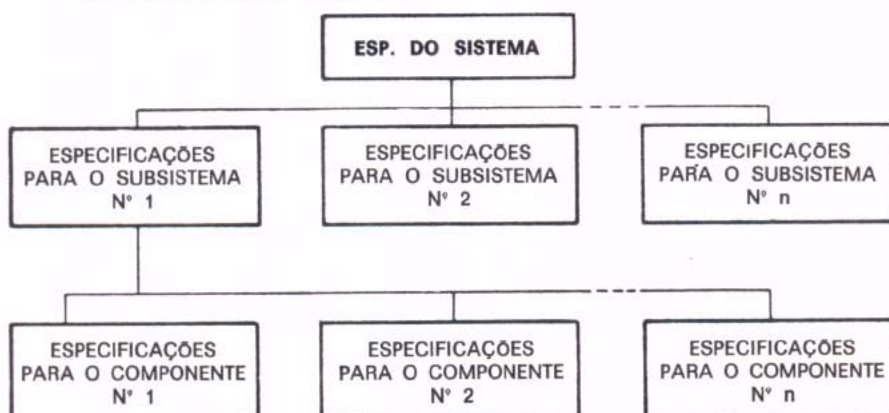


interessados os órgãos do governo que se correlacionam com o projeto, bem como manter a imprensa e a opinião pública esclarecidas a respeito dos objetivos perseguidos. Essas interfaces devem, também, considerar organismos consultivos internos ou externos, especializados no planejamento ou execução de uma ou mais partes do projeto.

#### 4.1.2.3 – Árvore de especificações

É uma estrutura em forma de árvore cuja finalidade é apresentar uma listagem completa de todas as especificações<sup>22</sup> necessárias para a perfeita caracterização do sistema. A especificação pode ser de sistema, subsistema ou componente, dependendo do nível a que se refere.

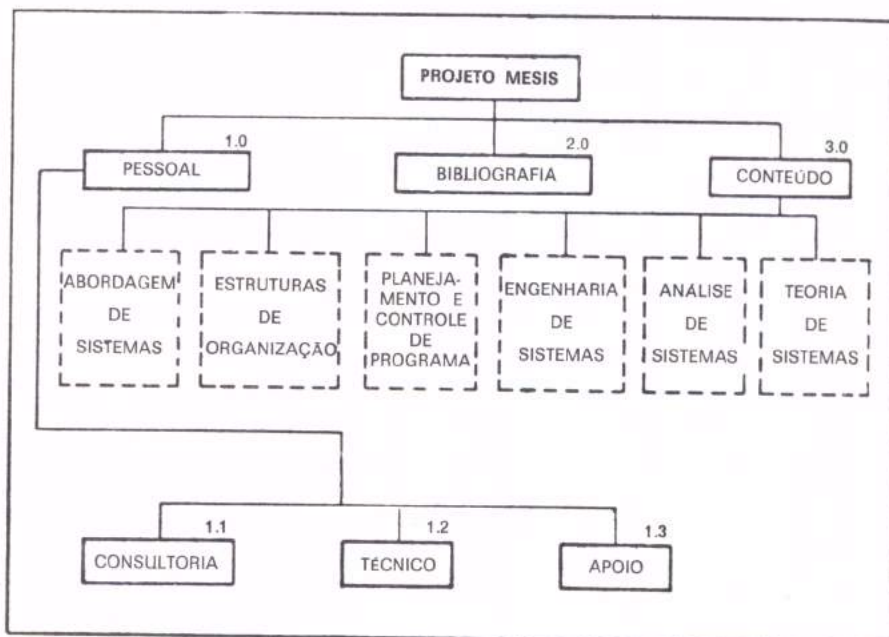
Esquemáticamente teríamos:



Nesta estrutura, cada bloco corresponde a um documento. O bloco superior corresponde à especificação geral do sistema, que é a primeira a ser preparada, contendo um resumo de todas as características do sistema. A partir deste, passa-se a preparar as especificações de subsistemas e que consistirão em expansões de partes da especificação do sistema e assim por diante, para as especificações de componente. Assim, a soma ou conjunto de especificações do sistema não constitui a especificação geral do sistema por serem expansões da mesma, ou seja, documentos mais detalhados. Quando as especificações de subsistemas nada mais são que capítulos da especificação de sistema, representamos por blocos em tracejado. O mesmo é válido para as especificações de componente. Vale ressaltar que este desdobramento em três níveis não é obrigatório, ou seja, o desdobramento será feito em tantos níveis quantos necessários.

<sup>22</sup> Especificações serão definidas no item seguinte.

Segue-se o exemplo do MESIS:



Um outro modo de apresentar a árvore de especificações é no formato em lista.

Para exemplificar apresentamos a árvore de especificações do experimento ATS-F (Projeto SACI).

### ÁRVORE DE ESPECIFICAÇÕES

#### Requisitos do Sistema

##### Especificações Gerais

##### Especificações Gerais do Programa Tecnológico

Especificações de Aquisição

Especificações de Fabricação

Especificação de Avaliação do Equipamento

##### Especificações Gerais do Programa de Ensino

Especificações de Aquisição

Especificação de Fabricação

Especificações de Avaliação de Material de Ensino

*Especificações Gerais do Programa de Apoio*  
*Especificações do Equipamento de Solo*  
*Especificações da Estação Transmissora*

*Especificação de Formação de Banda Básica*  
*Especificação de Transmissão de Microondas*  
*Especificação de Recepção de Microondas*  
*Especificação do Console de Controle e Monitoração*  
*Especificação de Equipamento de Regulação de Energia*  
*Especificação de Equipamento de Geração de Energia para Emergência*  
*Especificação de Cabos e Guias de Onda*  
*Especificações da Recepção e Demultiplexagem*  
*Especificações de Distribuição*

*Especificação do planejamento e Análise Educacional*

*Especificações do Projeto Educacional*  
*Especificações de Avaliação Educacional*

*Especificações de Desenvolvimento de Material e Treinamento*

*Especificações para Programação de Curso Primário*  
*Especificações da Programação do Curso de Treinamento de Professores e Supervisores*  
*Especificação do Programa do Curso de Aperfeiçoamento de Professores*  
*Especificação do Programa de Educação de Adultos*

*Especificações de Estúdio e Treinamento de TV*

*Especificações de Treinamento*  
*Especificações de Estúdios e Equipamento*

*Especificações de Tempo de Estúdios Necessários*  
*Especificações de Facilidades*  
*Especificações de Equipamento*  
*Especificações de Acessórios*

*Especificações de Produção*  
*Especificações de Operação*  
*Especificações de Serviços e Apoio*

*Especificações das Escolas*  
*Especificações dos Subcentros Operacionais*  
*Especificações do Centro Operacional*

#### **4.1.2.4 – Especificações**

##### **4.1.2.4.0 – Definição de especificação**

Especificação é um *documento* que fornece ao realizador toda a informação essencial para obter um sistema, subsistema ou componente conforme concebido pelo idealizador.

#### **4.1.2.4.1 – Objetivo das especificações**

Para criar ou implementar um sistema novo, ou para modificar um sistema existente, necessitamos especificar o que desejamos.

O motivo de especificar é eliminar dúvidas, incertezas ou opções, dando informação clara, concisa e inequívoca sobre o que desejamos.

O esforço de preparar especificações nos leva a caracterizar, com mais clareza, o que queremos.

#### **4.1.2.4.2 – Características das especificações**

As características que as especificações devem ter são as seguintes:

##### **4.1.2.4.2.1 – Objetividade**

Uma especificação deve descrever apenas o necessário à realização do seu objetivo; deve estabelecer os requisitos a serem satisfeitos pelos componentes do sistema em linguagem concisa, totalmente clara para o realizador.

##### **4.1.2.4.2.2 – Suficiência**

Este requisito da especificação deve permitir que o realizador, guiado apenas pelo documento, consiga realizar o especificado.

Pode citar outros *documentos aplicáveis* que não seria prático transcrever.

##### **4.1.2.4.2.3 – Exaustividade <sup>29</sup>**

Tudo o que exigimos para nosso sistema, subsistema ou componente deve estar bem explícito, caso contrário o realizador pode fazer algo que satisfaça a especificação, mas não nos satisfaça.

<sup>29</sup> Exaustividade (no sentido tratado no texto) qualidade de ser exaustivo, isto é, abordar o assunto em profundidade.



#### **4.1.2.4.2.4 – Ausência de exigências desnecessárias**

Uma especificação não deve conter exigências desnecessárias, pois é contraproducente introduzir na especificação exigências que não irão contribuir para melhorar aquilo que realmente desejamos; se o fizermos, constrangemos o realizador a eliminar possíveis configurações vantajosas em termos de custos, prazos e atendimentos aos requisitos realmente necessários.

#### **4.1.2.4.2.5 – Compatibilidade**

Um sistema complexo tem que ser coerente e suas partes devem se ajustar bem; ao idealizador cabe cuidar para que as especificações das diversas partes traduzam isto, facilitando aos realizadores a participação eficaz no entrosamento do conjunto. Para tal, as especificações são organizadas em uma estrutura de árvore, de modo que, ao escrever o documento, fique mais fácil visualizar a compatibilidade do todo.

#### **4.1.2.4.2.6 – Formato**

É desejável que as especificações sejam escritas dentro de certos padrões de forma, com uma indexação que favoreça a referência.

Assim, a especificação é um documento que permite a um sistema ser subcontratado, de maneira não ambígua, fazendo com que o mesmo seja executado de acordo com o que desejamos.

A especificação é um documento que não diz o porquê de um sistema ou subsistema ser feito daquela forma, não contendo os cálculos ou justificativas para se chegar àqueles resultados.

Vale ressaltar a diferença entre especificações e documento de requisitos. Documento de requisitos é um documento, anterior às especificações, contendo as características mais salientes do sistema. Já o documento de especificações é mais completo, pois contém todos os requisitos que um sistema deve satisfazer, além de outros detalhes, como introdução e documentos aplicáveis. Dentro do processo de engenharia de sistemas, a especificação é o produto final da fase de planejamento (Grupo de Engenharia de Sistemas).

#### **4.1.2.4.3 – Especificações preliminares e finais**

Num estágio em que o sistema ainda está sendo desenvolvido, podem ser escritas especificações preliminares. Estas são levadas aos rea-

lizadores, fornecedores de equipamentos, etc., que informam sobre os prazos e custos com que elas poderiam ser atendidas, e possíveis dificuldades. Este relacionamento de realimentação é importante, pois prevê elementos para uma otimização sob diversos aspectos, com alteração de parâmetros e mesmo de configuração geral. Em uma fase posterior, novas especificações são escritas: são as especificações finais.

É importante notar que as especificações são documentos estáticos, enquanto que o sistema é dinâmico e, por isso, pode sofrer alterações, que levem à adoção de novas especificações.

Muitas vezes, quando não se tem um conhecimento adequado do sistema, é difícil chegar às especificações finais, tendo-se que utilizar passos iterativos, a partir das especificações preliminares, que nos permitam um entendimento maior do sistema.

Uma maneira de conseguir isso é utilizar as folhas de alocação de requisitos e folhas de projeto, que serão descritas em itens posteriores.

#### **4.1.2.4.4 – Exemplos de especificações**

A título de exemplo, daremos inicialmente a especificação de pessoal do Projeto MESIS e, a seguir, daremos exemplos de especificações do Projeto SACI.

##### **A) PROJETO MESIS — Exemplo de Especificação de Pessoal**

###### **a. INTRODUÇÃO**

*Esta especificação estabelece as características mínimas necessárias ao pessoal do Projeto MESIS.*

###### **b. DOCUMENTOS APLICÁVEIS**

*Plano preliminar de trabalho do Projeto MESIS (período de adaptação).*

###### **c. FUNÇÕES**

*O pessoal terá as funções:*  
— consultoria  
— confecção do manual  
— apoio

###### **d. CARACTERÍSTICAS**

*A consultoria será dada por elementos internos ou externos com experiência e conhecimento dos assuntos abordados no manual.*

*A confecção será feita por pesquisadores do NAS, alocados no Projeto MESIS, ou pesquisadores externos ao NAS, que participarão na*

confecção do manual como trabalho de tese coletiva.

O apoio será dado aos trabalhos de datilografia e desenhos do manual, por pessoal alocado no NAS, pelo pessoal da secretaria central e da seção de desenho.

#### ESPECIFICAÇÃO DE PESSOAL DE CONSULTORIA

##### a. INTRODUÇÃO

*Esta especificação estabelece as características mínimas necessárias ao pessoal de consultoria do Projeto MESIS.*

##### b. DOCUMENTOS APLICÁVEIS

— ASD (a ser determinado)

##### c. FUNÇÕES

— Dar subsídios para a realização do Manual de Engenharia de Sistemas.

##### d. CARACTERÍSTICAS

*O pessoal de consultoria será constituído por elementos internos ou externos à organização, com experiência e conhecimentos nos diversos assuntos que serão abordados no Manual (vide requisitos do MESIS).*

*Os consultores externos provavelmente deverão pertencer a organizações com as quais o INPE tenha facilidade em estabelecer interfaces, a fim de ser facilitada a obtenção de assessoria quando se fizer necessária.*

*As agências externas com as quais o INPE manterá contactos normalmente serão estabelecidas pela Direção Geral.*

#### ESPECIFICAÇÕES DE PESSOAL TÉCNICO

##### a. INTRODUÇÃO

*Esta especificação estabelece as características mínimas necessárias ao pessoal técnico do Projeto MESIS.*

##### b. DOCUMENTOS APLICÁVEIS

*Plano preliminar de trabalho do projeto MESIS (período de adaptação).*

##### c. FUNÇÕES

*O pessoal técnico do projeto MESIS será o responsável pela realização do Manual de Engenharia de Sistemas.*

#### d. CARACTERÍSTICAS

*O pessoal técnico será constituído pelos pesquisadores do NAS alocados no projeto, bem como por possíveis pesquisadores externos ao Núcleo, que participarão do projeto como trabalho de tese coletiva.*

*A definição e locação desse pessoal se encontra no plano de trabalho realizado para o projeto.*

#### ESPECIFICAÇÃO DE PESSOAL DE APOIO

##### a. INTRODUÇÃO

*Esta especificação estabelece as características mínimas necessárias ao pessoal de apoio do projeto MESIS.*

##### b. FUNÇÕES

*Dar apoio para a realização do Manual de Engenharia de Sistemas.*

##### c. CARACTERÍSTICAS

*O pessoal de apoio será constituído por secretárias necessárias para os serviços datilográficos do projeto, bem como desenhistas necessários para a execução dos trabalhos afins (diagramas, gráficos, etc.).*

#### B) PROJETO SACI — Exemplo de Especificação de Equipamento

#### ESPECIFICAÇÃO DE RECEPTOR DE UHF, PARA O EXPERIMENTO ATS-F

##### 1. INTRODUÇÃO

*Esta especificação estabelece as características mínimas requeridas para o componente Receptor de UHF, do Subsistema de Recepção e Demultiplexagem e está de acordo com as especificações deste Subsistema.*

*Este componente será usado no Experimento Educacional Brasileiro, que se utilizará do Satélite de Aplicações Tecnológicas, ATS-F, da NASA, para transmitir material educativo em vídeo (imagem) e áudio (som), para aproximadamente quinhentas escolas, localizadas no Estado do Rio Grande do Norte.*

##### 2. DOCUMENTOS APLICÁVEIS

2.1 — Normas ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas).



### 3. FUNÇÕES DO COMPONENTE

*O receptor de UHF é um receptor de faixa larga, que recebe o sinal modulado em frequência, demodula-o e o entrega ao equipamento de demultiplexagem.*

### 4. CARACTERÍSTICAS DE ENTRADA DO COMPONENTE

- 4.1 — *Frequência de operação: o receptor de UHF deverá operar numa frequência central nominal de 850 MHz.*
- 4.2 — *Impedância de entrada: o receptor de UHF deverá apresentar ao pré-amplificador que o precede uma impedância de 50Ω.*
- 4.3 — *VSWR: a VSWR entre o pré-amplificador de UHF e o receptor de UHF não deve exceder 1.6:1, o que corresponde a uma reflexão de potência não maior que 5,5%.*
- 4.4 — *Nível do sinal na entrada do receptor: -59,7 dBm.*
- 4.5 — *Conectores: o conector de entrada será do tipo BNC.*

### 5. CARACTERÍSTICAS DE SAÍDA DO COMPONENTE

- 5.1 — *Impedância de saída: 15Ω.*
- 5.2 — *Nível de sinal: o receptor deverá apresentar ao equipamento de demultiplexagem um sinal de 0,5 Vpp a 10 Vpp.*
- 5.3 — *Faixa da banda básica:  
sinal de vídeo: 30 Hz a 2,5 MHz  
sinal de áudio: 3,0 MHz a ASD MHz.*
- 5.4 — *Perdas por reflexão: sinal refletido 26 dB abaixo do sinal incidente, ou mais.*
- 5.5 — *Conectores: devem ser do tipo BNC.*

### 6. CARACTERÍSTICAS DE OPERAÇÃO DO COMPONENTE

- 6.1 — *Figura de ruído: não deve exceder 12 dB.*
- 6.2 — *Límiar do discriminador: não deve exceder 10 dB.*
- 6.3 — *Sinais espúrios: no mínimo 65 dB abaixo de um sinal na frequência central.*
- 6.4 — *Banda de FI: -3 dB: 40 MHz; a curva deve ser plana dentro de ± 0,5 dB, numa faixa de 30 MHz.*
- 6.5 — *Frequência intermediária: 120 MHz.*

#### *Exemplo de Especificação de Procedimentos*

### 1. INTRODUÇÃO

*Esta especificação estabelece características mínimas requeridas para a rotina de classe para Televisão, Rádio ou Slow-Scan a ser utilizada durante o Experimento Educacional Brasileiro que se utilizará do Satélite de Aplicações Tecnológicas, ATS-F, da NASA, para transmitir material educativo em vídeo (imagem) e áudio (som) para aproximadamente 500 escolas localizadas no Estado do Rio Grande do Norte.*

### 2. DOCUMENTOS APLICÁVEIS

- 2.1 — *Projeto Educacional.*

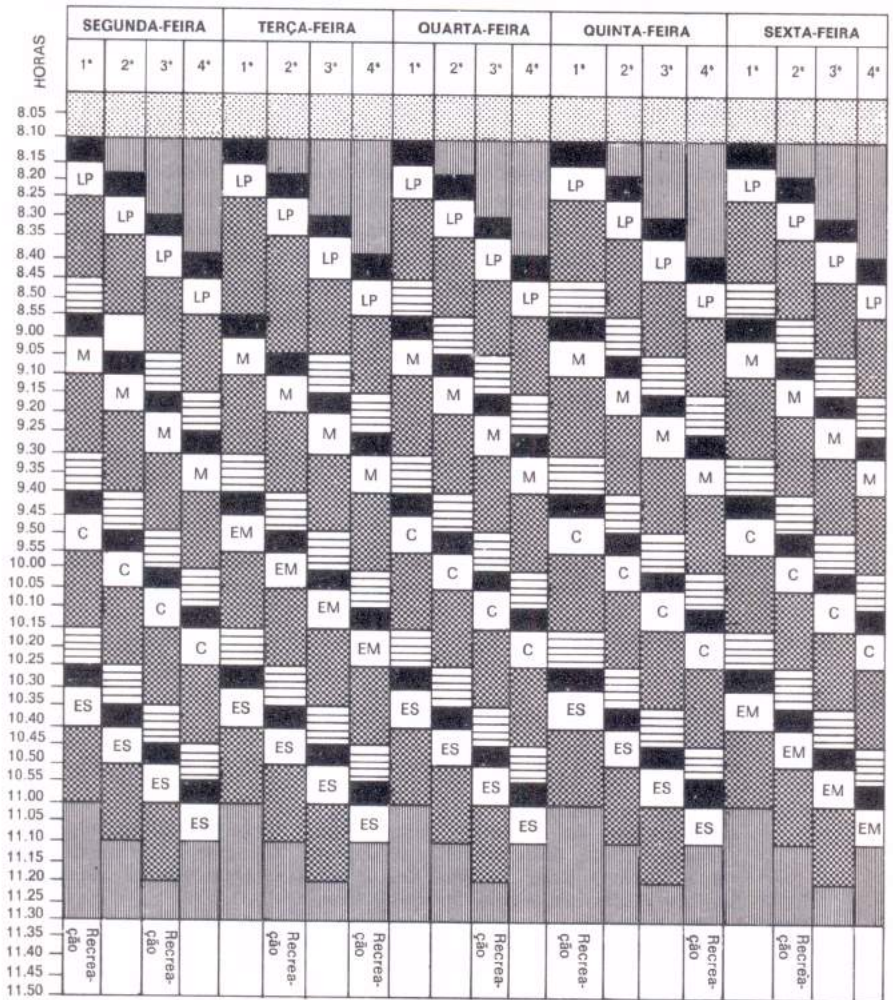
### 3. FUNÇÕES

- 3.1 — *Prover tempo suficiente e em boa seqüência para as diferentes atividades de classe.*
- 3.2 — *Obter, por um entrelaçamento de horários das transmissões de cada um dos meios audiovisuais para as quatro séries, um aproveitamento total desses meios.*

### 4. CARACTERÍSTICAS

- 4.1 — *Tipos de atividades de classe*  
*Há os seguintes tipos de atividades de classe:*
  - 4.1.1 — *Rotina*  
*Durante este período far-se-á a verificação da presença dos alunos, distribuição do material a ser usado durante o dia, entrega de exercícios e provas corrigidas, etc.*
  - 4.1.2 — *Preparação*  
*Durante este período o professor fará uma rápida revisão da aula anterior e preparará os alunos para a emissão.*
  - 4.1.3 — *Emissão*  
*Durante este período o professor e os alunos deverão permanecer atentos à emissão, recebendo as informações e executando, se for o caso, as solicitações transmitidas.*
  - 4.1.4 — *Exploração Imediata*  
*Durante este período o professor deverá com o auxílio do material de acompanhamento (livros-textos, cadernos de exercícios e apostilas de conteúdo) explorar as informações recebidas através do meio audiovisual, promovendo comentários e se possível provocar discussões com os alunos e aplicando exercícios.*
  - 4.1.5 — *Exploração Mediata*  
*Durante este período deverá haver exercícios, explanações e comentários das matérias: Matemática e Língua Pátria. Quinzenalmente este período será usado para a aplicação dos testes de aprendizagem.*
- 4.2 — *Seqüenciação das atividades de classe.*  
*A seqüenciação está descrita na Tabela I que se segue.*  
*As atividades de rotina serão desenvolvidas em um único período no início de cada dia.*  
*Cada emissão é diretamente precedida de preparação e seguida de uma exploração imediata, ambos sobre a mesma matéria e assunto de emissão.*  
*A cada período de exploração imediata (exceto o último de cada dia) segue-se um intervalo.*  
*Os períodos de exploração mediata ocorrem no início e/ou fim de cada manhã, tarde ou noite.*
- 4.3 — *Duração das atividades e intervalos*
  - 4.3.1 — *Rotina: 10 minutos*
  - 4.3.2 — *Preparação: 5 minutos*
  - 4.3.3 — *Emissão: 10 minutos*
  - 4.3.4 — *Exploração imediata: 20 minutos*
  - 4.3.5 — *Exploração mediata: conforme quadro anexo*
  - 4.3.6 — *Intervalo: 10 minutos*

# TABELA I



- LEGENDA
- Período para atividades de rotina
  - Período de exploração imediata
  - Período de preparação (revisão)
  - Período para intervalo
  - Período de emissão
  - Período de exploração mediata
- LP Língua Pátria  
 M Matemática  
 C Ciências  
 ES Estudos Sociais  
 EM Educação Moral e Cívica



## *Exemplo de Especificação de Material*

Especificação de material de acompanhamento para aluno do 1º ano para televisão, rádio ou slow-scan.

### 1. INTRODUÇÃO

*Esta especificação estabelece as características mínimas requeridas para o material de acompanhamento para aluno de 1º ano do Fundamental (1º ano) para televisão, rádio ou slow-scan a ser utilizado durante o Experimento Educacional Brasileiro, que se utilizará do Satélite de Aplicações Tecnológicas, ATS-F, da NASA, para transmitir material educativo em vídeo (imagem) e áudio (som) para aproximadamente 500 escolas localizadas no Estado do Rio Grande do Norte.*

### 2. DOCUMENTOS APLICÁVEIS

2.1 — *Projeto de Programação Didática para cada um dos meios disponíveis.*

### 3. FUNÇÕES

3.1 — *Dar subsídios à aprendizagem do aluno. (O material será utilizado em classe, em relação direta com o conteúdo das emissões).*

### 4. CARACTERÍSTICAS

4.1 — Tipos

*O material de acompanhamento será de três tipos:*

4.1.1 — Livro-Texto

*Os livros-textos serão usados no curso de Língua Pátria, para exercícios de leitura.*

4.1.2 — Apostila de conteúdo

*As apostilas de conteúdo serão usadas para todas as matérias (Língua Pátria, Matemática, Est. Sociais, Ciências e Educação Moral e Cívica) para fixação dos conceitos apresentados na emissão de Rádio, Televisão ou Slow-Scan.*

4.1.3 — Caderno de Exercício

*Os cadernos de exercícios serão usados para verificação da aprendizagem.*

4.2 — Conteúdo

*O conteúdo didático de todo o material de acompanhamento seguirá o estabelecido no documento: Projeto de Programação Didática para cada um dos meios disponíveis.*

4.3 — Material, impressão e encadernação

*Estas características estão especificadas na Tabela III.II.*

4.4 — Quantidades

*As quantidades de cada tipo de material, para um aluno, estão indicadas na Tabela III.III por unidade de conteúdo distinto. Deverá ser provido material para um total de 16.000 alunos do primeiro ano fundamental.*



**TABELA III.II**

	<b>LIVRO-TEXTO</b>	<b>APOSTILA DE CONTEÚDO</b>	<b>CADERNO DE EXERCÍCIO</b>
Dimensões Aproximadas	23 cm X 16 cm	23 cm X 16 cm	25 cm X 18 cm
Capa: Tipo Papel Letra	Litografado a cores monolúcido de 30 kg papelão pardo nº 15 Caixa alta	ASD Brochurado Caixa alta	ASD (a ser determinado) Brochurado Caixa alta
Corpo: Papel Impressão Ilustrações	Linha d'água de 30 kg Linotipada Coloridas — em média duas por página.	Linha d'água de 30 kg Linotipada Desenho — em média um por página.	Sulfite de 16 kg Linotipada Desenho — em média três por página.

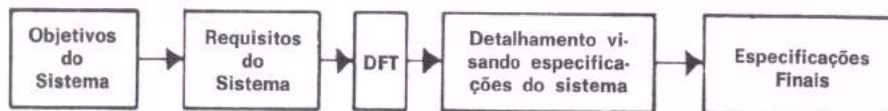
TABELA III.III

	Língua Pátria	Matemáticas	Estudos Sociais	Ciências	Ed. Moral e Cívica
<i>Livro-Texto</i>	1	—	—	—	—
<i>Caderno de exercícios</i>	3	3	3	3	3
<i>Apostila de conteúdo</i>	8	8	6	6	3

#### 4.1.2.5 – Diagrama de fluxo de trabalho

O Diagrama de Fluxo de Trabalho (DFT) é uma descrição gráfica da seqüência lógica das etapas de um trabalho. É uma ferramenta que dá uma visão global e seqüencial dos passos a serem percorridos para se alcançar os objetivos do projeto. Permite saber o fluxo das informações, a seqüência entre os eventos, as realimentações e as inter-relações.

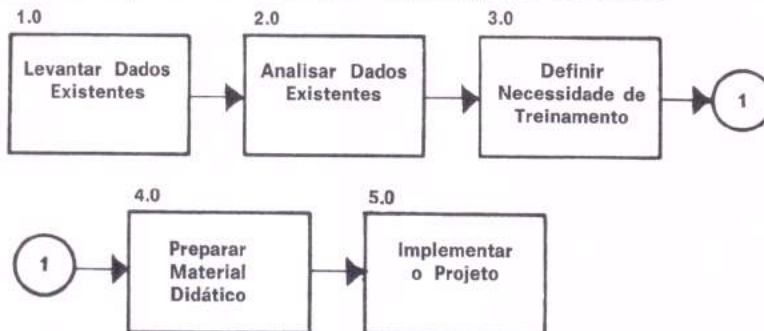
O DFT é usado como ligação dos objetivos e requisitos com o detalhamento, visando às especificações do sistema.



O DFT serve como ferramenta de um grupo de Engenharia de Sistemas para entender melhor as características do sistema e descobrir as funções e os passos a serem seguidos visando atingir os objetivos.

A forma gráfica de um DFT é a de um diagrama de blocos.

A primeira etapa na construção do DFT é a definição de quais são as funções mais importantes do projeto. A título de exemplo para um programa de treinamento de professores, teríamos que determinar primeiro: as funções principais, que no caso são: a) levantar os dados existentes; b) analisar os dados existentes; c) definir as necessidades de treinamento; d) preparar o programa de treinamento; e) preparar material didático; f) implementar o projeto. Gráficamente teríamos:



O gráfico do diagrama de blocos mostra uma seqüência lógica da esquerda para a direita indicando a ordem de execução da função e as inter-relações entre os diferentes blocos. No que se refere a tempo não há indicações no gráfico e só podem ser precisadas depois de uma análise tipo PERT.

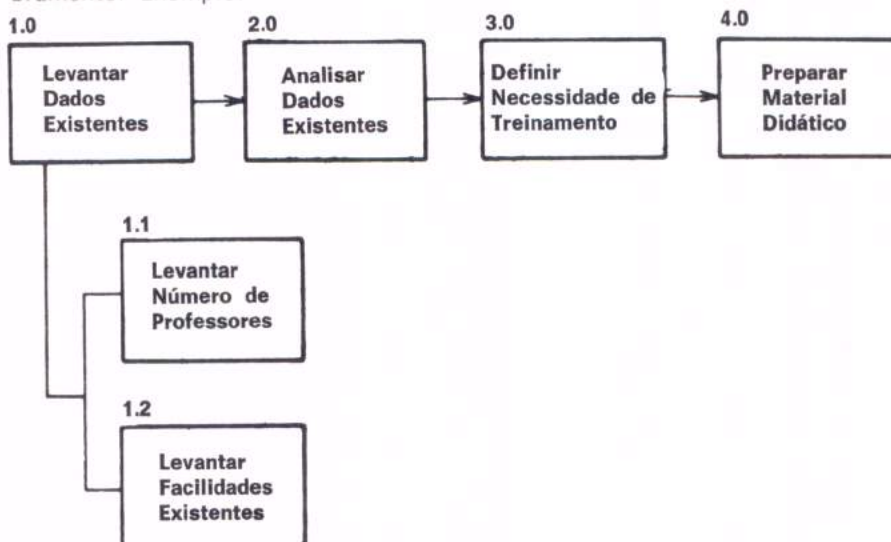
O desdobramento de um DFT deve ir a um nível de detalhe suficiente para uma perfeita compreensão do sistema.

O DFT é uma ferramenta do Grupo de Engenharia de Sistemas geralmente usada na fase inicial do projeto, quando não se tem uma clara compreensão do sistema. Assim, num projeto de rotina em que seus

participantes tenham uma boa visão do sistema, dispensa-se este diagrama. Convém salientar que ele não é uma estrutura definitiva como organograma ou estrutura da divisão do trabalho<sup>24</sup>, não contendo todos os elementos do projeto, já que sua finalidade é aumentar o entendimento das partes do sistema ainda não perfeitamente identificadas.

A seguir passamos a descrever como se prepara o DFT.

A passagem de uma função para a outra sempre vem acompanhada de seta, que indica um fluxo. Na passagem de um nível superior para um nível inferior não se coloca seta, pois não há fluxo mas apenas desdobramento. Exemplo:



Para caracterizar melhor os diferentes níveis das funções usa-se o seguinte sistema de numeração:

- As funções de 1º nível serão indicadas por: 1.0; 2.0; 3.0; 4.0; etc.
- As funções de 2º nível serão indicadas por: 1.1; 1.2; 2.1; 2.2; 3.1; etc.

Passando para o 3º nível usaremos três dígitos e assim por diante.

Normalmente as funções são encerradas em blocos limitados por linha cheia. Quando houver funções questionáveis que sejam simples tentativas, usaremos linhas tracejadas.

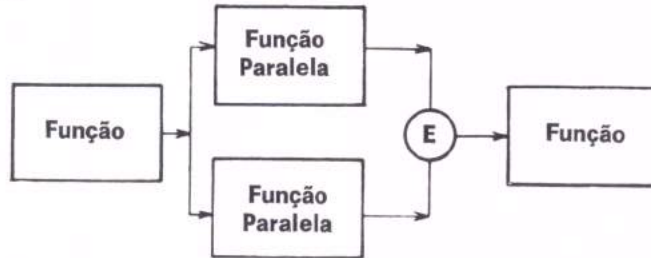


<sup>24</sup> Estrutura da Divisão do Trabalho é uma estrutura definitiva por ser uma ferramenta real de administração, pois contém todos os elementos de trabalho de um projeto; é preparada pelo Grupo de Planejamento e Controle (PCP) e é utilizada a cada instante para o Controle efetivo das atividades.



Como vimos, o fluxo é normalmente dirigido da esquerda para a direita, entretanto, no caso de realimentação, o fluxo é da direita para a esquerda. As funções podem estar associadas em série, paralelo ou combinações destas. No caso da função em série, para uma função ser executada é necessário que a anterior tenha sido completada. No caso paralelo, podemos ter acoplamento E ou OU que explicamos a seguir.

A entrada *somadora* é usada para indicar a convergência de caminhos funcionais paralelos e é indicada com o termo E dentro de um círculo. Exemplo:



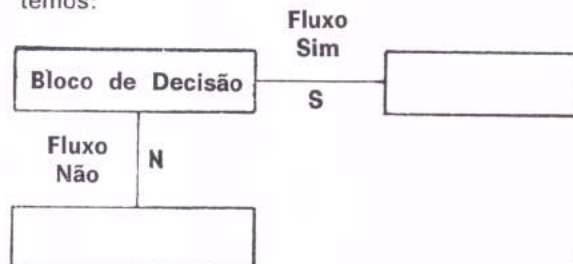
A entrada *alternada* é usada para indicar a divergência de caminhos funcionais alternativos e é indicada com o termo OU dentro de um círculo. Exemplo:



Na entrada somadora, a função que vem logo após o símbolo E só pode ser executada, depois que todas as funções, anteriores ao mencionado símbolo, já o tenham sido. No caso da entrada alternada, é necessário que seja executada apenas uma das funções alternativas.

*Bloco de Decisão.* É um bloco do qual podem sair dois fluxos, um indicado por S (SIM) e outro indicado por N (NÃO). Neste bloco, implicitamente uma pergunta é feita. Caso a resposta seja afirmativa, seguiremos pelo fluxo S. Caso seja negativa, seguiremos pelo fluxo N.

Esquemáticamente, temos:



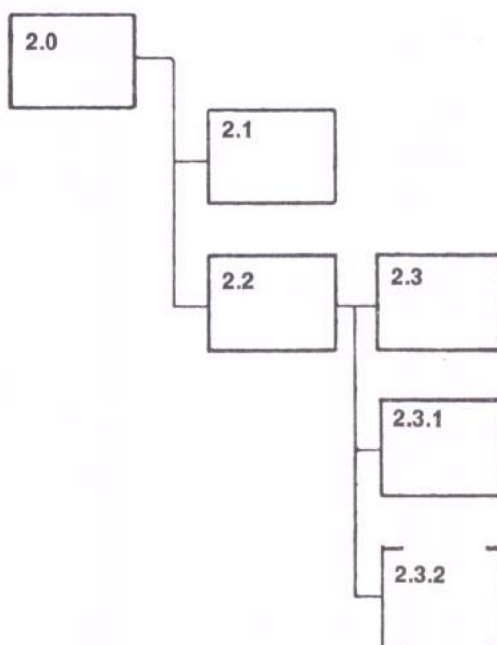
### Bloco de referência

É indicado por:



Serve para fazer referência a alguma função que participa do fluxo, mas pertence a outra parte do diagrama. Então, para não complicarmos a figura, usamos o artifício do bloco em aberto com o número e nome da função mostrando o fluxo, mas frisando que este bloco já apareceu em outra parte do diagrama.

Esquemáticamente, temos:



#### 4.1.2.6 – Folhas de alocação de requisitos

Em seguida, descreveremos a folha de alocação de requisitos e as folhas de projeto que são ferramentas úteis para se chegar às especificações finais. A folha de alocação de requisitos é um documento em que consta o número e o nome de cada função pertencente ao diagrama de fluxo de trabalho, e os requisitos e as especificações concernentes às mencionadas funções, que se encontram, respectivamente, na lista de requisitos e na árvore de especificações. Esquemáticamente, a folha de alocação de requisitos é feita conforme é mostrada a seguir.

FOLHA DE ALOCAÇÃO DE REQUISITOS		FOLHA DE
NOME E N° DA FUNÇÃO	REQUISITOS DA FUNÇÃO	N° DA ESPEC.
	<p><i>DESCRIÇÃO DA FUNÇÃO</i></p> <p><i>REQUISITOS DE PROJETO</i></p>	
PREPARADO POR:	DATA:	
APROVADO POR:	DATA:	

#### 4.1.2.6.1 – Descrição da folha de alocação de requisitos

Na coluna à esquerda, colocamos o número e nome da função do diagrama de fluxo de trabalho que estamos considerando.

Na coluna central, colocamos, inicialmente, a descrição da função e, a seguir, os requisitos que devam ser providos pela função, tirados do documento de requisitos do sistema (ou da especificação do sistema).

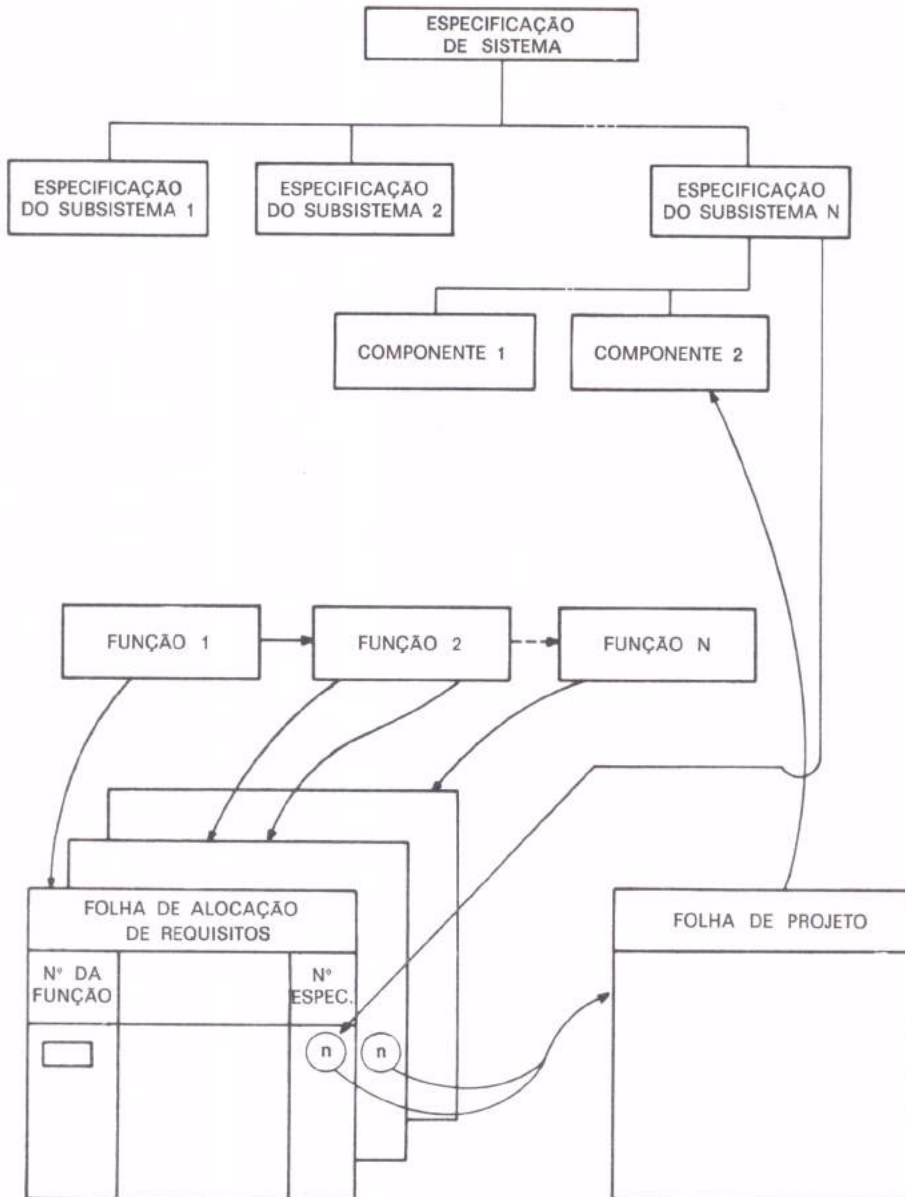
Na coluna à direita, colocamos o número (ou nome) do subsistema ou componente constante da árvore de especificações que deve prover estes requisitos.

A seguir damos, como exemplo, a folha de alocação de requisitos para uma das funções do Projeto MESIS.

FOLHA DE ALOCAÇÃO DE REQUISITOS			FOLHA 1 DE 1
NOME E Nº DA FUNÇÃO	REQUISITOS DA FUNÇÃO		Nº DA ESPEC.
4.0 Elaborar Plano Inicial do Projeto MESIS	<p><b>DESCRIÇÃO DA FUNÇÃO</b></p> <p>Esta função providencia o estabelecimento do plano inicial do Projeto MESIS.</p> <p><b>REQUISITOS DE PROJETO</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— Deve permitir que o plano inicial do projeto propicie a execução de um manual possível de ser entendido e aplicado por pessoa de nível universitário, mas não especialistas em Engenharia de Sistemas.</li> <li>— Deve levar em conta a divisão do Manual nos capítulos: <ul style="list-style-type: none"> <li>A) ABORDAGEM DE SISTEMAS</li> <li>B) ESTRUTURAS DE ORGANIZAÇÃO</li> <li>C) P C P</li> <li>D) ENGENHARIA DE SISTEMAS</li> <li>E) ANÁLISE DE SISTEMAS</li> <li>F) TEORIA DE SISTEMAS</li> </ul> </li> <li>— Deve enfatizar que os exemplos descritos no Manual sejam sempre que possível do INPE.</li> </ul>		3.0
PREPARADO POR:	DATA: <b>10.6.71</b>	INPE	Documento
APROVADO POR:	DATA: <b>15.6.71</b>	NAS	Nº



FLUXO DE INFORMAÇÃO PARA PRODUÇÃO DE FOLHA DE ALOCAÇÃO DE REQUISITOS E FOLHAS DE PROJETO



#### 4.1.2.7 – Folha de projeto

Pode surgir a necessidade, em qualquer área do projeto, de se formalizarem as idéias preliminares com a finalidade de não perdê-las e facilitar a manipulação das mesmas. Essa formalização pode-se tornar necessária em qualquer área do projeto, porém estaremos particularmente interessados em três áreas que consideramos vitais e que serão formalizadas nas folhas que denominaremos de folha de projeto I, folha de projeto II e folha de projeto III. As áreas em que estamos interessados são especificações do sistema, teste do sistema e custos do sistema.

As folhas de projeto devem obedecer a modelos próprios, cujo preenchimento utiliza como fonte de informações as folhas de alocação de requisitos. Devem ser preparadas para cada subsistema ou componente constante da árvore de especificações.

As folhas de projeto são ferramentas úteis na estruturação do sistema, e servem como base na preparação das especificações finais dos subsistemas ou componentes a serem produzidos.

As folhas de projeto que iremos descrever são as que denominamos de folha de projeto I, folha de projeto II e folha de projeto III.

*Folha de projeto I* — descreve os requisitos de desempenho do sistema, subsistema ou componente.

*Folha de projeto II* — descreve os requisitos de teste.

*Folha de projeto III* — estabelece o orçamento e a duração para cada subsistema ou componente do sistema a produzir.

*Folha de projeto I* — para a preparação da folha de projeto I, tomam-se as folhas de alocação de requisitos agrupando-as segundo o número da árvore de especificação que consta na coluna à direita das mesmas.

Sendo assim, teremos para cada subsistema de componente da árvore de especificações quais os requisitos que lhe são afetos e quais as funções que devem ser executadas para que se consiga realizar o subsistema ou componente.

*Folha de projeto II* — Nesta folha colocam-se os resultados dos testes de verificação de cada requisito da folha de projeto I. Para cada subsistema ou componente temos os requisitos que os mesmos devem cumprir e nesta folha estabelecemos os testes para verificar se estes requisitos foram cumpridos. Na coluna à esquerda listamos (pelo número apenas) os requisitos constantes na folha de projeto I. Salientamos aqui que cada requisito pode necessitar de mais de um método de teste. No corpo da folha temos as colunas referentes aos métodos de verificação.

*Folha de projeto III* — Como já foi dito o objetivo desta folha é estabelecer o orçamento e a duração para cada subsistema ou componente, pois tempo e custo são considerações fundamentais nos requisitos de Engenharia. Como ocorre com as outras folhas, a folha de projeto III também está sujeita a iterações, pois mudanças nas outras folhas de projeto provocam inevitavelmente mudanças no custo e no tempo. Tendo-se chegado a uma linha coerente desta folha com as demais folhas de projeto, então a folha de projeto III pode-se tornar a linha básica para o estabelecimento da Estrutura da Divisão do Trabalho que engloba o cro-

nograma das tarefas, cuja diretriz é aqui estabelecida com referência também ao tempo.

Evidentemente, não há necessidade de se utilizarem todas as folhas de projeto aqui descritas para o desenvolvimento de projetos, bem como pode ser necessário criar algum tipo especial de folha de projeto para projetos específicos. Portanto, a utilização das folhas de projeto não é uma regra, mas o conjunto delas é uma ferramenta auxiliar que deve ser utilizada na medida em que vier facilitar e metodizar o trabalho. Elas são de grande utilidade para projetos complexos. Damos, a seguir, exemplos de folhas de projeto recomendadas e que foram feitas a título de ilustração para o projeto MESIS.

## EXEMPLO DE FOLHA DE PROJETO I

FOLHA DE PROJETO I		NOMENCLATURA	FOLHA 1
			I F C Nº 3.3
			ESPECIF. Nº
REFERÊNCIA			
3.3	<p style="text-align: center;">Conteúdo dos itens:</p> <p>1 — Controle de tempo            — cronogramas            — diagramas de marcos            — Pert (computador)            — Linha de balanço (LOB)</p> <p>2 — Controle de Recursos            — pessoal            — orçamento            — material            — facilidades            — outros</p> <p>3 — Documentação            — padronização            — arquivo            — distribuição            — outros</p>		
Preparado por:	Data 20.6.71	PROJETO MESIS INPE	Data de Revisão
Aprovado por:			Página



## EXEMPLO DE FOLHA DE PROJETO II

<b>FOLHA DE PROJETO II</b>	<b>NOMENCLATURA</b>		FOLHA 1			
			IFC Nº 3.3 ESPEC. Nº			
<b>REQUISITOS PARA TESTE</b>						
SEÇÃO 3 REFERÊNCIAS DE REQUISITOS DE PROJETO	MÉTODOS DE VERIFICAÇÃO					
	NA	1	2	3	4	
3.3						
a)		X	X	X	X	
b)			X		X	
c)		X			X	
d)				X	X	
e)				X	X	
f)		X	X	X	X	
<b>LEGENDA</b>						
Tipos de Testes: a — objetividade b — clareza c — exaustividade d — qualidade e — adequabilidade f — criatividade			NA — Não-aplicado 1 — Inspeção 2 — Revisão de dados 3 — Seminário 4 — Revisão de Assuntos			
Preparado por:				Data de Revisão		
Aprovado por:	Data: 20.6.71	PROJETO MESIS INPE		Página		

### EXEMPLO DE FOLHA DE PROJETO III

FOLHA DE PROJETO III	CUSTOS DE ELEMENTOS DO PROGRAMA	FOLHA 1 I F C Nº ESPEC. Nº
REFERÊNCIA	REQUISITOS DE CRONOGRAMA E ORÇAMENTOS	
	1 — Custo do Projeto	
ME 1.0	<b>Gerência do Projeto</b>	
ME 1.1	Planejamento e Controle	24.500,00
ME 1.2	Viagens	8.000,00
ME 2.0	<b>Engenharia de Sistemas</b>	
ME 2.1	Integrações	28.500,00
ME 2.2	Definições	5.000,00
ME 2.3	Interfaces	14.000,00
ME	<b>Apoio</b>	40.000,00
ME	<b>Capítulos</b>	88.000,00
	<b>TOTAL</b>	<b>208.000,00</b>
Documento: Cronograma- Mestre do Projeto	2.0 — Objetivos do Cronograma	
		meses após
	Edição Preliminar concluída	5,5
	Edição Final concluída	6,5
	Formato Final	7,0
	Manual Editado Internamente	7,5
Preparado por:	data 20.6.71	PROJETO MESIS INPE
Aprovado por:		Data de Revisão
		Página

#### **4.1.2.8 – Cronograma-mestre**

Na seqüência de caracterização do sistema, após fazermos o diagrama de fluxo de trabalho, o grupo de PCP prepara o cronograma-mestre em que nos dá uma idéia global da duração do projeto. Ele apresenta, em uma folha, um cronograma em forma de barras, resumo de todas as funções do projeto. Citamos aqui apenas a título de ilustração, para mostrar como as tarefas dos grupos de Engenharia de Sistemas e PCP se integram. Como se trata de uma ferramenta do grupo de PCP, será visto, com detalhes, no capítulo respectivo.

#### **4.1.2.9 – Estrutura da divisão de trabalho**

Para mantermos uma seqüência lógica, deveríamos, agora, procurar montar a Estrutura da Divisão de Trabalho ou, abreviadamente, EDT. Essa montagem, apesar de baseada na folha de Projeto III, que é da responsabilidade do Grupo de Engenharia de Sistemas, é feita pelo PCP. Daí ser a EDT apresentada, com os seus detalhes, no capítulo de Planejamento e Controle de Programa.

#### **4.1.2.10 – Cronograma das tarefas**

Após montarmos a Estrutura da Divisão do Trabalho definitiva, fazemos a descrição das tarefas definitivas e então fazemos o cronograma das tarefas para podermos controlar a tarefa com relação ao tempo.

Maiores detalhes a respeito de cronogramas serão vistos no item Controle de Tempo.

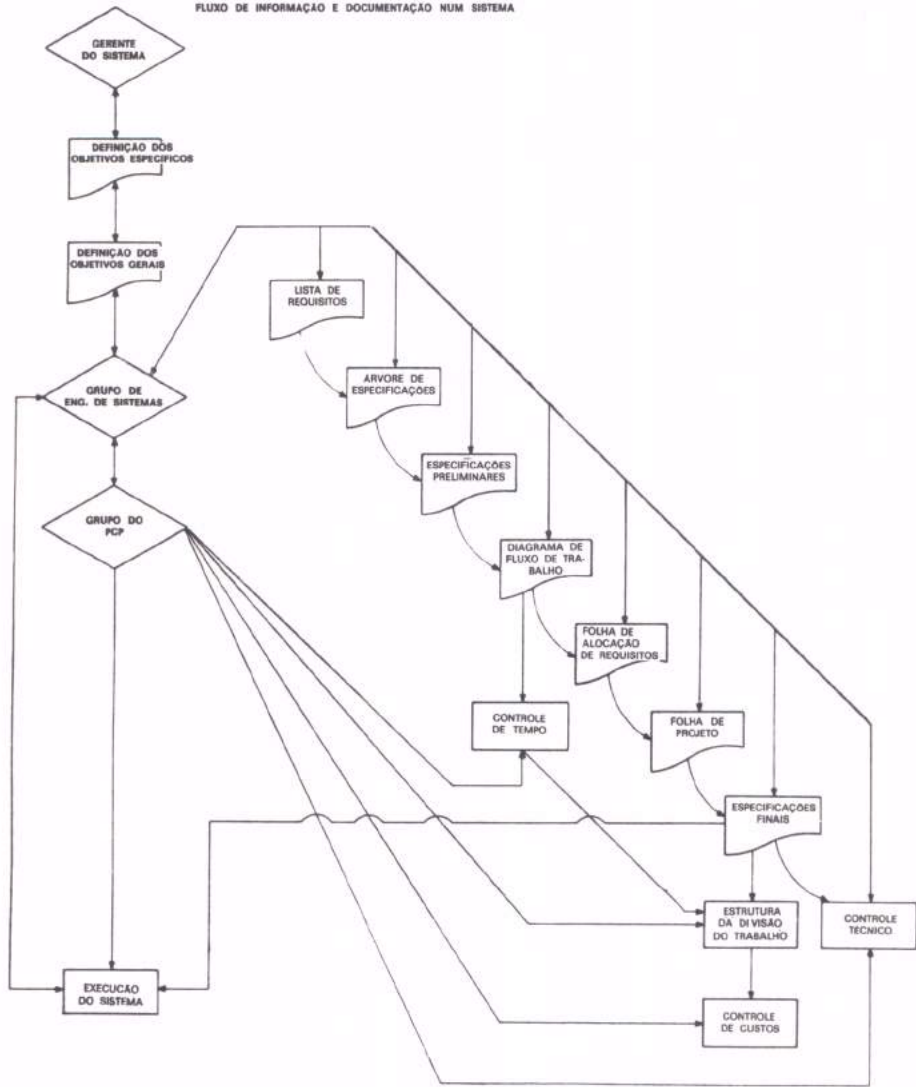
#### **4.1.2.11 – Fluxo de informação e documentação**

Apresentamos a seguir o Fluxo de Informação e Documentação de um sistema, mostrando as inter-relações entre os diversos grupos encarregados de planejar, projetar, controlar e colocar em funcionamento o sistema, e os documentos utilizados na sua caracterização.

#### **4.1.2.12 – Sumário de documentos**

Mostramos, a seguir, um sumário dos documentos utilizados em Engenharia de Sistemas, apresentando os propósitos básicos dos documentos e a respectiva aplicação.

FLUXO DE INFORMAÇÃO E DOCUMENTAÇÃO NUM SISTEMA





## SUMARIO DA DOCUMENTAÇÃO DE ENGENHARIA DE SISTEMAS E CRITÉRIOS DE APLICAÇÃO

NOME DO DOCUMENTO	DESCRIÇÃO	PROPÓSITO BÁSICO	APLICAÇÃO
Folha de Objetivos	Contém as linhas mestras do que se pretende atingir.	Definir os objetivos básicos do sistema.	
Folha de Requisitos	Contém uma listagem completa dos requisitos a que o sistema deve atender.	Fornecer subsídios para se preparar as folhas de alocação de requisitos e as especificações do sistema.	
Especificações	Contém toda a informação essencial para obter um sistema, subsistema ou componente.	Definir os componentes conhecidos do sistema, já em nível de detalhe.	
Árvore de Especificações	Contém uma listagem completa de todas as especificações necessárias para a perfeita caracterização do sistema.	Definir todos os componentes do sistema em seu nível mais detalhado.	
Diagrama de Fluxo de Trabalho	Identificar e seqüenciar o sistema e as funções elementos do sistema que devem ser completas para se atingir os objetivos do projeto sistema.	1) Facilitar o desenvolvimento dos requisitos do sistema, em vista das operações básicas que devem ser completadas para obter os objetivos do sistema. 2) Desenvolver a base para o estabelecimento das interfaces funcionais intersistemas, bem como identificando relações entre sistemas.	Todos os Programas de Sistemas e Projetos aos quais se aplica ou para os quais se encaminha a Fase de Definição ou Aquisição. Também projetos selecionados no desenvolvimento avançado, além de elementos de desenvolvimento exploratório.
Folha de Alocação de Requisitos	Define os requisitos e restrições, pertinentes a cada uma das Funções do diagrama de fluxo, e reta estes requisitos, facilidades, pessoal e dados de procedimentos.	1) Facilitar o desenvolvimento dos requisitos do sistema numa base funcional, ao invés de somente numa base com referência a equipamentos. 2) Facilitar a correlação dos equipamentos, de facilidade de programação em computador e pessoal, a fim de que os requisitos para as funções desses elementos do sistema sejam cumpridos. 3) Identificar os estudos de troca (trade-off) requeridos para determinar mais detalhes para definição de sistemas.	
Folha de Projeto	Identificar os equipamentos e programas de computação e projeto de desempenho do item final de facilidades e requisitos de Teste. * Tornar-se-á uma das seções da especificação de detalhes.	Definir os equipamentos, programas de computação, desempenho e facilidades; projeta os critérios de teste em uma base de item final.	
Cronograma Mestre	Apresenta as funções do sistema em um tempo base na sua seqüência de complementação requerida.	1) Facilitar o conhecimento do elemento tempo, e relações paralelas de seqüência específica entre funções no desenvolvimento dos elementos do sistema. 2) É usado para avaliar a efetividade do projeto em termos de tempo de reação, Tempo de Desempenho, Manutenção a curto prazo, tempo de utilização de pessoal e equipamento.	

Como vimos a Engenharia de Sistemas nos permitiu caracterizar e analisar o sistema considerado. Análise mais detalhada veremos a seguir no Capítulo IV e o controle do sistema será descrito no capítulo "Planejamento e Controle do Programa" no Capítulo V. Uma idéia de formalização geral veremos no Apêndice I (Teoria de Sistemas).

## BIBLIOGRAFIA

1. AIR FORCE SYSTEMS COMMAND, *Systems engineering procedures*. Washington, AFSC, 1966.
2. AIR FORCE SYSTEMS COMMAND, *Work statement preparation*. Washington, AFSC, 1968.
3. DEUTSCH, Ralph, *System analysis techniques*. New Jersey, Prentice-Hall [© 1969].
4. GELBWORKS, Norman L., *AFSCM 375-5 as a methodology for systems engineering*. *IEEE transactions on systems science and cybernetics*. New Jersey, SSC-3(1):6-10, Jun. 1967.
5. GENERAL ELETRIC, *Systems engineering management workshop*. Philadelphia, General Eletric.
6. HALL, Arthur D., *A methodology for systems engineering*. Princeton, D. van Nostrand, 1965.
7. KAHN, H.; MANN, I., *Techniques of systems analysis*. California, RAND, 1957.
8. MACHOL, Robert E.; GOODE, Harry H., *Systems engineering*. New York, McGraw-Hill, 1957.
9. ROBINSON, Hunter R., *Systems definition in the competitive environment*. Philadelphia, General Eletric.

## CAPÍTULO IV

### *Análise de Sistemas e Aplicações*

---

#### 4.1 – INTRODUÇÃO

A análise de sistemas é um passo importante dentro do Processo de Engenharia de Sistemas descrito na Capítulo III, pois a partir dela é feita a escolha entre as várias alternativas possíveis de solução do problema. Na realidade, a análise de sistemas é um processo lógico, utilizado na tomada de decisão, ou seja, na escolha da alternativa ótima, podendo ser usada tanto dentro do Processo de ES como fora dele.

É o conjunto de técnicas que permite uma otimização do sistema de acordo com critérios estabelecidos, quer sejam de efetividade, custo, tempo ou outros; que devem ser ordenados segundo as prioridades predeterminadas.

O presente Capítulo foi dividido em:

- Filosofia da Análise de Sistemas: conceituação, elementos, fases, seqüência lógica, ciclo e estrutura;
- Relação entre Análise de Sistemas e outras análises: pesquisa operacional, análise custo-efetividade e técnicas de engenharia de sistemas aplicadas à administração;
- Seleção do Sistema: análises de custo, tempo, efetividade e custo-efetividade;
- Sistema de Planejamento e Orçamento-Programa (PPBS): aplicação de análises de sistemas na elaboração de orçamentos.

#### 4.2 – FILOSOFIA DA ANÁLISE DE SISTEMAS

##### 4.2.1 – Conceituação

A Análise de Sistemas é o passo no Processo de Engenharia de Sistemas, que trata da avaliação e seleção das alternativas propostas

para a solução do problema, colocando-as em ordem de preferência, segundo algum padrão adotado, usando técnicas científicas de diferentes campos e disciplinas.

As técnicas de Análise de Sistemas visam a Otimização de Sistemas, a detecção e Tomada de Decisões e a obtenção de Aproximações e Representações para os Sistemas.

Para isto são utilizados: Modelos Matemáticos, com métodos numéricos e simulações.

Os ramos da matemática que oferecem técnicas mais aplicáveis à Análise de Sistemas são:

- 1 — *Pesquisa Operacional*
  - Programação Matemática
  - Teoria das Filas
  - Teoria dos Estoques
  - Teoria dos Jogos
  - Teoria dos Grafos
  
- 2 — *Estatística*
  - Teoria da Decisão Estatística
  - Inferência Estatística
  
- 3 — *Simulação*

Estas técnicas são utilizadas quando se está otimizando o sistema

A aplicação das técnicas de Análise constitui a Dinâmica da Análise de Sistemas.

As técnicas requerem pessoal especializado para aplicá-las. Sua dinâmica depende, portanto, da metodologia do ramo da ciência a que pertence a técnica utilizada.

#### 4.2.2 - Elementos

Em uma análise de sistemas temos cinco elementos básicos:

- **Objetivos:** o analista deve ter o completo conhecimento das metas ou resultados que se pretende alcançar;
- **Alternativas:** soluções propostas, pelos quais se espera que os objetivos sejam alcançados;
- **Restrições:** algumas ou todas as soluções propostas podem não satisfazer a algumas limitações, em geral, de recursos materiais e humanos. Devido às restrições orçamentárias, os custos<sup>25</sup> tornam-se fatores importantes na Análise. Outras restrições podem ser quanto ao tempo e políticas;
- **Modelos:** os modelos permitem estimar as conseqüências de cada alternativa. Com relação às restrições, devemos determinar até que ponto cada alternativa atingirá o objetivo, etc.;
- **Crítérios de avaliação:** regras (padrões) sob as quais se estabelece avaliações para as alternativas, possibilitando o estabelecimento de uma ordem de prioridade para as mesmas.

<sup>25</sup> Nos custos devem ser incluídos os custos de oportunidade. Por exemplo, um indivíduo que deixa de trabalhar em tempo integral para estudar. Ao custo do seu estudo deve ser incluído o salário das horas que ele deixou de trabalhar para estudar.



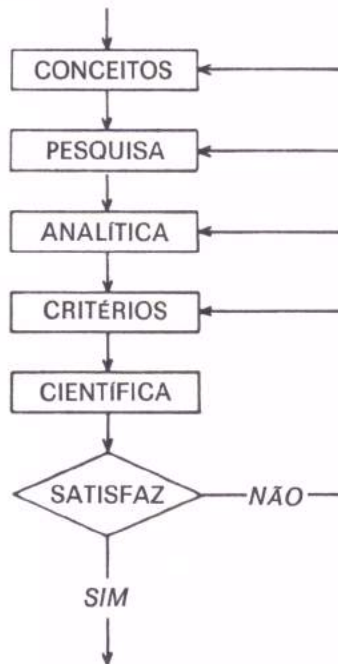
### 4.2.3 - Fases

Em uma análise de sistemas temos cinco fases básicas:

1. dos conceitos: procura-se expor os objetivos e metas da maneira mais clara e definida possível;
2. da pesquisa: de posse dos objetivos, as informações que dizem respeito ao problema analisado são colecionadas, e a seguir são fornecidas as soluções possíveis para o problema' (alternativas);
3. analítica: procura-se construir modelos para predizer as conseqüências das alternativas;
4. dos critérios: usando as predições obtidas dos modelos, fazemos a comparação das alternativas, utilizando critérios de avaliação adequados, colocando-as em ordem de preferência;
5. científica: é feita a verificação da alternativa escolhida. Caso a verificação apresente resultado não satisfatório, é feito um retorno ao ponto onde a falha ocorreu, e se não for possível a localização desse ponto, retornar à fase inicial dos conceitos.

O fluxo para uma análise de sistemas pode ser representado pelo diagrama que se segue.

#### SITUAÇÃO DO PROBLEMA



Obs.: As atividades de diferentes fases podem ocorrer simultaneamente.

#### 4.2.4 – Seqüência lógica

Apesar das grandes evoluções que têm ocorrido no campo da Análise de Sistemas, ainda não foi possível compor uma seqüência de passos ou regras que, se seguida, garanta automaticamente soluções para os problemas.

Na Figura 4.1 temos um diagrama que sumaria a seqüência lógica de uma análise. Os elementos dos blocos do diagrama são definidos como:

- *Entrada*: O ciclo começa com a definição preliminar do problema, incluindo o meio-ambiente onde se encontra circunscrito o problema.
- *Definição do projeto*: Determinar funções para satisfazer aos requisitos;

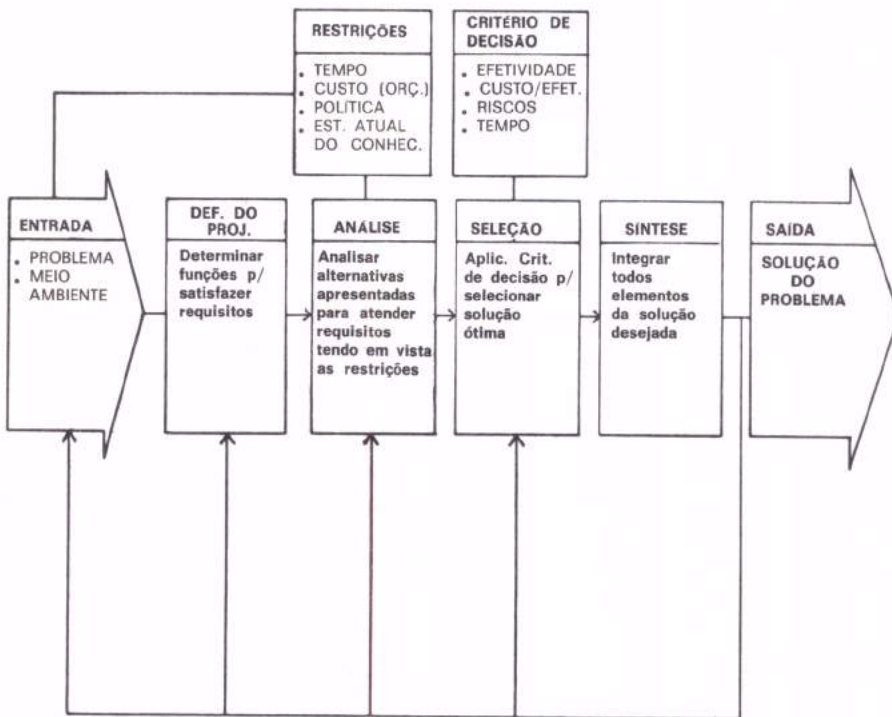


FIG. 4.1  
Lógica de uma análise de sistemas  
DIAGRAMA DE FLUXO

- *Análise*: analisar alternativas apresentadas para atender aos requisitos tendo em vista as restrições existentes;
- *Seleção*: aplicar critérios de decisão para selecionar a solução ótima;
- *Síntese*: integrar todos os elementos da solução selecionada;
- *Saída*: a solução do problema.

Temos ainda os elementos adicionais

*Restrições*, podem ser:

- tempo
- custo (orçamento)
- política governamental
- estado atual do conhecimento
- outros

*Crítérios de decisão*, podem ser:

- efetividade
- custo/efetividade
- riscos
- tempo

Como mostra a Figura 4.1, o processo é iterativo e, se necessário, devemos reiterar selecionando novas alternativas ou/e requisitos de entrada, e percorrendo o ciclo quantas vezes for necessário.

A seguir, veremos cada um destes itens em maior detalhe.

*Insumo ou entrada*, caracteriza-se por:

- *problema*: definição preliminar do enunciado do problema.
- *características do meio*: um insumo importante para o problema é a descrição do meio-ambiente.
- outros.

*Definição do problema*, como foi visto anteriormente uma definição mais detalhada do projeto é feita em termos de:

- objetivos
  - requisitos
  - especificações
  - **funções (do Diagrama de Fluxo de Trabalho)**
- Análises*, correspondem às análises quantitativas ou qualitativas das alternativas de solução para o problema em discussão.

As análises mais comuns são as que visam obter informações quantitativas em:

- efetividade
- custo
- tempo

ou combinações destas (custo/efetividade, tempo/efetividade, etc.), sobre as alternativas — solução.

*Avaliação e seleção do sistema*, se o número de critérios de avaliação for apenas de um, por exemplo, escolher o sistema de menor custo/efetividade, determinamos a relação custo/efetividade para cada alternativa.

O sistema que tiver menor relação custo/efetividade será o escolhido.

No caso em que houver mais de um critério de avaliação, teremos a seguinte seqüência:

- a) Fazemos as análises de cada alternativa.
- b) Avaliamos os resultados das análises para cada alternativa.
- c) Selecionamos fatores de peso para os diferentes critérios de avaliação, de acordo com a importância para a escolha da solução ótima.
- d) Resumimos os resultados em uma tabela sob forma de matriz.
- e) Selecionamos a alternativa ótima.

Critérios de Avaliação	Alternativa	Alternativa	Alternativa
Custo/efetividade			
Tempo ● ● ●			

Segue a Figura 4.2, que mostra um modelo de avaliação e seleção quando o único critério de avaliação é o custo/efetividade.

*Síntese do Sistema*, toma-se a alternativa escolhida e faz-se sua análise com mais detalhe verificando-se todas as capacidades da solução, e se necessário, reitera-se.

Naturalmente, algumas técnicas de análise podem ser ensinadas, mas não com significado de regras fixas que necessitam ser rigorosamente seguidas.

Geralmente, ocorrem situações em que temos que pensar e decidir sobre algo que não podemos realmente justificar ou verificar sempre as suas conseqüências. Às vezes, temos que aceitar critérios subjetivos para uma análise, que possibilitem a mensuração das alternativas e conseqüentemente a sua classificação relativa.

Sendo assim, podemos estabelecer seqüências lógicas que *apenas* facilitem as análises, mas o sucesso do curso de ação a seguir depende unicamente da habilidade do analista.

Ilustramos abaixo uma possível seqüência para uma análise:

- Definir e limitar o problema;
- Classificar os objetivos ou metas que se espera alcançar, com o sistema considerado;
- Planejar a política e meios no qual o sistema vai operar;
- Determinar caminhos e medir os respectivos graus de alcance das metas e objetivos;
- Listar e definir as alternativas que apresentem racional e real possibilidade de alcançar os objetivos, e adotar o critério apropriado para seleção dessas alternativas;
- Escolher a abordagem;
- Formular o esquema de trabalho, levando em conta os custos do planejamento e tempo de execução;
- Examinar os riscos e possíveis atrasos na execução;
- Avaliar as alternativas;
- Executar a análise de sensibilidade pela variação de parâmetros chaves. Examinar se as maiores incertezas estão completamente pesquisadas;
- Desprezar os fatores que não estão bem definidos;
- Decidir se podemos realmente recomendar uma dessas alternativas com base nas análises;
- Documentar o trabalho e conclusões.



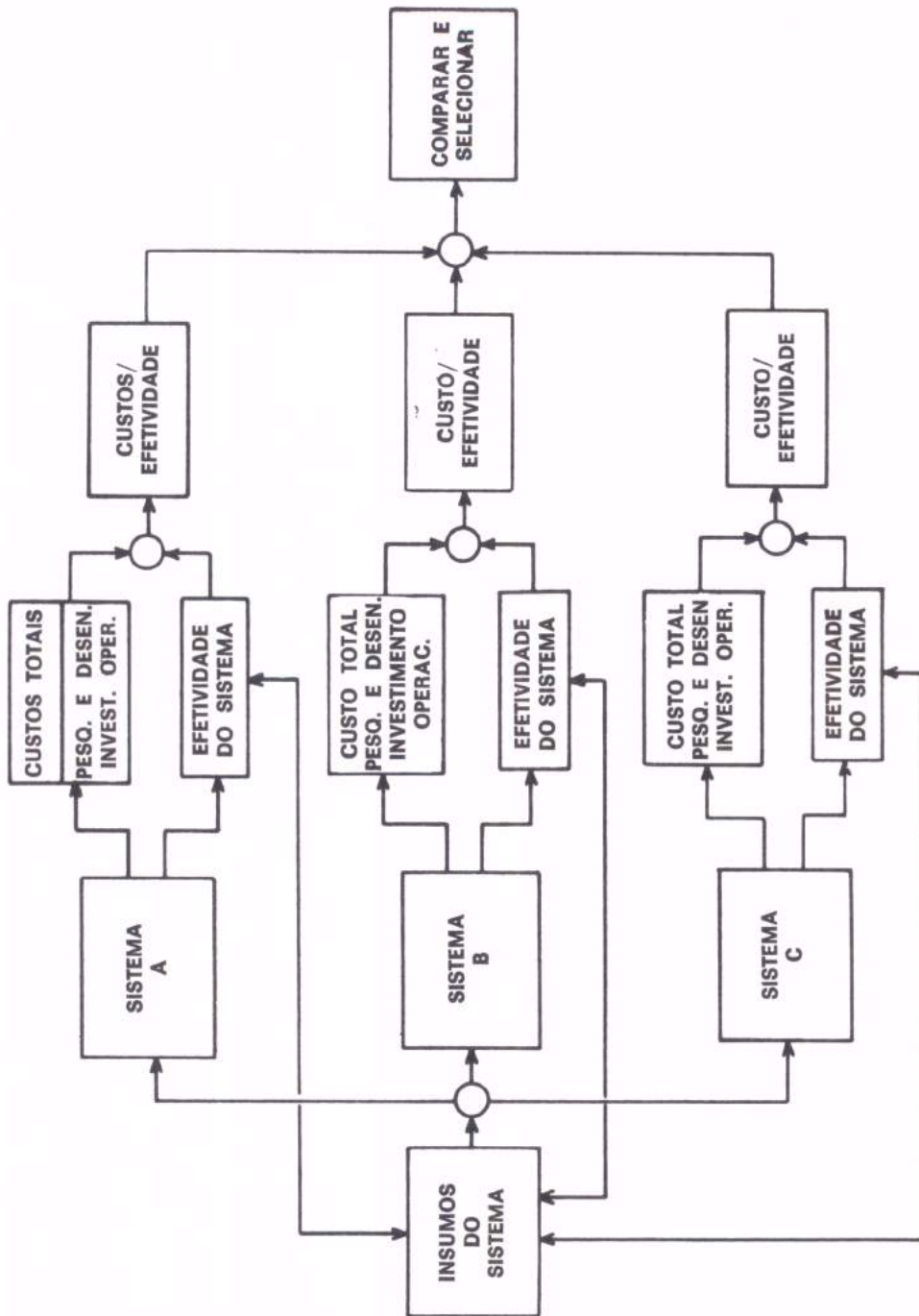


FIG. 4.2

#### 4.2.5 – A estrutura de uma análise custo/efetividade

Mais tarde (4.3.3.1) veremos pormenores sobre a análise custo/efetividade. Aqui mostraremos a Figura 4.3 com um esquema da estrutura de uma análise custo/efetividade. A partir da situação do problema, temos que formular os objetivos e coletar informações, resultando então as alternativas de solução. Essas alternativas possíveis, para as quais são feitos modelos. Esses modelos indicarão, para cada alternativa possível, um custo e uma efetividade (em uma dada escala). É feita então a razão custo sobre efetividade. A alternativa que apresentar o menor valor será a escolhida.

### 4.3 – SELEÇÃO DE SISTEMAS

#### 4.3.1 – Introdução

Uma vez definido o problema, estabelecida a situação geral e estudados os fatores que condicionam o problema, chega-se à etapa de relacionar as alternativas possíveis. Raras vezes encontra-se apenas uma solução possível. Temos então que escolher a melhor delas ou colocá-las em ordem de preferência.

Para isto são feitas análises com o intuito de obter informações quantitativas sobre as alternativas que atendam aos objetivos estabelecidos, quanto à:

- EFETIVIDADE<sup>24</sup>
- CUSTO
- TEMPO
- COMBINAÇÕES DESTES

Vejamos o exemplo mostrado na Figura 4.4. Neste caso faremos estas análises sobre os sistemas que pertencem ao conjunto C.

Onde:

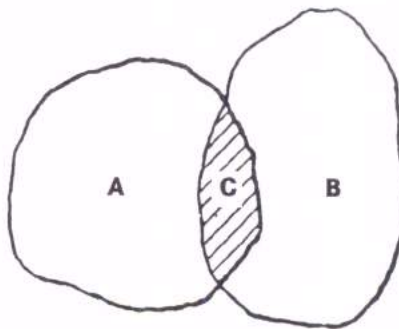
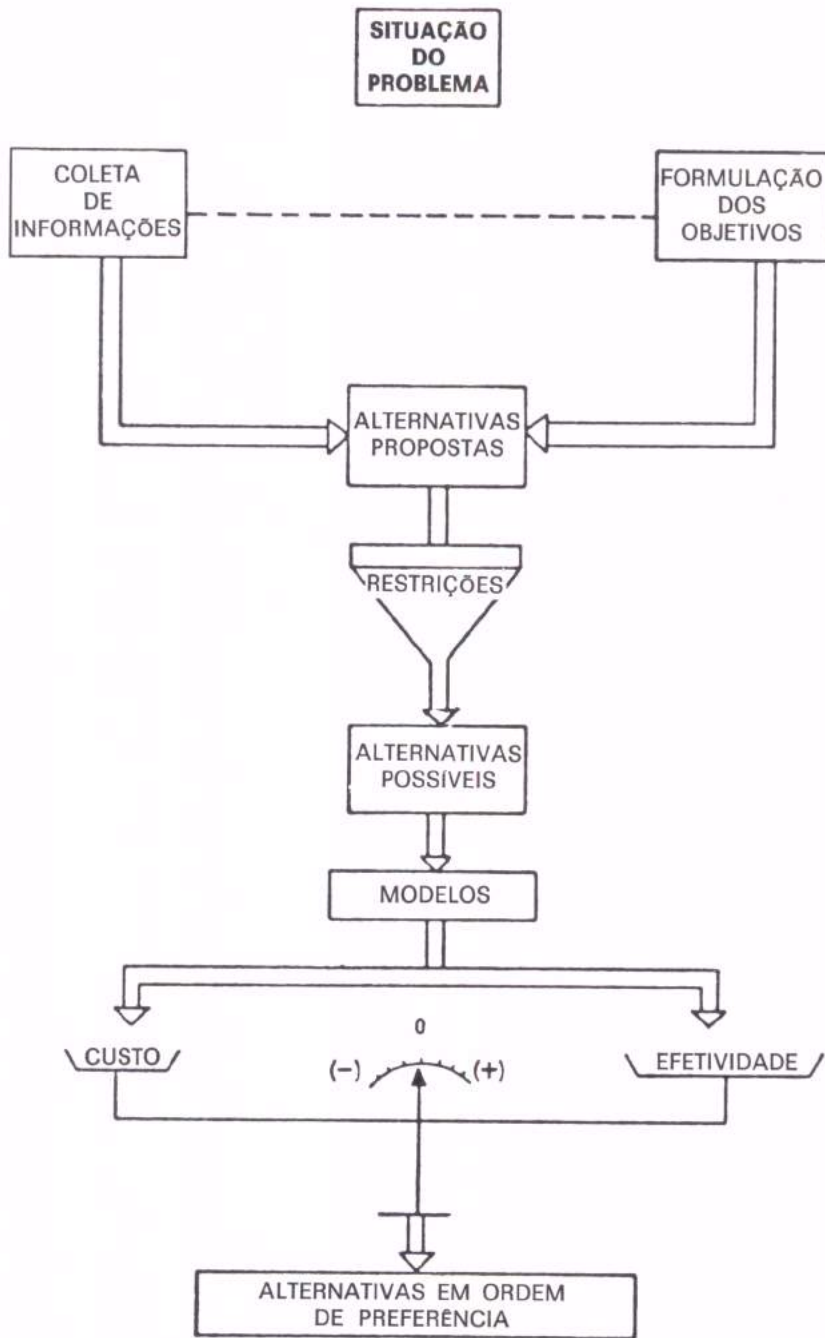


FIG. 4.4

<sup>24</sup> Efetividade: não leva em conta os parâmetros custo e tempo, que serão vistos no item 4.3.2



**ESTRUTURA DE UMA ANÁLISE CUSTO-EFETIVIDADE**

FIG. 4.3

- A = Conjunto de Sistemas disponíveis pela tecnologia atual;
- B = Conjunto de Sistemas que atendem aos objetivos e requisitos do projeto;
- C = Conjunto de Sistemas que são disponíveis pela tecnologia atual e satisfazem aos objetivos e requisitos do projeto (interseção de A e B).

O custo, a efetividade e o tempo formam uma figura em três dimensões (Figura 4.5) em que os eixos são:

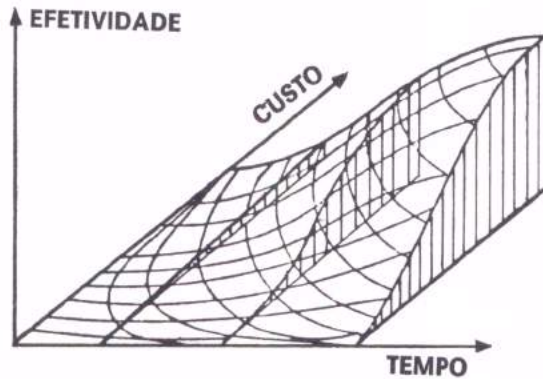


FIG. 4.5

Podemos ter vários gráficos extraídos deste triedro, conforme podemos ver nos que se seguem:

A Figura 4.6 mostra a curva de custo em função do tempo para vários níveis de Efetividade (E1, E2, E3).

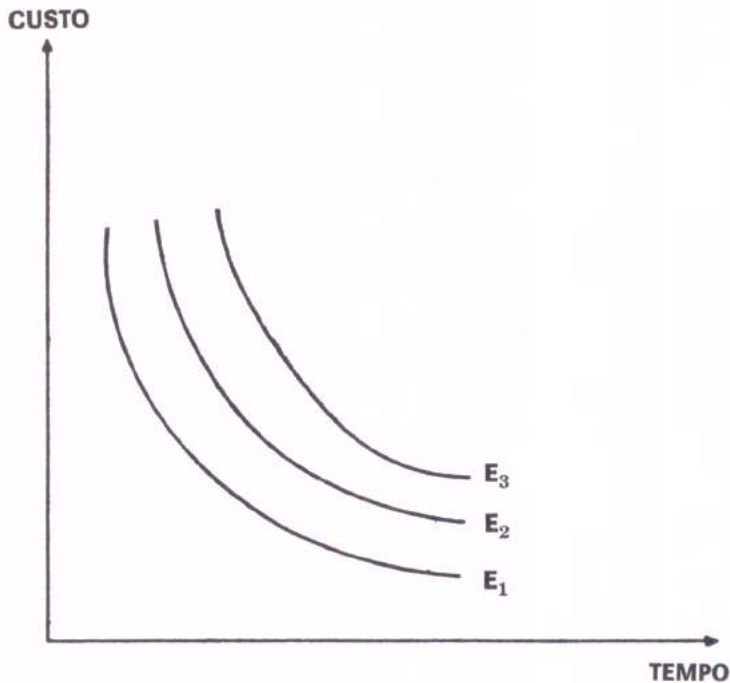


FIG. 4.6



A Figura 4.7 mostra a curva de efetividade em função do tempo para vários níveis de Custo (C1, C2, C3, C4).

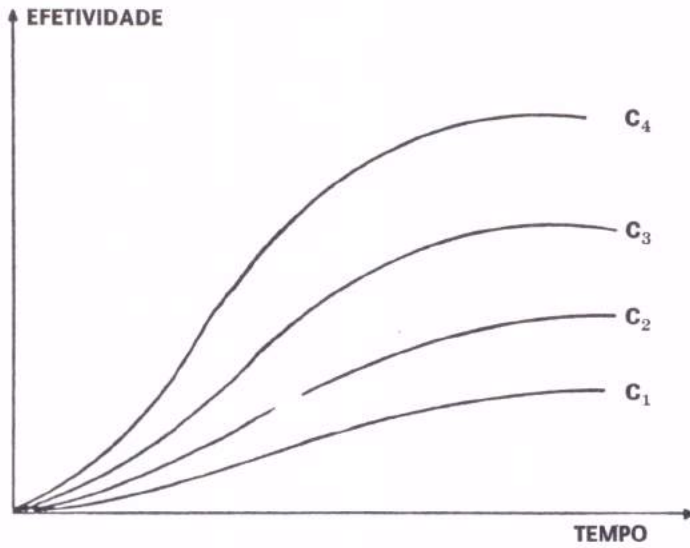


FIG. 4.7

A Figura 4.8 mostra a curva de Efetividade em função do Custo para vários níveis de tempo (T1, T2, T3, T4).

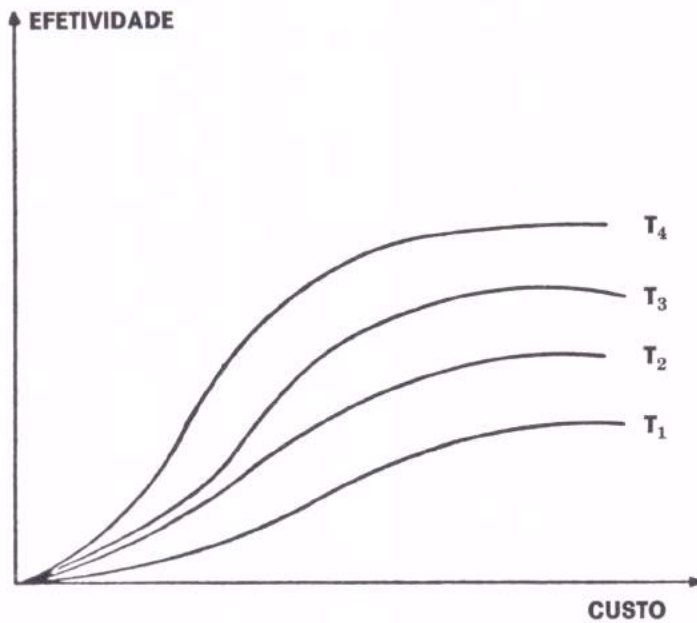


FIG. 4.8

### 4.3.2 – Os parâmetros

#### 4.3.2.1 – O custo

O custo ajuda a estabelecer uma base pela qual a alternativa pode ser julgada e suas características obtidas.

O projeto terá uma alta probabilidade de sucesso se possuímos bons estudos preliminares e continuados no decorrer do mesmo, para determinarmos os principais fatores que possam influenciá-lo, tais como: Efetividade, Custo, Tempo, Confiabilidade, Flexibilidade e outros. Esses estudos devem ser considerados como itens de custo. Dependendo da dimensão do projeto, devemos sempre que possível executar um plano-piloto ou modelo.

Uma das poucas coisas que se podem afirmar com segurança é que o custo de execução de um determinado sistema não será menor que o inicialmente dimensionado, sendo usual dar-se uma margem de segurança, que varia de sistema para sistema.

As análises de custos podem ser feitas para o sistema global ou para partes do sistema.

Além do mais, em alguns casos onde são envolvidas diversas fases de um sistema, tais como fase de estudo, fase de planejamento, fase de execução, etc., as análises podem ser feitas, também, por fases.

Um modo bem geral de avaliação do custo total do sistema é feito pela soma dos custos de Pesquisa e Desenvolvimento, Custos de Investimento e Custo de Operação. A Figura 4.9 mostra o esquema de um sistema de custos.

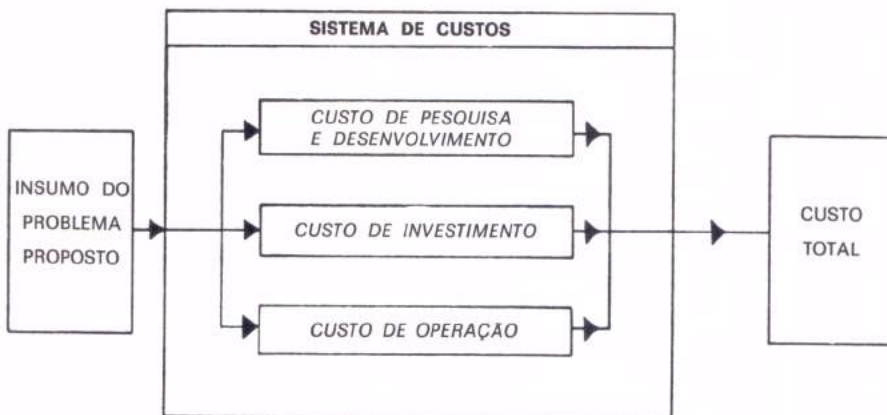


FIG. 4.9

A análise de custos pode ser abordada sob dois aspectos ou pontos de vista.

No primeiro, as características do sistema já estão determinadas

e os custos são feitos a posteriori. O custo total será então a soma de todas as estimativas de custo de cada parte do sistema.

No segundo sistema, o custo para o sistema é fixado, e suas características são determinadas dentro deste custo.

Então, se um dado custo é estabelecido a priori, as características do sistema tornam-se dependentes e portanto as nossas disponibilidades devem ser alocadas da maneira mais eficiente possível e compatível com esta restrição.

#### 4.3.2.2 – O tempo

Todo Projeto que envolve uma certa complexidade e quantidade de atividades para a sua execução exige uma análise detalhada de tempo. Tal análise procura determinar os tempos prováveis para completar o projeto total e os tempos para completar os subprojetos que o compõem.

Nestas análises geralmente o tempo é associado às diferentes funções de planejar, instalar e operar um sistema, tais como:

- Formulação dos Requisitos ( $T_{FR}$ )
- Desenvolvimento e projeto ( $T_{DP}$ )
- Preparação e Avaliação ( $T_{PA}$ )
- Execução, Instalação e Verificação ( $T_{EIV}$ )
- Operação e Manutenção ( $T_{OM}$ )

Geralmente o tempo ( $T_T$ ) do projeto é menor do que a soma dos tempos de suas várias partes ou seja:

$$T_T < T_{FR} + T_{DP} + T_{PA} + T_{EIV} + T_{OM}$$

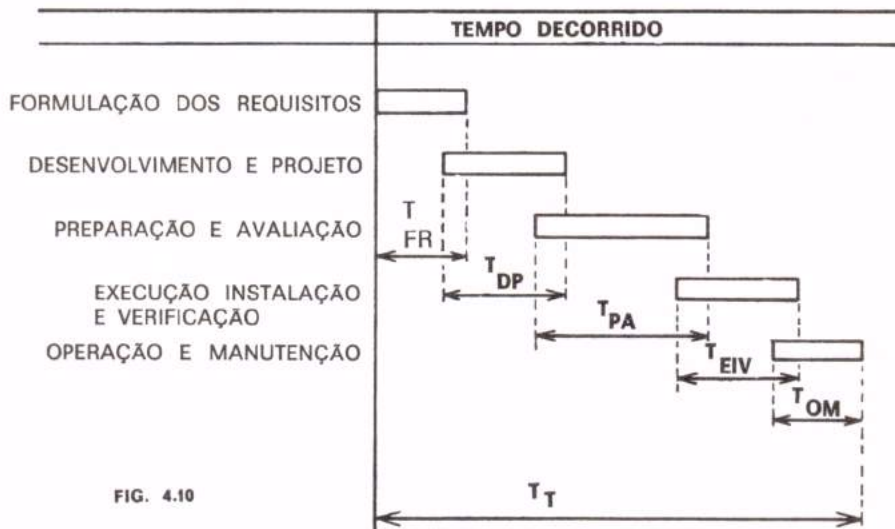


FIG. 4.10

O tempo total é menor do que a soma dos tempos das funções acima porque pode ocorrer e normalmente ocorre que partes destas funções são desempenhadas paralelamente, isto é, ao mesmo tempo.

A Figura 4.10 ilustra este paralelismo.

As análises de tempo podem ser feitas sob dois aspectos:

- a) estimando-se a data de término do projeto;
- b) fixando-se a data de término do projeto, a priori.

A figura 4.11 ilustra esses dois aspectos.

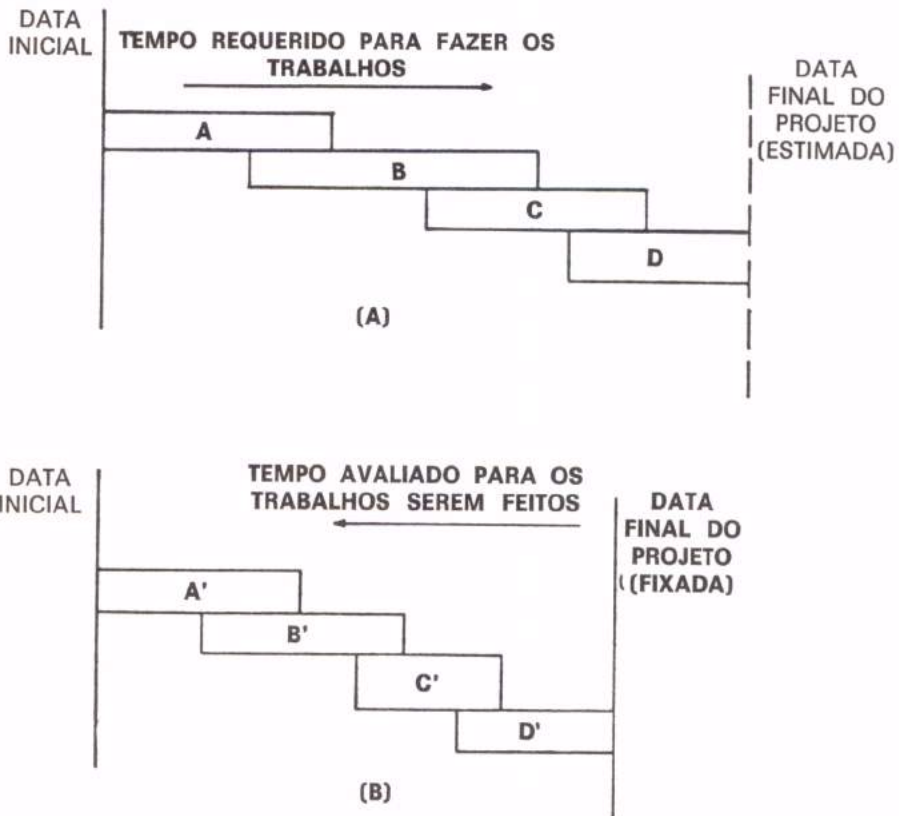


FIG. 4.11

Pode ocorrer, no segundo aspecto (Figura 4.11.B), que a data de término fixada de um projeto seja impossível de ser atendida, pois existe um tempo mínimo para a sua execução: Para se executar um projeto em um tempo mais curto é requerido um custo adicional, como pagamento de horas extras. Também, se um sistema é realizado em um tempo mais curto podem resultar sacrifícios de algumas de suas características.

Então, a estimativa de tempo requerido para executar o sistema



é influenciado também pelos graus de efetividade, confiabilidade e pelo custo.

#### 4.3.2.3 – A efetividade

Podemos definir EFETIVIDADE como o grau em que conseguimos nos aproximar dos objetivos, compreendendo que:

- objetivo: é o que desejamos atingir;
- alternativas: meios para alcançarmos o(s) objetivo(s);
- escala de efetividade: escala indicando a medida de efetividade.

Sem uma escala de efetividade, na qual a posição de uma alternativa indicasse a sua capacidade para alcançar os objetivos, a avaliação das alternativas seria impossível.

A associação de cada alternativa a uma posição na escala de efetividade é feita através de técnicas analíticas ou subjetivas.

A medida de efetividade deve, sempre que possível, ser colocada em termos numéricos. Declarações de missões tais como "Providenciar um apropriado controle de poluição sobre as cidades" ou "Providenciar defesa adequada contra submarinos inimigos" são vagas e por demais usadas. Tais declarações têm que ser transformadas em específicos e mensuráveis.

*Exemplos de medidas de efetividade são mostrados no quadro abaixo.*

OBJETIVO	MEDIDA DE EFETIVIDADE
1) Melhorar Ensino de Linguagem.	● Aumento no rendimento da Leitura (%) (medida por meio de testes).
2) Construir um sistema de Detecção de Ataque Nuclear.	● Número esperado de alarmes falsos por ano.
3) Aperfeiçoar um tipo de sistema anti-aéreo.	● % de aviões atingidos. ● Número esperado de aviões não-destruídos.
4) Melhoria no nível de produção em uma fábrica através de introdução de novas máquinas.	● Aumento da produção. ● Número esperado de pesos fora das especificações.

Notar que freqüentemente mais do que uma medida de efetividade pode ser necessária.

Algumas vezes é suficiente considerar medidas de maneira qualitativa somente.

Com certos tipos de sistema, o problema do critério pode parecer um pouco confuso. Contudo, seguindo os requisitos técnicos e os resultados finais esperados de um sistema, podemos determinar os critérios

a serem adotados.

Por exemplo, considere-se o problema associado ao exame da expansão do sistema educacional brasileiro. Inicialmente, pode-se considerar a simples ampliação do sistema existente sem inovações. Entretanto, muitas alternativas necessitam ser consideradas, cada uma das quais envolvendo características tais como: custo, eficiência, conhecimento científico, tempo de duração, segurança, probabilidade de sucesso, etc.

Algumas ou todas as características acima podem ser importantes indicações a serem consideradas na seleção da melhor alternativa.

### **4.3.3 – As análises**

#### **4.3.3.1 – A análise custo-efetividade**

Devido a grande importância da análise custo-efetividade (ACE) faremos sua apresentação de maneira a ressaltar sua utilidade para a análise de sistemas.

A ACE é uma abordagem analítica para resolver problemas de escolha que requerem uma definição de objetivos e identificação da alternativa que produza a maior efetividade para um dado custo ou que produza um grau exigido ou escolhido de efetividade pelo menor custo.

a ACE apresenta as seguintes formas:

- podemos comparar os custos das diferentes alternativas que tenham a mesma medida de efetividade, isto é, que alcancem o objetivo requerido na mesma extensão. A alternativa que apresentar o menor custo é considerada como sendo a melhor;
- comparações entre efetividade das diferentes alternativas, que tenham o mesmo custo. A alternativa que apresentar a maior efetividade será a preferida;
- se as alternativas diferem quer quanto aos custos, quer quanto à efetividade, não temos à mão uma base lógica de comparação, a não ser que exista uma alternativa dominante.<sup>27</sup>

As vezes é possível medir os custos ou a efetividade unidimensionalmente. Objetivos múltiplos dão origem, geralmente, a medidas de efetividade e de custos multidimensionais.

É muito provável acontecer que nem todos os custos ou nem toda efetividade possam ser mensuráveis.

Mesmo nestes casos, dadas as suas características, a ACE pode ser de grande valor, como guia de decisões a serem tomadas.

Um exemplo de como os elementos de uma análise (Objetivos, Alternativas, Custos, Efetividade, Critérios) estão relacionados com a tomada de decisão, e que vamos considerar, é o tipo de assistência, ou seja, orientação que deve ser dada ao pessoal do Núcleo de Análise de Sistemas (NAS), que participa do projeto MESIS, cujo objetivo é preparar este manual.

*As alternativas são as várias maneiras deste pessoal ser orientado de modo a alcançar o objetivo.*

<sup>27</sup> Alternativa dominante: é a que possui maior medida de efetividade do que qualquer outra, para todos os custos.

O custo é função dos recursos totais (tais como recursos humanos e facilidades de pesquisa) que devem ser alocados para pesquisa, e do tempo requerido para alcançar o objetivo com sucesso.

Para fazer a medida de efetividade temos:

- a) Divide-se o pessoal do NAS em 3 partes, AS1, AS2, AS3.
- b) A cada uma das partes AS1, AS2, AS3, se entrega um item do projeto, que deverá ser pesquisado.
- c) AS1 — não receberá orientação.  
AS2 — receberá orientação periódica.  
AS3 — receberá orientação permanente.
- d) Os relatórios de AS1, AS2, AS3, deverão ser entregues a três grupos diferentes de pessoas do mesmo nível daquelas às quais o Manual se destina.
- e) Faz-se um teste com perguntas, aos grupos que receberam o relatório, onde se verifica a compreensão dos textos.

Na escala de efetividade, teríamos as notas atribuídas aos testes, pelos grupos que receberam os relatórios. A nota de cada grupo será a média dos participantes.

As alternativas propostas de orientação podem ser colocadas na Tabela IV.1, a seguir:

ALTERNATIVA	I	II	III
GRUPOS	Pessoal do Núcleo de Análise de Sistemas	Pessoal do Núcleo de AS com orientação externa Periódica	Pessoal do Núcleo de AS com orientação externa Permanente

O custo e a efetividade podem ser estimados conforme a Figura 4.12.

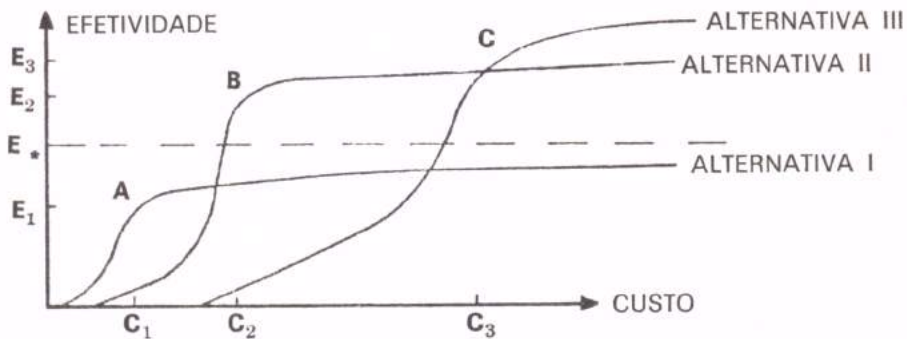


FIG. 4.12



Observa-se que o máximo desta razão é o mesmo para alternativas I no ponto A e alternativa II no ponto B.

Considerando o nível mínimo de efetividade aceitável como  $E^*$ , foi selecionada a alternativa II pela análise comparativa, vista na Tabela IV.II de acordo com a análise custo-efetividade.

TABELA IV.II

FATORES ALTERNATIVAS	CUSTO	EFETIVIDADE
I	MÍNIMO ( $C_1$ )	INADEQUADA ( $E_1$ )
II	MÉDIO ( $C_2$ )	ADEQUADA ( $E_2$ )
III	MÁXIMO ( $C_3$ )	ADEQUADA ( $E_3$ )

Esta análise foi feita considerando um determinado tempo de duração para o projeto.

Usualmente podemos analisar sob dois pontos de vista:

- 1 — É requerido um determinado nível de efetividade e então o custo é minimizado para esta efetividade;
- 2 — É requerido um determinado custo e então a efetividade é maximizada para esse custo.

Se tivéssemos estabelecido que o nível de efetividade  $E_1$  mostrado na figura era adequado, selecionaríamos a alternativa I e minimizaríamos os custos.

É impossível que uma determinada escolha nos leve a uma impossibilidade de realização (ver na Figura 4.12 a posição do asterisco, onde são requeridos a efetividade  $E^*$  e custo C ).

Podemos ter critérios que aparentemente especificam sem requerer nível de custo e de efetividade. Um critério que é amplamente usado é a maximização de razão efetividade/custo.

Como a razão efetividade/custo para um dado ponto na curva da alternativa é a inclinação de uma reta passando pela origem e por este ponto temos que a maximização desta razão, no nosso exemplo, ocorre nos pontos A, B e C (na Figura 4.12), para as alternativas I, II e III, respectivamente. Na Tabela IV.II temos os custos e as efetividades para esses pontos de máximos da razão efetividade/custo.

#### 4.3.3.2 – A análise tempo-efetividade (ATE)

A análise tempo-efetividade é usada quando o tempo durante o qual se espera operar o sistema assim como a sua efetividade são fatores que devem ser levados em conta. A ATE será ilustrada por um exemplo.

*O problema a ser analisado diz respeito à escolha, entre duas alter-*



nativas, da melhor maneira de se ministrar um curso de alfabetização através da televisão. As alternativas são:

- 1 — os operadores funcionarem somente como monitores (ligar e desligar os aparelhos);
- 2 — os operadores funcionarem também como professores-monitores, necessitando então de treinamento.

Sob algum critério, determinamos as curvas da efetividade versus tempo durante o qual se espera operar o sistema, conforme a Figura 4.13.

Inicialmente tinhamos professores leigos (estávamos no ponto A). Com a introdução da TV na educação eles foram utilizados como monitores, havendo um grande aumento de efetividade (indo para o ponto B). Se forem treinados como professores-monitores haveria um pequeno aumento de efetividade (indo para o ponto C).

Pela Figura 4.13, notamos que a taxa de aumento da efetividade da alternativa 2 é maior que a da alternativa 1. A partir do ponto X, coordenadas tempo  $T_0$  e efetividade  $E_0$ , a alternativa 2 também passa a ter efetividade maior que a alternativa 1.

Então, se o tempo que se espera operar o sistema for maior que  $T_0$ , escolhemos a alternativa 2.

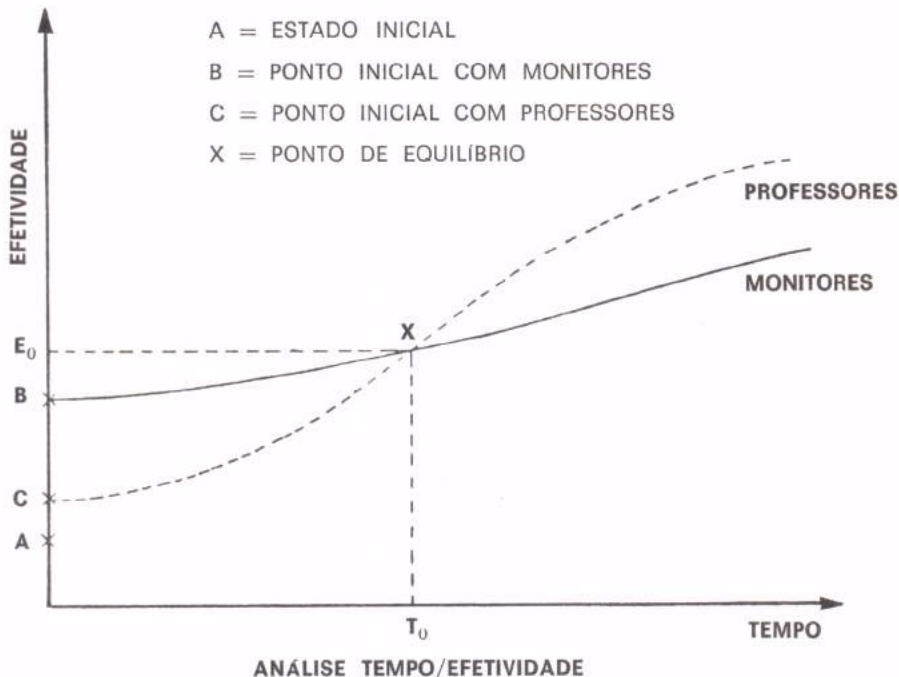


FIG. 4.13

#### **4.3.4 – Comparações**

##### **4.3.4.1 – Efetividade e eficiência**

A efetividade (ou eficácia) mede o grau de alcance dos objetivos, estando portanto relacionada aos resultados (saídas) do sistema. Assim, um sistema será tanto mais efetivo quanto maior for este grau. A eficiência, por sua vez, se preocupa com a relação saída/entrada (rendimento), e o sistema é mais eficiente quando exigir um mínimo de entradas (recursos) para uma mesma saída. Vale ressaltar que um sistema pode ser efetivo, isto é, atingir os objetivos no grau desejado, sem que seja eficiente, se, para obter essa efetividade, necessitar do emprego amplo de recursos.

##### **4.3.4.2 – A análise custo-efetividade e a análise custo-benefício**

A análise custo-efetividade, vista na seção 4.3.3, possui nomes já consagrados na literatura. Assim, quando os resultados (saídas) do sistema podem ser medidos em termos monetários, temos a análise custo-benefício. Em outros casos, onde se torna difícil essa quantificação, sendo mesmo às vezes necessária a utilização de outras grandezas para definir os produtos (saídas), temos a análise custo-efetividade propriamente dita.

#### **4.4 – RELAÇÃO ENTRE ANÁLISE DE SISTEMAS E OUTRAS ANÁLISES**

##### **4.4.1 – Relação entre análise de sistemas, a ciência e a engenharia**

A Análise de Sistemas pode ser encarada como a *aplicação do método científico a problemas de escolha econômica*.

Ela difere da Ciência Pura, porque enquanto esta tem por objetivo entender e prever, a Análise de Sistemas tem por objetivo recomendar opções.

A Análise de Sistemas, então, está mais próxima da Engenharia, porque enquanto a ciência descobre coisas, a Engenharia procura aplicar estas descobertas em fazer coisas boas e a baixo custo. No sentido de que a AS se dedica a aplicar conceitos científicos, ela se identifica com a Engenharia.

##### **4.4.2 – A análise de sistemas e a pesquisa operacional**

Como se poderia comparar a Análise de Sistemas e a Pesquisa Operacional? Pode-se dizer que a Análise de Sistemas engloba a Pesquisa Operacional como ferramenta.

Na Pesquisa Operacional, os objetivos da operação são claros, e a

medida de eficiência do sistema é conhecida, isto é, sabemos dizer o que é mais e o que é menos eficiente.

O objetivo da Pesquisa Operacional é desenvolver modelos matemáticos que se apliquem a uma ampla faixa de situações. Tenta, então, usar matemática ou análise lógica para melhorar a eficiência de uma determinada operação. Os analistas de operações se dedicam a problemas de produção, distribuição e vendas, operações industriais e governamentais; enfim a problemas de operação e organização.

A análise de Sistemas tem um sentido mais amplo porque além das operações da Pesquisa Operacional, ela engloba planejamento em níveis mais altos, como veremos mais adiante. Ela trata de sistemas em que os objetivos não são claros e a medida de efetividade é discutível. Com Pesquisa Operacional são projetados sistemas que obedecem a requisitos previamente estabelecidos. Já na Análise de Sistemas, grande parte dos seus esforços são dirigidos para a escolha dos objetivos do sistema, bem como de suas alternativas.

#### 4.4.3 – A análise de sistemas e a análise custo-efetividade

A Análise Custo-Efetividade se dedica à escolha da alternativa de menor custo que satisfaça aos requisitos do desempenho previamente estipulados.

A Análise de Sistemas usa Análise Custo-Efetividade, mas além desses parâmetros custo e efetividade, outras variáveis e outras análises são levadas em conta, e muitas vezes não é o custo efetividade que determinará a melhor alternativa.

Verificamos a diferença entre Análise de Sistemas e Análise Custo-Efetividade por meio do exemplo introduzido por Quade.<sup>28</sup>

##### Exemplo de Análise Custo-Efetividade

Problema: *Comprar uma máquina de lavar roupa*

Objetivo: *Claro*

Alternativas: *bem definidas: as diversas máquinas existentes no mercado têm diferenças em custo e em desempenho.*

Custos (parâmetros)

*Manutenção*

*Água*

*Energia Elétrica*

Efetividade

*Conveniência*

*Duração do ciclo*

*Capacidade*

*Água residual nas roupas*

<sup>28</sup> Quade, E. S., and Boucher, W. I., *System Analysis and policy Planning Applications in Defense.*



*Digamos que escolhemos a capacidade, como medida de efetividade. Então, para escolher a melhor máquina, fariamos uma análise custo-efetividade, comparando os custos de diversas máquinas com as respectivas capacidades.*

#### Exemplo de Análise de Sistemas

*Problema: Gastar mais dinheiro e aumentar o padrão de vida familiar: Como alocar o dinheiro entre as diversas possibilidades? Para tanto usáramos Análise de Sistemas, seguindo passos como:*

- a) *Investigar objetivos*
- b) *Estabelecer critérios*
- c) *Determinar medidas de efetividade*
- d) *Estudar as alternativas como:*
  - *um novo carro*
  - *um piano*
  - *viagem à Europa.*

*Como as alternativas são tão diferentes, determinar os custos e como conseguir a efetividade desejada é uma tarefa menor.*

#### **4.4.4 – A análise de sistemas e as técnicas de engenharia de sistemas aplicadas à administração**

O que possibilitou a aceleração e uso de Análise de Sistemas foi o desenvolvimento de um sistema moderno de administração conhecido como Sistema de Planejamento e Orçamento-Programa (PPBS-Planning-Programming-Budgeting-System) inicialmente na área militar e na NASA e posteriormente se estendendo aos órgãos federais e estaduais de vários países, incluindo o Brasil no seu Decreto-Lei 200.

Este sistema é uma ferramenta de administração para formulação e contínua revisão de programas e que abrange desde o estudo de viabilidade até a implementação do sistema. Tem como características:

- a) Orçamento que indica os gastos planejados para cada período de tempo considerado;
- b) Sistema de dados que permite controlar o progresso do projeto;
- c) Análise de Sistemas em todos os níveis de atividades para pesquisar, examinar e avaliar possíveis alternativas:

Em seguida, apresentamos, em caráter informativo, a técnica PPBS e as suas principais características.

#### **4.5 – SISTEMA DE PLANEJAMENTO E ORÇAMENTO-PROGRAMA (PPBS) UMA APLICAÇÃO DE SISTEMAS**

##### **4.5.1 – Introdução**

Neste item, procuramos apresentar, em linhas gerais, uma das pos-



síveis aplicações das idéias de Análise de Sistemas, a técnica PPBS, conforme foi mencionada anteriormente.

Procuramos dar ênfase à conceituação do PPBS e as suas principais características. No final do capítulo, são apresentadas algumas referências bibliográficas específicas que devem ser consultadas pelo leitor interessado neste assunto.

#### **4.5.2 – O que vem a ser PPBS**

Podemos definir PPBS como uma nova técnica de planejamento e orçamento-programa, possuindo como principal característica o emprego das idéias de análise de sistemas.

Em outras palavras, podemos dizer que PPBS é um processo de planejamento que inclui como principal componente um orçamento orientado para programas. Portanto, como qualquer orçamento, procura a alocação ótima dos recursos disponíveis entre as diversas atividades de um Governo ou de uma empresa, com a característica de estar essencialmente ligado ao conceito de programa, que pode ser definido como um conjunto de atividades ou operações que atendem a um objetivo amplo.<sup>29</sup>

Em síntese, a principal diferença entre as técnicas usuais de alocação de recursos e a técnica PPBS é que esta última apresenta como contribuição, para se conseguir a alocação ótima, o uso de um planejamento e análise formais.

#### **4.5.3 – Características do PPBS**

De acordo com o que foi exposto, podemos dizer que o PPBS apresenta cinco características principais:

- característica estrutural
- característica analítica
- característica de informação
- característica de planejamento
- característica de avaliação

##### **4.5.3.1 – Característica estrutural**

A característica estrutural do PPBS encontra-se no fato de possuir a sua componente 'orçamento' orientada para programas.

Estes são intimamente relacionados aos objetivos da empresa, sendo, portanto, polarizados para os resultados ('outputs'), isto é, os programas são definidos em termos do que a empresa procura atingir ao invés de em termos dos recursos (inputs, ou seja, pessoal, material, equipamentos, etc.) que ela procura reunir para executar as suas atividades, como no sistema tradicional do orçamento.

<sup>29</sup> Convém salientar que esta definição não caracteriza univocamente um programa, pois dependerá muito da orientação da empresa no estabelecimento dos seus objetivos.

A estrutura do PPBS pode ser caracterizada como segue:

#### 1. Programas

Consistem de um conjunto de atividades (ou operações) que atendam a um único objetivo amplo (ou missão) ou que possuam objetivos gerais semelhantes.

Como exemplo de programa podemos citar o "Aperfeiçoamento da educação de nível superior".

#### 2. Subprogramas

São subdivisões dentro de cada programa que reúnem as atividades de uma empresa com base em objetivos mais específicos do que no caso de programas.

No exemplo de programa citado no parágrafo anterior, "o aperfeiçoamento da pós-graduação em engenharia" poderia ser um subprograma.

#### 3. Elementos de programas

Correspondem a subdivisões dos subprogramas e constituem os produtos específicos, isto é, bens e serviços que contribuem para os objetivos da empresa.

*O exemplo de um elemento de programa, no caso referido anteriormente, poderia ser o "número de professores a ser treinado em matemática".*

Convém ressaltar que esta estrutura, assim como foi definida, não é rígida e a sua determinação depende dos objetivos da empresa.

#### 4.5.3.2 – Característica analítica

Constitui-se no uso da 'Análise de Sistemas' como metodologia para o estudo das decisões alternativas de alocação de recursos em todos os níveis da estrutura.

Desta forma, pode-se entender o PPBS como uma das principais aplicações da 'Análise de Sistemas'.

#### 4.5.3.3 – Característica de informação

Outra característica importante do PPBS, imposta pelo uso da 'Análise de Sistemas', é a necessidade de um sistema adequado de informações. Este sistema deverá fornecer ao analista todos os dados necessários à execução de uma boa análise das diversas alternativas e a escolha da alternativa ótima.

#### 4.5.3.4 – Característica de planejamento

O PPBS procura enfatizar a necessidade de o orçamento anual estar vinculado a um planejamento a longo prazo que trace as metas a serem atingidas.

#### 4.5.3.5 – Características de avaliação

Consiste na comparação dos resultados obtidos, em cada ano, com os objetivos estabelecidos.

Com base nesse processo de realimentação, o planejamento plurianual é revisto, sendo então preparado, em forma final, o orçamento para o ano seguinte.

#### 4.5.3.6 – Documentos básicos do PPBS

Os dois documentos básicos do PPBS são o 'Programa Plurianual e Plano-Financeiro' (PFP) e o 'Memorando do Programa' (PM).<sup>30</sup>

O PFP consiste numa sucessão de tabelas que apresentam os benefícios e os custos associados a cada programa, subprograma e elemento. Abrange, em uma base anual, um período de anos que é determinado pela natureza dos objetivos da organização.

Convém salientar que um aspecto importante do PFP é o fato de possuir duas partes distintas: uma relacionada aos custos envolvidos (em cada programa, subprograma e elemento) e outra aos benefícios advindos destes investimentos. Outro aspecto importante é que o PFP é revisto e atualizado anualmente, dando assim ao elemento que toma decisões uma visão global da situação.

Em seguida apresentamos um formato de PFP compreendendo a parte, correspondente aos benefícios, referida anteriormente. O exemplo que se segue tem apenas caráter de ilustração (Fig. 4.14).

Finalmente, para cada um dos programas apresentados no PPBS deve ser preparado um documento que sirva de base para as conclusões e recomendações apresentadas no PFP. Tal documento é o PM que mostra, em uma forma resumida, as análises de sistemas que foram efetuadas para se chegar ao orçamento.

#### 4.5.3.7 – Conclusão

Assim o PPBS é um sistema de planejamento, programação e orçamento cuja principal característica é ser orientado para os objetivos permitindo que o orçamento seja um elemento efetivo no processo de tomada de decisão e utilizando a análise de sistemas como metodologia central.

<sup>30</sup> Estes documentos tiveram o seu uso consagrado pelo "U.S. Bureau of Budget" e têm as suas siglas PFP para "Multiyear Program and Financial Plan" e PM para "Program Memorandum" e pelo Ministério do Planejamento no Brasil.

RECURSOS FINANCEIROS					
APLICAÇÕES	1970	1971	1972	1973	1974
<i>Pessoal e Encargos Sociais</i>					
<i>Outras Despesas Correntes</i>					
<i>Subtotal — Despesas Correntes</i>					
<i>Investimentos e Inversões</i>					
<i>Subtotal — Despesas Capital</i>					
<b>TOTAL</b>					

FIG. 4.14



## BIBLIOGRAFIA

1. ASIMOV, Morris, *Introduction to design*. New Jersey, Prentice-Hall [© 1962].
2. BELL, C. F., *Cost-effectiveness Analysis as a management tool*. California, RAND, 1964..
3. CLELAND, David I.; KING, William R., *Systems analysis and project management*. New York, McGraw-Hill [© 1968].
4. CLELAND, David I.; KING, William R., *Systems organizations, analysis, management: a book of readings*. New York, McGraw-Hill [© 1969].
5. DEUTSCH, R., *Systems Analysis techniques*. New Jersey, Prentice-Hall [© 1969].
6. FISHER, Gene H., *The world of program budgeting*. California, RAND, 1966.
7. HARTLEY, Harry T., *Educational planning — programming — budgeting: a system approach*. New Jersey, Prentice-Hall, 1968.
8. KRICK, E. V., *An introduction to engineering and engineering design*. New Jersey, John Willey [© 1965].
9. LYNCH, William A.; TRUXAL, John G., *Introductory systems Analysis*. New York, McGraw-Hill, 1961.
10. MARSHALL, A. W., *Cost/benefit analysis in health*. California, RAND, 1965.
11. McKEAN, Roland N., *Efficiency in government through systems analysis*. New York, John Wiley [© 1958].
12. NOVIK, David, *Program budgeting: program analysis and federal government*. Cambridge, Mass., Harvard Univ. Press.
13. PARKER, J. K., *Project management*. *Management Information Service*. Washington, 2 (L-11): 2-26, nov. 1970.
14. QUADE, E. S., *Systems analysis techniques for planning-programming budgeting*. California, RAND, 1968.
15. QUADE, E. S.; BOUCHER, W. I., ed., *Systems analysis and policy planning applications in defense*. New York, American Elsevier, 1968.
16. SCHLESINGER, J. R., *Systems analysis and the political process*. California, RAND, 1967.



## CAPITULO V

### *Planejamento e Controle do Projeto (PCP)*

---

#### **5.1 – DINÂMICA DE PCP**

##### **5.1.1 – Introdução**

Como já foi mencionado nos capítulos anteriores, o processo de abordagem de sistemas aplicado ao planejamento e execução de projetos define a existência de dois conjuntos de funções: um compreendendo o planejamento técnico do projeto; o outro compreendendo o planejamento e controle administrativo do mesmo.

Nestes termos, procura-se, neste item, dar uma idéia do que vem a ser planejamento e controle do programa, as funções que compreendem e como devem ser aplicadas em um projeto, através da atuação de um grupo, por nós denominado de PCP (Planejamento e Controle do Projeto), como elemento integrante da estrutura organizacional.

##### **5.1.2 – O que é planejamento e controle do programa**

O planejamento e controle de um programa consiste essencialmente de um conjunto de funções inter-relacionadas que objetivam planejar e controlar um projeto nos aspectos de progresso, custo e documentação.<sup>21</sup>

Em um projeto, este conjunto de funções é exercido por um grupo, o qual denominamos de PCP (Planejamento e Controle do Projeto), que se constituirá, portanto, em um grupo de assessoria ao gerente do projeto, sendo responsável pelas respostas ao 'quando' e 'quanto' referidas no Capítulo I.

<sup>21</sup> Em um menor grau de importância, poderíamos considerar também como uma das funções que definem o planejamento e o controle do programa a função de controle técnico. Salientamos que os padrões que serviriam de base para este controle seriam estabelecidos pelo grupo de planejamento técnico (por nós chamado de grupo de Engenharia de Sistemas).

Queremos deixar bem claro que cabe ao grupo de PCP apenas o planejamento e o controle do ponto de vista administrativo. A parte referente ao planejamento técnico é função de outro grupo, denominado 'Engenharia de Sistemas', como vimos no Capítulo III.

### 5.1.3 – Por que existe um grupo de PCP?

Parece-nos evidente que, em um projeto, sempre existe um conjunto de funções que definem o planejamento e o controle de um programa. Entretanto, a necessidade de um grupo, por nós denominado de PCP, com a finalidade de exercê-las exclusivamente, é função do maior ou menor grau de complexidade do projeto.

Nos projetos de pequena complexidade, o próprio gerente poderá ter condições para exercer eficientemente este conjunto de funções que são do seu interesse imediato, sem que elas entrem em conflito com as demais funções inerentes a seu cargo.

Entretanto, com o aumento de complexidade dos projetos atuais, desenvolveu-se uma necessidade cada vez maior da criação deste grupo (PCP), que desta forma irá diminuir a carga de trabalho do gerente, permitindo-o executar eficientemente as suas demais funções.

E' esta complexidade administrativa que também irá exigir do PCP o estabelecimento de uma série de procedimentos que permitam ao gerente seguir o projeto passo a passo e ter elementos para tomar decisões. Estes procedimentos estão implicitamente associados às funções do PCP que serão citados no subitem seguinte. Entre os mesmos, podemos enumerar os seguintes:

- Relatórios de progresso para o gerente
- Relatórios de custos para o gerente
- Reuniões de revisão
- Diagramas demonstrativos da situação de progresso e custos.

Em um sentido bastante figurativo, costuma-se dizer que os elementos do PCP são 'os olhos e os ouvidos do gerente do projeto'.

Em um projeto, a atuação deste grupo poderá parecer um pouco incômoda para o elemento técnico que, instintivamente, dá maior importância ao desempenho técnico do sistema. Entretanto, não é suficiente juntar especialistas, equipamentos e recursos financeiros para que se consiga a plena consecução dos objetivos de um projeto. E' necessária a existência de uma componente imprescindível: o aspecto administrativo. O especialista, geralmente, se esquece da componente administrativa de tempo e custo na execução do plano estabelecido.

Esta componente administrativa é conseguida de uma maneira mais eficiente por intermédio do estabelecimento de um grupo de planejamento e controle de programa.



## 5.1.4 – Funções de um grupo de PCP

### 5.1.4.1 – Introdução

No item anterior, vimos que um grupo de PCP exerce um conjunto de funções cujo objetivo é o planejamento e o controle do projeto sob o ponto de vista administrativo.

É difícil separar planejamento e controle. Um controle adequado está intimamente relacionado a um planejamento eficiente, de tal forma que algumas das técnicas utilizadas no último podem ser aplicadas ao primeiro. Como exemplo, podemos citar o PERT/CPM que pode constituir-se numa técnica tanto de planejamento como de controle, apesar de possuir maior eficiência no primeiro, em virtude da característica de apresentar dependência entre as atividades, como será visto mais adiante, quando nos referirmos à técnica PERT/CPM.

Apresentamos em seguida as funções principais de um PCP, e algumas das técnicas utilizadas em cada uma destas funções. Estas técnicas serão descritas detalhadamente nos itens seguintes deste capítulo (Controle de Tempo, Definição do Trabalho e Controle de Recursos, etc.).

- Planejamento da Estrutura de Organização
- Planejamento e Controle de Progresso (Tempo)
- Planejamento e Controle de Custos
- Controle de Documentação
- Assistência Administrativa ao gerente do projeto.

#### 5.1.4.2.1 – Planejamento da estrutura de organização

Baseado no conhecimento das funções a serem executadas, e na quantidade e tipo de pessoal que compõe o projeto, o grupo do PCP elabora a estrutura organizacional do mesmo.

Esta estrutura define os níveis de autoridade e responsabilidade, e é descrita por intermédio do Organograma, Manual de Atribuições, Manual de Procedimentos e outros meios que permitam mostrar claramente como serão regidas as relações entre os elementos de um projeto.

O Organograma é uma descrição gráfica que mostra os grupos de trabalho e, aproximadamente, as relações de autoridade dentro do projeto.

O Manual de Atribuições descreve as responsabilidades de cada elemento do projeto, seja ele gerente, líder de grupo ou apenas um componente do mesmo, bem como o seu nível de autoridade.

O Manual de Procedimentos é um documento que contém as normas que regem os processos e rotinas administrativas.

É interessante salientar que este conjunto de documentos não é suficiente para constituir completamente uma estrutura organizacional, pois grande parte da mesma só é explicitada por meio do relacionamento humano indispensável a qualquer organização.

#### 5.1.4.2.2 – Planejamento e controle de progresso

Esta função compreende, em sua fase de planejamento, a preparação do PERT/CPM e dos Cronogramas (Cronograma-mestre e Cronogramas parciais), e de outras ferramentas que permitam uma definição do tempo disponível para cada tarefa a ser executada, e uma visualização do projeto no decorrer do tempo.

Ao longo do processo administrativo, os cronogramas citados e técnicas afins não são estáticos, mas ferramentas dinâmicas que deverão ser atualizadas no transcorrer do projeto, refletindo assim, a cada instante, a situação real presente, bem como traduzindo a filosofia de realimentação contínua, característica de abordagem de sistemas.

Inicialmente, para a preparação do PERT/CPM e dos cronogramas, que constituem as primeiras técnicas a serem utilizadas, o PCP deve-se basear no Diagrama de Fluxo de Trabalho (DFT), elaborado pelo grupo de Engenharia de Sistemas, na fase de 'Definição do Projeto'.

Na fase seguinte (de controle), deve ser empregada uma série de procedimentos para medir e acompanhar o progresso do projeto, isto é, coordenar a ação de todas as partes do mesmo de acordo com o plano estabelecido para se atingirem os objetivos desejados.

Resumidamente, os procedimentos serão os seguintes:

##### a) *Levantamento de Situação:*

Periodicamente o PCP deve procurar saber qual a situação em que se encontra o projeto mormente no que diz respeito a datas de entrega de tarefas. Isto é feito através de relatórios escritos, contactos verbais, ou observação direta, com relação às diferentes atividades do projeto.

##### b) *Registro e Análise de Situação:*

Uma vez levantada a situação do projeto, atualizam-se os diagramas, indicando-se quais atividades foram terminadas no tempo planejado, quais não foram, e as novas datas de término destas últimas.

Segue-se, então, a análise de situação do projeto, com a verificação das atividades que estão atrasadas, e, se possível, a causa destes atrasos. Relatórios de progresso serão enviados para o gerente do projeto, contendo os problemas existentes, em virtude das atividades em atraso, as suas possíveis causas e as possíveis soluções para os mesmos. Estes relatórios devem conter o máximo de elementos possíveis que facilitem o processo seguinte de tomada de decisão por parte do gerente.

##### c) *Ações Corretivas:*

Com base nos elementos dados pelo PCP, através dos relatórios, o gerente identifica as áreas críticas e não-críticas do projeto, e toma, então, uma série de ações corretivas que são aplicadas pelo grupo de PCP.

Neste procedimento se identifica o processo de tomada de decisão, isto é, a determinação da ação corretiva adequada para solucionar o problema existente. Esta ação corretiva pode compreender, por exemplo, a determinação das novas datas de término das atividades em atraso, e/ou a utilização de uma "Lista de Itens de Ação".

A "Lista de Itens de Ação" é uma técnica que pode ser empregada tanto na fase de planejamento como na de controle. A mesma define uma série de atividades, que não se encontram no planejamento inicial e que surgiram no decorrer do trabalho, podendo ter como objetivo solucionar os problemas que apareceram ao longo do projeto (atraso de atividades, por

exemplo), como foi visto anteriormente. A sua necessidade pode ser compreendida em face do próprio processo administrativo que, no seu desenvolvimento, requer ações que não foram planejadas.

Para realizar os procedimentos de controle citados, o PCP emprega várias técnicas específicas de controle (Diagramas de Marcos, Diagramas de Controle) cuja descrição detalhada se encontra no item 'Controle de Tempo' deste capítulo.

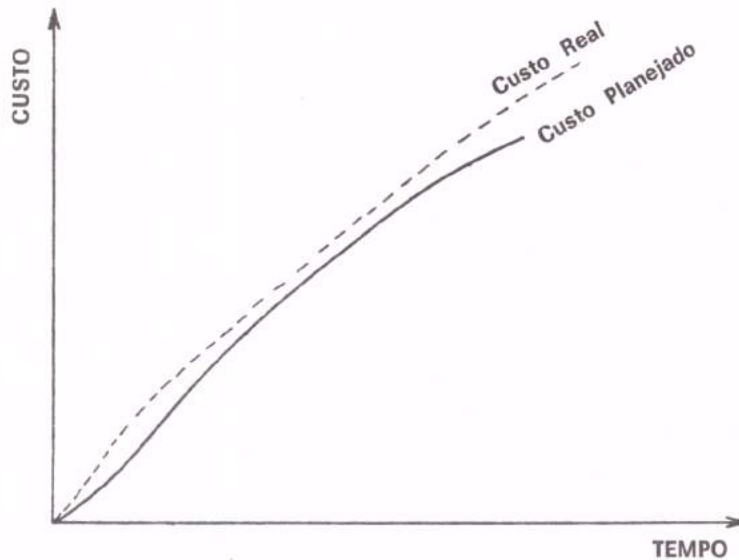
#### 5.1.4.2.3 – Planejamento e controle de custos

O PCP também deve elaborar um sistema de custos para o projeto, que além de permitir uma estimativa do custo global do projeto, e de seus vários componentes, permita também o seu controle periódico numa fase posterior.

O sistema de custos, além de outras particularidades, deverá compreender também o seguinte:

- a) Gráficos demonstrando a situação de custo

EXEMPLO:



- b) Relatórios para o gerente do projeto sobre a situação de custo, comparando-se o real com o planejado, para o projeto total e para cada subsistema e item principal do mesmo. Deste relatório devem constar possíveis indicações de soluções para as áreas críticas do projeto, isto é, áreas onde o custo real está ultrapassando o custo planejado.

Para a implementação de um sistema de custos, com as finalidades acima descritas, é necessário que seja feita a definição do trabalho, isto é, a determinação de todas as tarefas a serem realizadas no projeto, e a alocação de recursos. Com este fim, usaremos, neste Ma-



nual, a Estrutura de Divisão de Trabalho (EDT), cuja descrição se encontra no item 'Definição do Trabalho e Controle de Recursos', onde também são explicados os passos descritos anteriormente para a elaboração de um sistema de custos.

#### **5.1.4.2.4 – Controle de documentação**

Compreende o planejamento e implantação de um sistema de documentação que atenda ao projeto nos seguintes aspectos:

- documentação interna: quais os tipos e formatos de documentos a serem utilizados (memorandos, relatórios, comunicações oficiais, etc.);
- arquivos: quais os tipos de arquivos a serem empregados e para que tipo de documentos;
- controle e acesso de documentação: consiste em se estabelecer um sistema (com o emprego de computador, por exemplo) para o controle de documentos, facilitando a sua armazenagem, posterior identificação e distribuição.

Um estudo mais detalhado sobre esse assunto é feito na parte deste Manual referente a 'Controle de Documentação'.

#### **5.1.4.2.5 – Assistência administrativa ao gerente do projeto**

Esta função compreende uma série de procedimentos que têm por finalidade auxiliar o gerente do projeto na sua ação administrativa. Entre estes procedimentos podemos citar os seguintes:

##### *a) Estabelecimento de reuniões*

Para isso, o PCP deve utilizar a seguinte linha de ação:

- definição dos participantes;
- definição de uma agenda para a reunião contendo os tópicos a serem tratados. Se possível, esta agenda deve ser do conhecimento dos participantes antes da realização da reunião;
- determinação de um tempo limitado para os possíveis debates que surgirão;
- confecção de uma ata e uma lista de itens de ação, como resultado da reunião. Esta relação de itens de ação servirá como possível solução para os problemas apresentados.

Os tipos de reuniões mais comuns em um projeto são:

##### — Reuniões semanais

Existem dois tipos de reuniões semanais:

- 1 — Reuniões do gerente do projeto com os líderes de grupos.  
Nestas reuniões é feita uma revisão geral de progresso do projeto, apresentando-se os problemas (atividades atrasadas e/ou outros), e estabe-



- lecendo-se os itens de ação como possíveis soluções para os mesmos.
- 2 — Reuniões dos líderes de grupos com os seus liderados.  
Estas reuniões são realizadas após as primeiras. Nelas, cada líder dá conhecimento aos seus liderados das principais resoluções tomadas anteriormente, definindo, conforme o caso, as diretrizes de ação dentro do grupo em face do que ficou estabelecido.  
Nestas reuniões, cada líder deverá também dar uma idéia de como está se desenvolvendo o trabalho nos demais grupos, bem como o estado atual do projeto.

— Reuniões de direção

São reuniões periódicas entre a direção do projeto e a direção da organização, ou direção dos órgãos com os quais o projeto mantém interfaces. Nestas reuniões, também é feita uma revisão de progresso e identificação de problemas, apresentando como resultado uma lista de itens de ação.

— Reuniões especiais

São reuniões que podem ser convocadas a qualquer instante tendo como finalidade a resolução imediata de problemas críticos surgidos no projeto.

b) *Estabelecimento de convênios de interfaces*

Estes convênios têm a finalidade de estabelecer qual o trabalho a ser feito, procedimentos e recursos a serem utilizados, com relação a outros órgãos que vão trabalhar em conjunto.

### 5.1.4.3 — Conclusão

Dentro das idéias que foram expostas, podemos dizer que para se implementar um bom sistema de planejamento e controle são necessárias as seguintes condições principais:

- 1 — Conhecimento do trabalho a ser executado no projeto. Isto pode ser conseguido, em parte, com o Diagrama de Fluxo de Trabalho (DFT) que, como foi visto, tem a finalidade de determinar as funções que devem ser executadas para se atingirem os objetivos do projeto, atendendo os requisitos do sistema.

E' este conhecimento que irá permitir o planejamento dos tempos de execução das tarefas e o seu posterior controle.

- 2 — Conhecimento dos recursos (pessoal, material, financeiro) necessários e dos recursos disponíveis para a realização do projeto. Os recursos necessários são identificados com o auxílio da Estrutura da Divisão do Trabalho (EDT).
- 3 — O possível conhecimento de projeto semelhante, já desenvolvido por outro órgão. Este conhecimento engloba as falhas e atrasos ocorridos, e como, por que e quando elas aconteceram.
- 4 — Conhecer como foram superadas estas dificuldades e quais as modificações introduzidas e os seus porquês.

### 5.1.5 – Possível ciclo de ação de um PCP

Após esta breve explanação sobre o que vem a ser um PCP, sua atuação e suas funções, podemos dividir a ação de um PCP em duas partes:

#### a) *Esforços concentrados*

Constituem as atividades realizadas pelo PCP para planejar e dar início ao projeto. Podemos enunciar as seguintes atividades:

- Estabelecimento da estrutura organizacional do projeto.
- Confecção do PERT/CPM, Cronogramas e Diagramas de controle.
- Confecção da estrutura da divisão do trabalho.
- Planejamento de um sistema de custos.

#### b) *Esforços contínuos*

Constituem as atividades realizadas pelo PCP para acompanhar e controlar o projeto, tais como:

- Controle de cronogramas
- Controle de custo
- Confecção de relatórios de progresso e de situação de custos
- Estabelecimento de itens de ação
- Assistência administrativa ao gerente do projeto.

Em todo esse processo do PCP, o mais importante é o conhecimento das suas funções, e das técnicas possíveis de serem utilizadas em cada uma delas. A ordem cronológica de utilização destas técnicas não tem tanta relevância, pois a mesma depende das peculiaridades do projeto e das diretrizes de ação estabelecidas pela gerência. Assim, rigorosamente falando, não existe uma seqüência rígida na preparação dos diversos cronogramas e outras ferramentas de planejamento e controle.

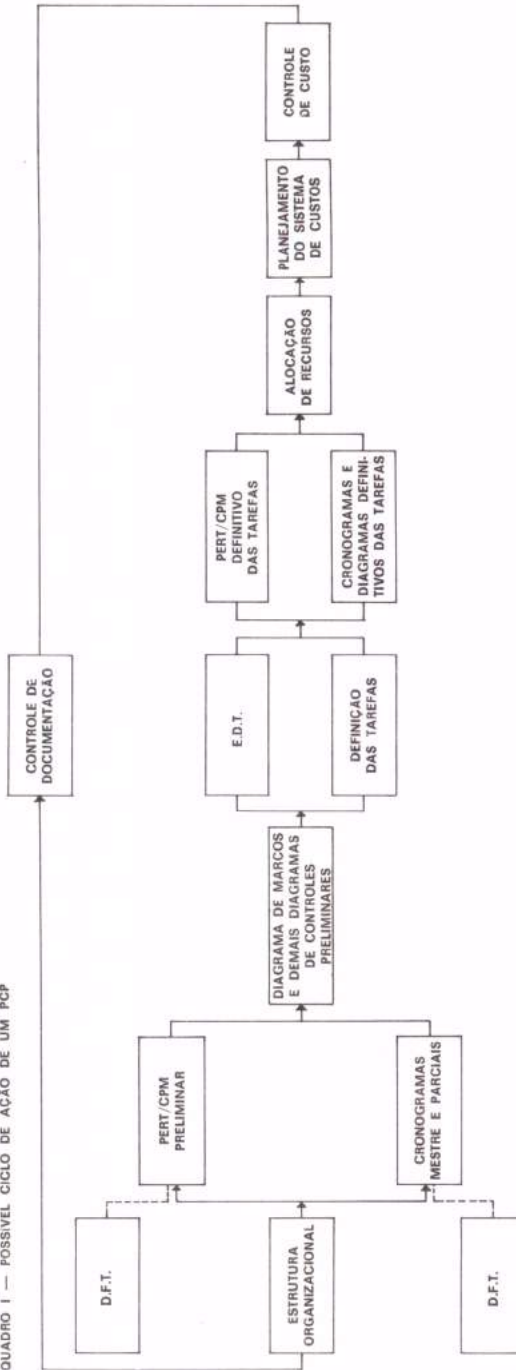
Com o objetivo de fixar idéias, apresentamos a seguir (Quadro 1), em formato de diagrama de fluxo, uma possível seqüência lógica de utilização das técnicas de PCP.

Primeiramente é feita a Estrutura Organizacional do projeto, definindo-se as atribuições e responsabilidades dos elementos que o compõem. Logo após, tomando como base o Diagrama de Fluxo de Trabalho, são feitos o PERT/CPM e o Cronograma-Mestre e Cronogramas Parciais. Este PERT/CPM é inicial, estando num primeiro nível, onde já foram definidas as funções a serem executadas para se atingirem os objetivos do projeto, mas ainda não se chegou ao detalhamento de tarefas.

Segue-se, então, a preparação dos Diagramas de Controle, que serão os Diagramas de Marcos, onde são definidos os eventos importantes que permitam um controle de progresso preliminar nesta primeira fase, e outros diagramas baseados especificamente no PERT/CPM.

O passo seguinte é a elaboração da Estrutura de Divisão de Trabalho (EDT), técnica que irá permitir a definição das tarefas, a alocação

QUADRO I — POSSÍVEL CICLO DE AÇÃO DE UM PCP



de recursos e o planejamento e implantação de um sistema de custos com as finalidades já descritas.

Atingindo este nível de detalhamento, com todas as tarefas do projeto definidas, faz-se o PERT/CPM final, Cronogramas e Diagramas de Controle, em nível de detalhamento de tarefas.

Durante todo esse ciclo de ação, aparece a função 'Controle de Documentação', cuja necessidade se faz sentir em virtude do próprio caráter administrativo da mesma, constituindo todo o processo de planejamento e controle da informação inscrita necessária ao andamento do projeto.

Antes de passarmos para os demais itens deste capítulo, onde serão descritas, em detalhes, as técnicas empregadas pelo PCP, resta-nos ressaltar que todos os passos mostrados são iterativos, e que o modelo apresentado é uma aproximação de uma realidade complexa, necessitando de um estudo cuidadoso quanto a sua aplicação.

## **BIBLIOGRAFIA**

1. CLELAND, David I.; KING, William R., *Systems Analysis and project management*. New York, McGraw-Hill [© 1968].
2. CLELAND, David I.; KING, William R., *Systems, organizations, analysis, management: a book of readings*. New York, McGraw-Hill, 1969.
3. GENERAL ELETRIC, *Handbook of systems engineering management*. Philadelphia, G.E.
4. HOLTZ, I. N., *Systems, organizations, analysis, management*. New York, McGraw-Hill.
5. MILLER, W. Robert, *Schedule, cost and profit control with PERT: a comprehensive guide for program management*. New York, McGraw-Hill.



## **5.2 – CONTROLE DE TEMPO**

### **5.2.0 – Introdução geral**

Para atingir um objetivo que envolva ações complexas, como a elaboração de um projeto, sabemos que é necessário o concurso de várias atividades diferentes, às vezes em um número tão grande que é difícil para alguém visualizar todas essas atividades 'in loco' e acompanhar o andamento geral do projeto.

É pois de importância que se mantenha sob controle o progresso dessas atividades no tempo, após o planejamento das mesmas, a fim de que se possa saber se o programa previamente estabelecido está sendo cumprido e se tal não suceder onde estão as falhas a fim de que possam ser corrigidas.

Neste item são mostradas técnicas de Controle de Tempo, como Diagrama de Marcos, Lista de Itens de Ação, Lista de Eventos-Chaves, Lista de Problemas-Chaves, e técnicas de planejamento, como Cronograma-Mestre e Parcial, PERT/CPM e LOB (Linha de Balanço).

Este item traz a resposta do 'quando' referido na definição do projeto (ver Capítulo I).

Assim o título Controle de Tempo é apenas simplificador, pois na verdade trataremos das técnicas de planejamento e controle de tempo.

### **5.2.1 – Cronogramas**

#### **5.2.1.1.0 – Introdução**

Cronograma é a representação gráfica do tempo planejado, ou estimado, para se executar uma tarefa ou atividade.

O cronograma é um gráfico com barras indicativas do tempo no qual determinada atividade foi programada para ser executada.

É a técnica que nos dá uma visão geral do andamento de um programa, pois permite que a paralisação ou execução de uma atividade seja marcada diariamente, exatamente abaixo do tempo estimado, dando pois a quem consultá-lo a possibilidade de melhor acompanhar o desenvolvimento geral de um projeto.

O cronograma não permite a fácil identificação de dependência entre as atividades que nele estão apresentadas, pois a sua finalidade é apenas mostrar se o programa está sendo cumprido sem paralisações ou atrasos.

Para correção desta falha utilizamos o método PERT/CPM, que veremos adiante, uma vez que nele visualizamos melhor e mais facilmente as relações de dependências entre as atividades.

Adota-se indicar em um cronograma apenas os subsistemas de um projeto, porque a indicação de todas as atividades o tornaria excessivamente longo, e difícil o seu acompanhamento.

#### **5.2.1.2.0 – Tipos de cronogramas**

Os principais tipos de cronogramas a serem utilizados são:

##### **5.2.1.2.1 – Cronograma-mestre**

- um para todo o projeto
- relaciona os subsistemas
- abrange todo o período de desenvolvimento do projeto
- atualizado mensalmente
- escala de tempo normalmente usada anos e meses

Na fig. 5.1 apresentamos o Cronograma-Mestre do Projeto MESIS (Confecção deste Manual).

##### **5.2.1.2.2 – Cronograma parcial**

- um para cada subsistema
- relaciona os componentes
- abrange todo o período de desenvolvimento do projeto
- atualizado quinzenalmente
- escala de tempo normalmente usada: meses e semanas

Um exemplo de Cronograma Parcial é apresentado na Figura 5.3.

*Obs.:* Cronogramas-mestre e parcial não são normalmente usados como ferramentas de controle. Geralmente são utilizados para planejamento com intuito de dar uma visão geral do projeto no caso do Cronograma-Mestre, ou de cada subsistema do mesmo, no caso do Cronograma Parcial.

##### **5.2.1.2.3 – Diagrama de marcos**

- um para cada componente
- relaciona as tarefas
- abrange pequenos períodos de tempo
- deve ser atualizado diariamente

O diagrama de marcos será apresentado com maiores detalhes na próxima seção deste capítulo.

*Obs.:* Vale notar que as recomendações acima não são rígidas. Por exemplo: Há casos em que o cronograma-mestre não é atualizado mensalmente, e assim por diante. A utilização desses cronogramas dependerá do projeto.

##### **5.2.1.3.0 – Descrição**

Um cronograma é normalmente dividido em três partes, que são as seguintes:

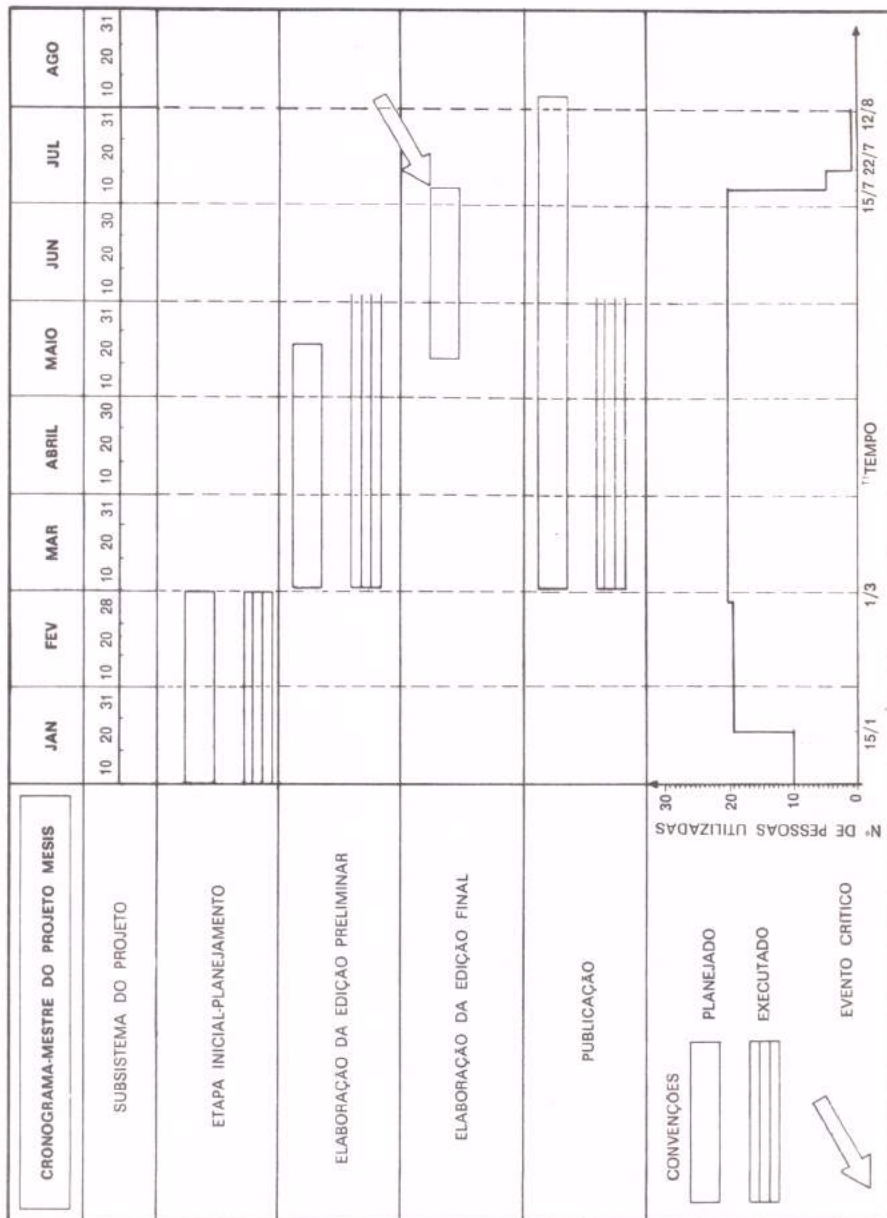

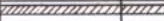
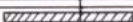








FIG. 5.1 — Cronograma-Mestre

- a) Uma coluna à esquerda onde serão colocados os nomes dos diversos subsistemas e suas divisões principais, sem maiores detalhes (ver Fig. 5.2).
- b) Um espaço superior onde serão colocados os anos, meses e/ou dias (ver Fig. 5.2) para exemplo de cronograma-mestre).
- c) O espaço destinado às barras que irão indicar o início, o tempo total programado e o fim da atividade. (Neste espaço podemos também encontrar o tempo real de execução das atividades).

DISCRIMINAÇÃO	CRONOGRAMA-MESTRE PARA O ANO DE 1971			
	JANEIRO	FEVEREIRO	MARÇO	ABRIL
SUBSISTEMA 1	 			
SUBSISTEMA 2				
SUBSISTEMA 3			 	
SUBSISTEMA 4			 	
SUBSISTEMA 5				 
SUBSISTEMA 6				 



-  Tempo programado p/ execução das tarefas dos subsistemas.
-  Tempo real gasto na execução das tarefas dos subsistemas.

Fig. 5.2

De acordo com as necessidades do projeto e a disponibilidade de espaço no quadro demonstrativo, podemos subdividir a escala de tempos (originalmente apresentada em meses) em quinzenas, semanas ou dias.

Ao fazer a separação dos diversos subsistemas que compõem um projeto, antes que os mesmos sejam lançados em um cronograma, é bom verificar se há ou não necessidade de subdividir um destes subsistemas.

Para melhor visualizarmos o tempo que os subsistemas levam para ser executados é conveniente que sejam colocadas marcas coloridas, constantes da legenda do cronograma, que mostrem o início e o fim programado, bem como outras marcas que mostrem o início e fim real de execução (ver Fig. 5.3).

No cronograma, podemos também, se assim o quisermos, indicar qual subsistema que é crítico no programa, isto é, qual o subsistema em que não são permitidos atrasos, pois se o mesmo atrasar o programa todo terá seu tempo alterado para mais (como aconteceu na Fig. 5.1).

### Gráfico de utilização do efetivo humano

Um dado bastante útil, para o acompanhamento de um projeto, é a relação do total de mão-de-obra utilizado em todas as atividades, por período de tempo. Isto pode ser facilmente visualizado através de um



cronograma associado a um histograma que contenha este total, como indica a Fig. 5.1.

## 5.2.2 – Diagrama de marcos

### 5.2.2.1.0 – Introdução

Diagrama de marcos é um cronograma mais detalhado, porque ele indica todas as atividades de todos os componentes de um programa, bem como mostra claramente as datas programadas e o seu tempo real de execução.

Um diagrama de marcos também indica qual é o atraso que uma atividade está sofrendo, através de uma linha vertical, chamada '**linha de hoje**', que é sempre fixada sobre o dia presente.

Quando da execução de uma atividade, essa ação será indicada no diagrama de marcos na forma de uma barra horizontal. Assim teremos indicado nesse diagrama a data de início da atividade, o seu tempo real de execução, a data de término, e principalmente certos eventos importantes dentro de cada atividade.

Como as atividades de um projeto são muitas, então, na maior parte dos casos, há mais de um diagrama de marcos para cada cronograma parcial.

### 5.2.2.2.0 – Descrição

Como os demais cronogramas, o diagrama de marcos também é dividido em três partes, que são as seguintes:

- a) Uma coluna à esquerda, onde são indicadas as tarefas de cada subsistema, normalmente em seqüência de realização (ver Fig. 5.4).
- b) Um espaço em cima, onde serão indicados os meses e os dias úteis de cada um deles (ver Fig. 5.4).
- c) A terceira parte é a mais importante, porque nela é que serão representados os tempos previstos e os tempos reais de execução (ver Fig. 5.4).

Para se tornar um instrumento ainda mais útil no controle das atividades de um projeto, o *diagrama de marcos* deve indicar:

- 1 — O responsável pela atividade, dentro e fora do projeto.
- 2 — A parte da rede PERT — quando existente — onde se localizam os marcos envolvidos, para emitir rápida análise da rede. Isto é feito indicando-se os números dos eventos inicial e final de cada atividade.

Apresentamos na Figura 5.4 um modelo de diagrama de barra/marcos (ou marcos/barra) completo onde foram incluídas novas colunas

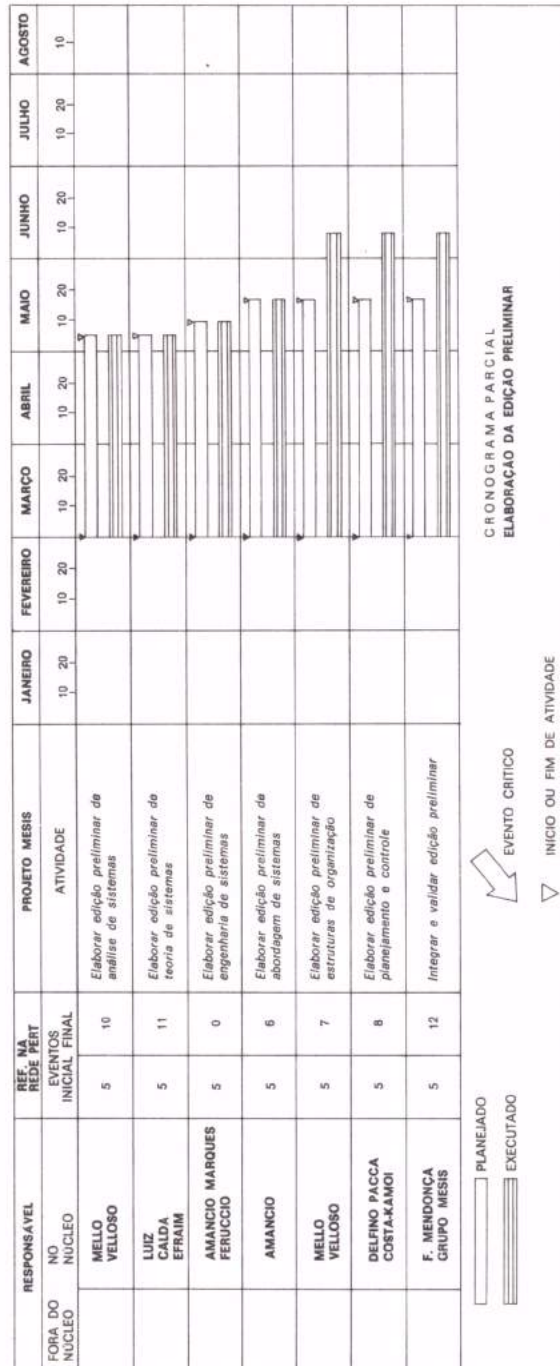


FIG. 5.3

O Projeto SACI, desenvolvido no INPE, utiliza os seguintes símbolos, no diagrama representativo do andamento de suas atividades:

representação de uma tarefa



---

DURAÇÃO	
	<b>Branco</b> <i>Início planejado</i>
	<b>Amarelo</b> <i>Novo início planejado</i>
	<b>Vermelho</b> <i>Início Real</i>
	<b>Branco</b> <i>Término planejado</i>
	<b>Amarelo</b> <i>Novo término planejado</i>
	<b>Vermelho</b> <i>Término real com encaminhamento para datilografia se for o caso</i>
	<b>Verde</b> <i>Término da datilografia e encaminhamento para aprovação</i>
	<b>Azul</b> <i>Função completada aprovada se for o caso</i>
	<b>Evento Crítico (Vermelho)</b>

com os dados acima indicados.

Vale ressaltar que o diagrama de marcos é um instrumento efetivo de controle do grupo de PCP, enquanto os cronogramas-mestre e parciais são mais de apresentação ('display') para o gerente do projeto e líderes de grupo.

Portanto o diagrama de marcos é atualizado diariamente (escala de tempo em dias).

Atualmente no INPE, estamos utilizando com sucesso diagrama de marcos por produto, que veremos adiante com exemplo.

Dependendo da complexibilidade do projeto pode haver necessidade, para um melhor acompanhamento do mesmo, de se incluir novos símbolos no diagrama de marcos.

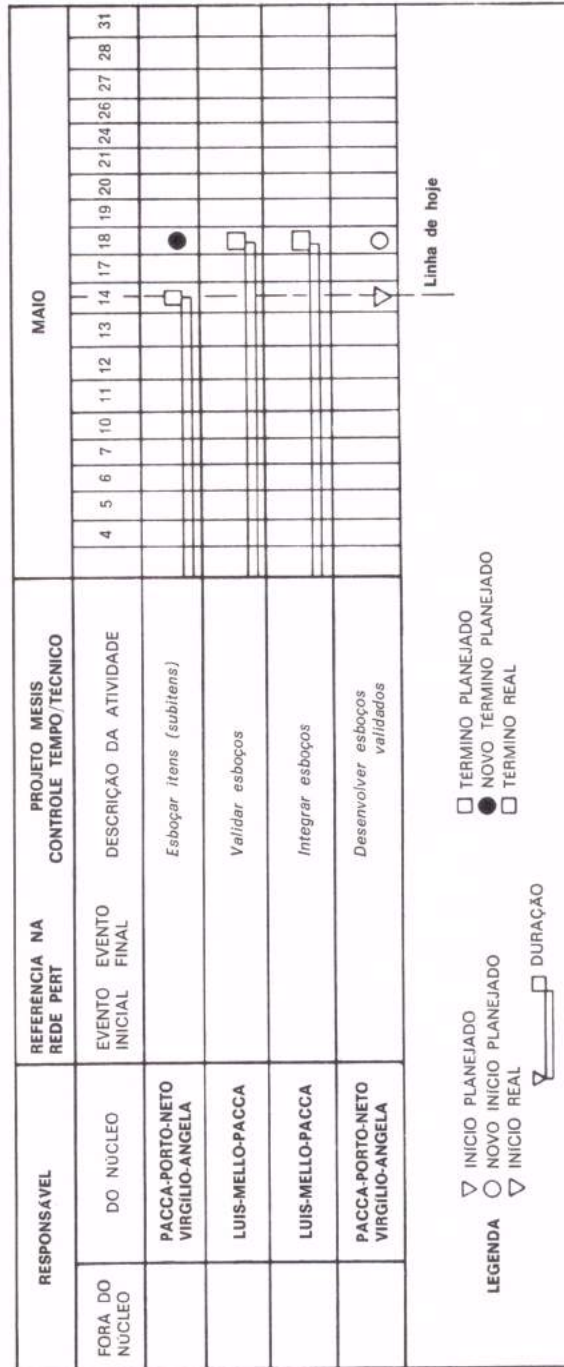


DIAGRAMA DE MARCOS

FIG. 5.4



Como existe, algumas vezes, a necessidade de tirar cópias para divulgação nas quais só apareçam os gráficos em preto e branco, caso da Xerox, apresentamos a seguir um exemplo de como podemos contornar o problema (Fig. 5.5).

Como já nos referimos anteriormente, o diagrama de marcos tem demonstrado ser realmente efetivo no controle do produto originário de uma atividade ou de um projeto.

Por exemplo, tomemos a Figura 5.6. A coluna da esquerda, que chamamos de Coluna Auxiliar, serve para que à medida que cada marco for sendo cumprido assinalemos com X no lado da descrição do marco, que é a coluna seguinte. Colocamos também o responsável pelo cumprimento do marco e uma escala de tempo em dias e meses. Podemos colocar, também, uma coluna à esquerda da 'Coluna Auxiliar', de numeração dos marcos. A dinâmica seria a seguinte:

Na verdade trabalharemos com dois símbolos que são  $\triangle$  e  $\nabla$ . Para o marco "Entrega do Item Controle de Documentação" estipulamos o primeiro término planejado que seria 27 de julho, colocando

um  $\triangle$  nesse dia. Verificamos então que não seria possível o cumprimento desse marco na data prevista. Colocamos então  $\nabla$  sob  $\triangle$  formato  $\diamond$  que é o símbolo de evento não-cumprido. Quando isto ocorre estipulamos uma nova data para o marco, que seria no caso 5 de agosto. Se o marco não é cumprido tornamos a repetir o procedimento acima, mas caso ele venha a se efetivar na nova data prevista, escurecemos o símbolo,  $\blacktriangle$  como é o nosso caso.

Cumprido o marco, vamos à Coluna Auxiliar e assinalamos com um X na linha correspondente.

Observar que nós estamos controlando produto, que é a realização do marco. No nosso caso o produto seria a "Entrega do Item de Documentação".



Coluna Auxiliar	Descrição de Marco	Responsável	ESCALA DE TEMPO
X	Entrega do item Controle de documentação	Pedro	<p>The Gantt chart shows a task duration from July 15 to August 15. A diamond marker is positioned at the start of the task on July 15, and a triangle marker is positioned at the end of the task on August 15. The chart is divided into two sections: JULHO (July) and AGOSTO (August).</p>

FIG. 5.6

### Uso da linha de hoje e linha auxiliar

Normalmente para fazer a verificação de atrasos no Diagrama de marcos (ou barras/Marcos) de um projeto utilizam-se duas linhas de elástico colorido colocadas verticalmente sobre o diagrama que chamamos Linha de Hoje e Linha Auxiliar (acompanhar na Figura 5.7).

A Linha de Hoje é fixada sobre a data corrente, enquanto a Linha Auxiliar passa por todos os marcos de término planejado não cumpridos até à data corrente (ver atividade 2) e pelos pontos atingidos por atividades que estejam paralisadas (ver atividade 3).

Os símbolos da Figura 5.7 são:

————— Linha Planejada  
- - - - - Linha Real

Suponhamos que estamos fazendo uma verificação no dia 15 de maio, assim fixamos a Linha de Hoje sobre esse dia.

Podemos então verificar que:

- a atividade 1 já foi terminada (em 12 de maio).
- a atividade 2 está atrasada de  $X = 2$  dias, que é o nº de dias entre o seu término planejado (13 de maio) e a Linha de Hoje.
- a atividade 3 está paralisada desde o dia 12 de maio, portanto o seu atraso é de  $Y = 3$  dias.



- ▽ - INICIO PLANEJADO
- ▼ - INICIO REAL
- - TÉRMINO PLANEJADO
- - TÉRMINO REAL
- ▬ - TRABALHO EFETIVO NA ATIVIDADE

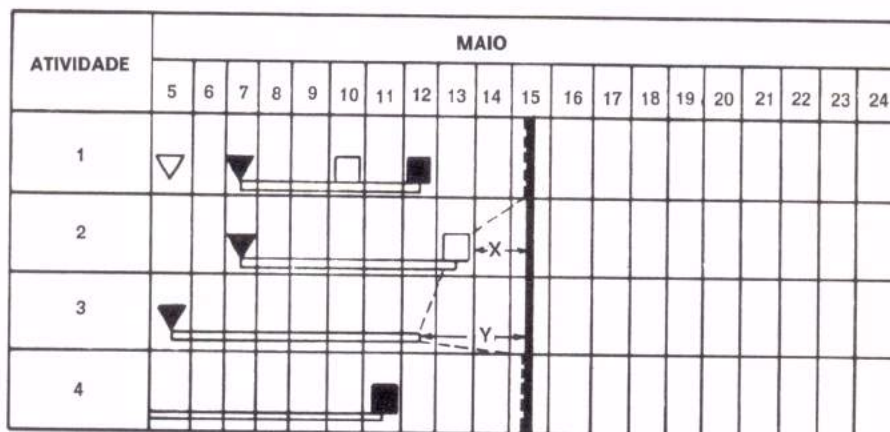


FIG. 5.7

### 5.2.3 – PERT/CPM

#### 5.2.3.1.0 – Introdução

5.2.3.1.1. – O método PERT (Program Evaluation and Review Technique) foi elaborado em 1958 pela marinha dos E.U.A. e utilizado pela primeira vez na construção do submarino Polaris.

Serve para planejamento, além de também ser usado para revisão e avaliação de progresso de um projeto.

5.2.3.1.2. – O desenvolvimento básico do Método do Caminho Crítico CPM (Critical Path Method) é atribuído a M. R. Walker, da Divisão de Serviços de Engenharia da E. I. Dupont Company Inc., firma de produtos químicos dos E.U.A.

Esta técnica também pode ser aplicada tanto como instrumento de planejamento, embora seja também usado no controle, tanto para pequenos e médios projetos como para os que envolvem operações numerosas e complexas.

Uma observação que pode ser feita é que a prática mostra, entretanto, que o controle de um projeto é mais eficiente através do diagrama de marcos (ou marcos/barra) construído com o auxílio do PERT ou CPM.

5.2.3.1.3 – O PERT utiliza três tempos estimados e uma distribuição de probabilidade de duração das atividades associadas, enquanto o CPM utiliza apenas uma estimativa de tempo (determinístico). O que é atividade será visto, a seguir, em 'Descrição da Técnica'.

5.2.3.1.4 – As características de cada projeto vão determinar a escolha entre as duas técnicas ou mesmo o seu uso conjunto, o que é mais freqüente.

5.2.3.1.5 – Os fatores básicos que influenciam os dois métodos, geralmente, são:

FATORES BÁSICOS { Tempo  
Recursos  
Tecnologia

O jogo com estes três fatores, de maneira a obter a combinação ótima para o projeto, é a meta do PERT e do CPM. Pode-se dizer que o tempo serve de elo de ligação entre os outros dois fatores:

TEMPO { Aplicação planejada dos recursos  
Especificações Tecnológicas

O estudo da influência da variação de um dos fatores, nos outros dois, é o objetivo dos métodos que passaremos a descrever.

5.2.3.1.6 – Neste trabalho se fará uma breve descrição das técni-

cas PERT e CPM, observando-se as diferenças entre os métodos e suas vantagens e desvantagens.

Faremos referência neste manual à sigla PERT/CPM, freqüentemente encontrada na bibliografia especializada sobre controle de tempo, para englobar as duas técnicas.

**5.2.3.1.7** – Tanto quanto possível os exemplos de Aplicação serão adaptados ao Projeto MESIS (confeção deste manual).

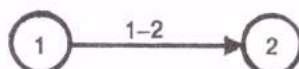
### 5.2.3.2.0 – Descrição das técnicas

#### 5.2.3.2.1 – Definições e Representações Gráficas

**5.2.3.2.1.1 – Atividade:** – É a execução efetiva de uma tarefa de um Projeto, consumindo tempo e/ou recursos.

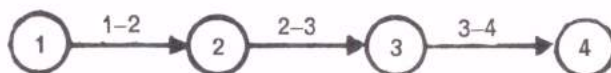
**5.2.3.2.1.2 – Eventos:** – É o momento em que se inicia ou termina uma atividade.

**5.2.3.2.1.3** – Tanto o PERT quanto o CPM utilizam uma rede formada por círculos e setas: os *círculos* representam os *eventos* e as *setas*, as *atividades*.

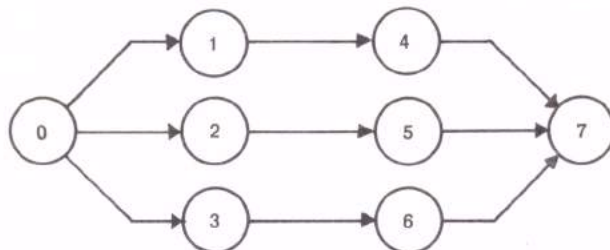


(os eventos 1 e 2 e a atividade 1-2 são descritos na lista de fracionamento do projeto, apresentada mais adiante).

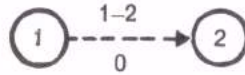
**5.2.3.2.1.4** – Um evento serve de *elemento de ligação* para uma seqüência de atividades:



**5.2.3.2.1.5** – Todas as atividades do Projeto ligadas entre si, obedecendo as suas interdependências, formam o que se chama *rede*:

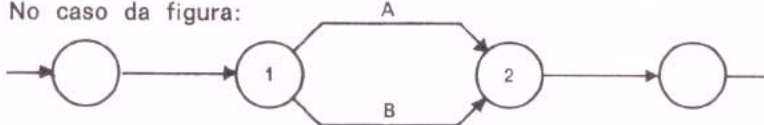


**5.2.3.2.1.6 – Atividade Fictícia ou Fantasma:** – É uma atividade que não consome tempo nem recursos e é usada para facilitar o uso de computadores. É representada graficamente do seguinte modo:



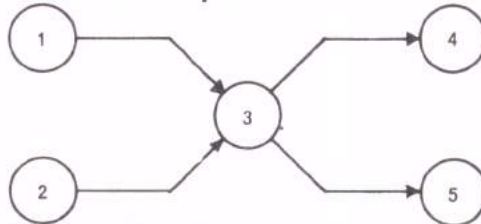
**5.2.3.2.1.7 – Atividades Paralelas:** – Consideremos a rede do item 1.5.2.3.2.1.5. Observamos que os conjuntos de atividades: 0-1, 1-4, 4-7 e 0-2, 2-5, 5-7 têm o mesmo evento inicial e o mesmo evento final. Tais conjuntos são chamados de 'caminhos paralelos'.

No caso da figura:



as atividades A e B são chamadas paralelas.

**5.2.3.2.1.8 – Atividades Dependentes:** – Consideremos a seguinte rede:



As atividades 3-4 e 3-5 são chamadas de atividades dependentes, porque o evento 3 só pode ser atingido com a execução das atividades 1-3 e 2-3.

**5.2.3.2.2 – Montagem da Rede**

Há dois casos a considerar.

**5.2.3.2.2.1 – Quando se tem perfeito conhecimento das atividades do projeto:** – Neste caso proceder-se-á à listagem das atividades e suas durações, utilizando-se um formulário do tipo da Tabela V.I.

Considerando a rede do projeto MESIS, o formato preenchido seria o seguinte:

TABELA V I

CODIGO	ATIVIDADE	LISTA DE ATIVIDADES		
		DURAÇÃO		
		t.o	t.m.	t.p.
1.0	Preparar proposta inicial do Projeto MESIS	7	10	12
2.0	Preparar planos do Projeto p/ período de adaptação	6	8	10
3.0	Elaborar plano inicial do Projeto MESIS	26	28	32
4.0	Elaborar tarefas do período de adaptação	9	10	11
-	- - - - -	-	-	-
-	- - - - -	-	-	-

Obs.: As colunas t.o, t.m. e t.p. correspondem às estimativas de tempo otimista, mais provável e pessimista utilizado no PERT. O CPM utiliza apenas o tempo mais provável.

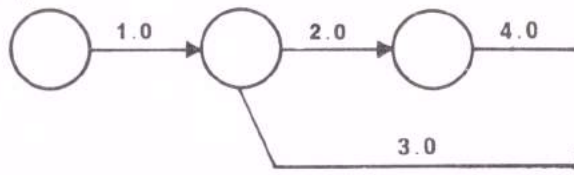


— Em seguida elaborase um *quadro de prioridades* indicando as interdependências entre as atividades.

TABELA V.II

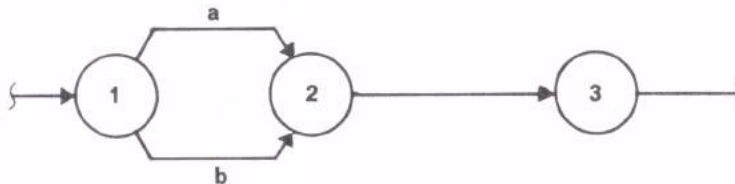
QUADRO DE PRIORIDADES		
ANTES	ATIVIDADE	DEPOIS
-	1.0	2.0 — 3.0
1.0	2.0	4.0
1.0	3.0	...

— De posse destas duas tabelas, inicia-se a *montagem da rede*:



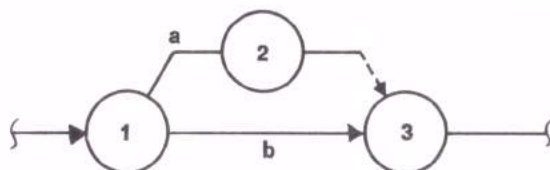
*Cuidados a observar na montagem da rede*

a) No caso de haver duas atividades paralelas entre dois eventos sucessivos, a formação da rede não pode ser esta:

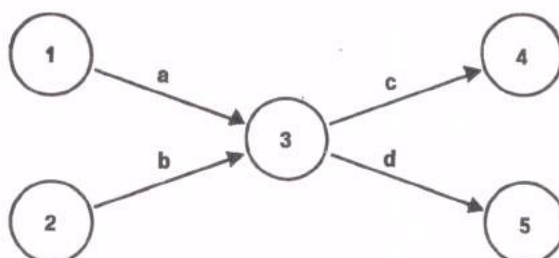


Esta restrição é feita porque na montagem da rede, visando a utilização de computador, dois eventos sucessivos não podem ter mais de

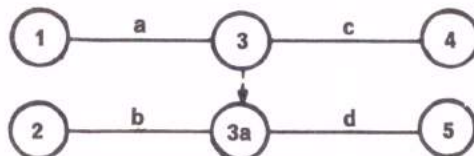
uma atividade de ligação. Na determinação das atividades e na escolha dos eventos isto é previsto e, no caso de necessidade de contornar o problema, usa-se uma atividade fictícia e um evento fictício.



b) A atividade-fantasma serve para estabelecer a dependência e independência entre atividades, como ilustra a figura abaixo:



Se a atividade *d* sucede às atividades *a* e *b*, e a atividade *c* sucede *a*, somente, a configuração da rede será:



#### Métodos utilizados para otimizar-se uma rede

1º — As atividades podem ser realizadas em séries ou em paralelo

Em série — Fig. 5.8

Em paralelo — Fig. 5.9

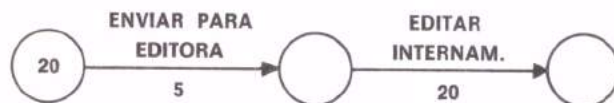


FIG. 5.8

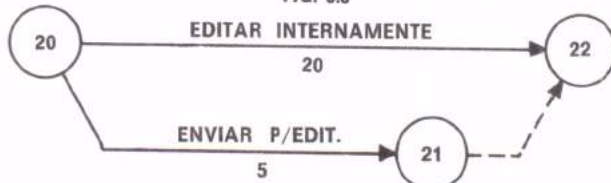


FIG. 5.9

Quando montarmos uma rede devemos ter sempre em mente a possível transformação de um caminho em *série* de atividades, em outros *paralelos* que diminuirão o seu tempo de realização.

Naturalmente, deve-se tomar cuidado para que a seqüência lógica e dependências de suas atividades (*tanto entre elas quanto com o restante da rede*) não seja contrariada.

Como exemplo, vamos supor que a atividade 'Editar Internamente' não dependa da realização da atividade 'Enviar p/Editora'.

Podemos notar que esse caminho tem a duração de 25 dias (Fig. 5.8), e que devido a uma revisão na rede (Fig. 5.9) obtivemos um tempo total de 20 dias.

2º — Uma outra situação seria supor duas atividades quaisquer, em série A e B (Fig. 5.10), onde se verifica que B pode começar após o cumprimento de uma *parte* da atividade A.

Utiliza-se no caso o que se chama de 'atividades auxiliares' (ver Fig. 5.11).



FIG. 5.10

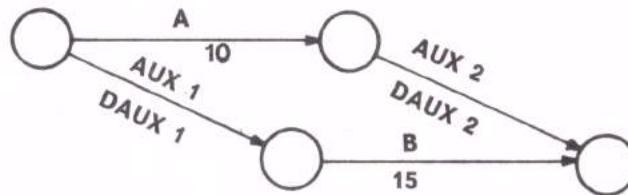


FIG. 5.11

DA = Duração de A = 10 dias

DB = Duração de B = 15 dias

DAUX1 = Duração da atividade auxiliar 1 = ?

DAUX2 = Duração da atividade auxiliar 2 = ?

A determinação da duração dessas atividades auxiliares obedece ao seguinte critério:

$$DA + DAUX2 = DB + DAUX1 \quad (1)$$

Supondo que a atividade B comece cinco dias depois do início da atividade A temos que:

$$DAUX1 = 5 \text{ dias}$$

Donde de equação (1) temos:

$$DAUX2 = DB + DAUX1 - DA$$

Donde substituindo as respectivas durações temos:

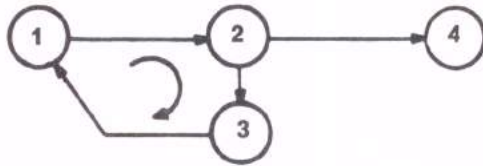
$$DAUX2 = 15 + 5 - 10 = 10$$

$$DAUX2 = 10 \text{ dias}$$

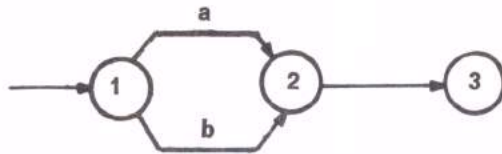
Esses dois procedimentos de melhoria de rede são freqüentemente utilizados, principalmente quando no decorrer do projeto obtemos mais informações sobre cada atividade.

### Verificação de rede

1ª — Uma rede PERT/CPM não pode conter circuitos, ou seja, seqüência de atividades, que iniciem e terminem no mesmo evento, pois o evento marca o início ou o fim e não ambos:



2ª — Verificar se ainda ocorre o caso abaixo:



Se ocorrer consultar 5.2.3.2.2.1, letra 'a' de "Cuidados a Observar na Montagem" da Rede.

3ª — Verificar restrição em 5.2.3.2.2.1, letra 'b' de "Cuidados a Observar na Montagem da Rede".

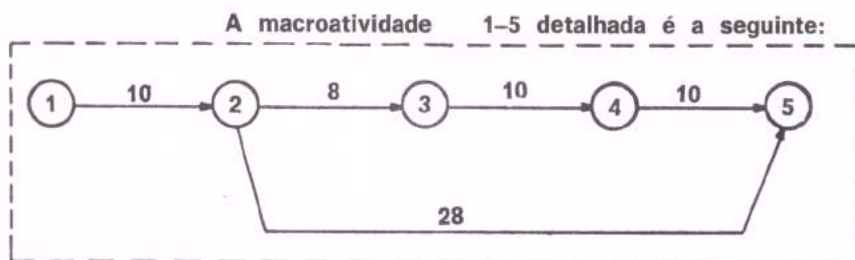
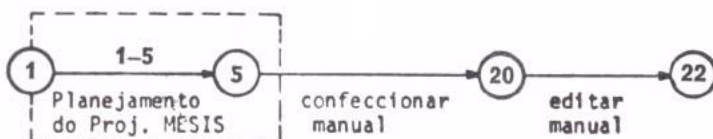
### 5.2.3.2.2.2 – Quando não se tem perfeito conhecimento das atividades do projeto

Partindo do objetivo, procura-se identificar as atividades — em caráter de 'macro-atividades' — indispensáveis para atingi-lo, montando-se assim uma *rede sumária*.

Em seguida, faz-se o detalhamento dessas 'macroatividades', observando-se as interdependências que existem entre as atividades por elas englobadas.

Para o Projeto MESIS, a rede sumária poderia ter sido a seguinte:





No caso de redes sumárias, numerar os eventos, por exemplo, com múltiplos de 10, 100, etc., para permitir, no detalhamento posterior, a inclusão de novos eventos.

### 5.2.3.2.3 – Estimativa de tempo no método PERT/CPM

O método PERT lida com três estimativas de tempo para cada atividade da rede:

- a) *Tempo Otimista* (t.o.): — sendo a estimativa mínima para a realização da atividade.
- b) *Tempo mais Provável* (t.m.): — sendo a estimativa mais provável ou o tempo que se escolheria se fosse feito uma única observação.
- c) *Tempo pessimista* (t.p.): — sendo o tempo máximo de execução da atividade.

Estas atividades são geralmente únicas para cada programa, pois raramente nos deparamos com atividades de natureza repetitiva. Ainda podemos afirmar que dois programas semelhantes geralmente vão impor condições diversas a atividades semelhantes.

A estimativa dos tempos é feita pelo pessoal diretamente envolvido no desempenho das diversas atividades e que normalmente possui certa experiência na execução das operações concernentes às mesmas.

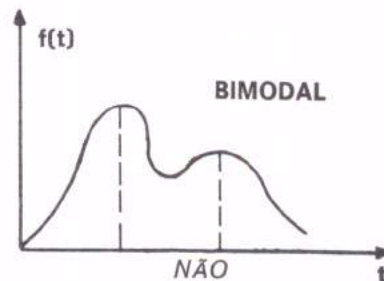
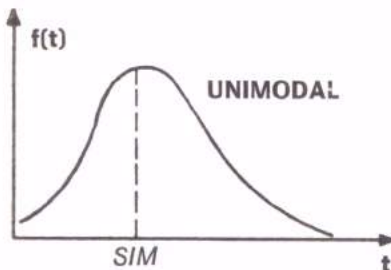
Devida à própria natureza não-repetitiva das atividades, qualquer estimativa de duração terá sua dose de incerteza.

Para refletir essa incerteza, o PERT utiliza um modelo probabilístico que irá representar a variação de duração das atividades.

De início podemos dizer que este modelo deve ter três características:

- 1 — Unimodalidade
- 2 — Continuidade
- 3 — Valores Positivos

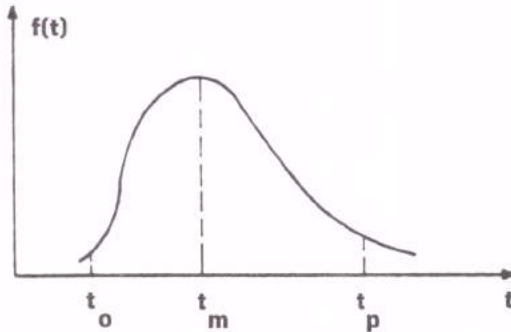
- 1) *Unimodalidade*: — É razoável supor essa característica porque ela implica em que a probabilidade de que a atividade venha a ser completada no entorno de um certo valor de tempo seja maior do que em qualquer outro.



2) *Continuidade*: — É razoável supor a distribuição contínua, porque mesmo que a verdadeira distribuição seja discreta, essa hipótese permite uma boa aproximação para a mesma.

3) *Valores Positivos*: — A distribuição deverá tocar o eixo das abscissas em dois pontos não negativos, ou seja, a atividade não pode ser completada em um tempo negativo.

Uma curva de distribuição usada é a chamada *distribuição BETA*. Nesta curva podem ser feitas aproximações matemáticas simples para a estimação do tempo médio esperado e o desvio padrão da atividade.



o tempo médio esperado é: 
$$t_e = \frac{t_o + 4t_m + t_p}{6}$$

o desvio padrão é: 
$$\delta t_e = \frac{t_p - t_o}{6}$$

a variância é: 
$$v_{t_e} = \left( \frac{t_p - t_o}{6} \right)^2$$

se ocorrer distribuição simétrica,  $t_o + t_p = 2 t_m$

Considera-se 1% de probabilidade de realização das atividades em tempo inferior ao tempo otimista ( $t_o$ ) e em tempo superior ao tempo pessimista ( $t_p$ ).

Como o desvio-padrão é 1/6 da diferença entre  $t_o$  e  $t_p$ , e como o mesmo mede a incerteza do valor do tempo, dando a expansão da curva de distribuição em torno da média, quanto menor se tornar a diferença  $t_o$  e  $t_p$ , mais precisas se tornam as durações das atividades.

No limite, a probabilidade 1 será conseguida quando as três estimativas coincidirem. É o caso do CPM onde  $t_o = t_m = t_p$ .

A duração do projeto é determinada pelo somatório dos tempos médios esperados nas atividades ao longo do caminho de maior duração média esperada ( $T_e = \sum t_e$ , onde  $t_e$  = tempo esperado). No método CPM  $T_e = \sum t_m$ .

Como as atividades ao longo do caminho de maior duração são independentes umas das outras, a variância da duração do projeto será a soma das variâncias individuais dessas atividades críticas. Se o tempo esperado for  $t$ , teremos a variância e o desvio-padrão da duração do projeto, dados respectivamente por  $\sigma^2 T_e = \sum \sigma^2 t_e$  e  $\sigma T_e = \sqrt{\sum \sigma^2 t_e}$

Na maioria dos projetos, uma certa data é determinada para a sua execução. Esta data vai dar origem a um certo tempo programado de execução. Este tempo pode diferir do tempo esperado e com isto alterar a probabilidade de execução do programa na data esperada.

Se chamamos de  $T_{pg}$  o tempo programado, para calcular a probabilidade de satisfazer  $T_{pg}$ , é usual considerarmos uma outra curva de distribuição chamada NORMAL centrada em  $T_e$ . Fig. 5.12.

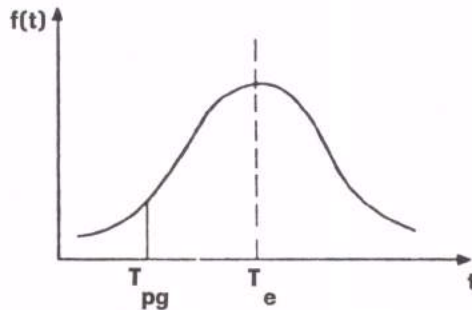


FIG. 5.12

Para os cálculos das probabilidades, existem tabelas que reduzem a uma certa curva-padrão (chamada curva normal reduzida):

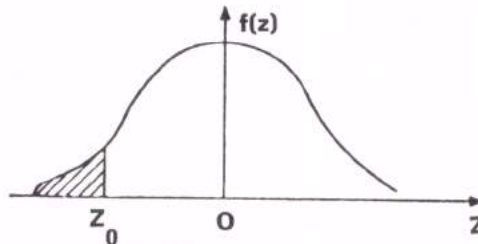


FIG. 5.13

A abscissa  $Z_0$  é dada pela fórmula: 
$$Z_0 = \frac{T_{pg} - T_e}{\sigma T_e} \quad (2)$$

A probabilidade de executar o projeto num tempo menor ou igual ao tempo programado é dada pela área hachureada mostrada na Fig. 5.13.

Quando o tempo programado é igual ao tempo esperado, temos  $Z_0 = 0$  e a área da figura ou a probabilidade de executar o projeto no tempo  $T_{pg}$  será 0,5. Podemos portanto fixar o nível de risco de execução de um projeto usando a equação (2) da seguinte maneira:



$$T_{pg} = T_e + Z_o \sigma T_e$$

e como a cada  $Z_o$  corresponde uma certa probabilidade  $P$ , podemos fixar  $T_{pg}$  com o risco desejado.

#### Observação a respeito da escolha da curva BETA

Podem-se considerar três tipos de erros, admitindo esta distribuição:

- 1) A verdadeira distribuição de probabilidades é desconhecida. Se admitirmos que ela segue as três condições citadas, na página 168 existirá um erro associado.
- 2) Se considerarmos que a distribuição segue a Lei Beta e que ela é perfeitamente conhecida, será introduzido um erro quando admitimos que

$$t_e = \frac{t_o + 4t_m + t_p}{6} \quad \text{e} \quad \sigma = \frac{1}{6} (t_p - t_o), \quad \text{se } t_o, t_m \text{ e } t_p$$

são conhecidos exatamente.

- 3) Se considerarmos que a distribuição segue a Lei Beta com a média e o desvio-padrão dados por:

$$t_e = \frac{t_o + 4t_m + t_p}{6} \quad \text{e} \quad \sigma = \frac{1}{6} (t_p - t_o)$$

será introduzido um erro no cálculo da rede PERT se os tempos estimados  $t_o$ ,  $t_m$ ,  $t_p$  forem inexatos.

#### 5.2.3.2.4 - Ordenação da rede

Podemos obter rede com um número bastante grande de atividades e ter certamente problemas com a sua confecção.

O fato de existirem atividades entrelaçando-se e em grande número pode complicar o cálculo do caminho crítico como veremos adiante e a visualização da dependência e ordem de anterioridade dos eventos.

Podemos ordenar a rede por meio de um algoritmo matricial que separará os eventos por níveis com as seguintes características:

- 1) A ordem dos eventos em um nível é indiferente e em mesmo nível não existem atividades, elas são colocadas como ligação entre dois níveis ou seja entre dois eventos de dois níveis.
- 2) Todos os eventos de um mesmo nível não possuem antecedentes no nível seguinte ou seja o sentido das setas das atividades é de um nível para outro posterior.
- 3) O primeiro evento ou os eventos (no caso de mais de um nó) do 1º nível não possuem antecedentes e/ou os do último nível não possuem subseqüentes. Seja ordenar por níveis a rede seguinte: (Fig. 5.14).

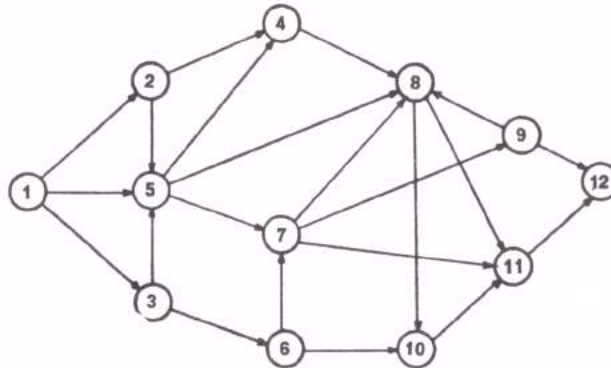


FIG. 5.14

Podemos fazer a representação matricial da rede da seguinte forma Fig. 5.15.

		Evento Final																							
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	V <sub>0</sub>	V <sub>1</sub>	V <sub>2</sub>	V <sub>3</sub>	V <sub>4</sub>	V <sub>5</sub>	V <sub>6</sub>	V <sub>7</sub>	V <sub>8</sub>			
Evento Inicial	1	1	1		1									3	3	3	3	3	3	3	2	0			
	2				1	1								2	2	2	2	2	1	1	0				
	3				1	1								2	2	2	2	2	2	2	0				
	4								1					1	1	1	1	0							
	5				1			1	1					3	3	3	3	2	1	0					
	6							1			1			2	2	2		1	1	1	0				
	7								1	1		1		3	3	2	2	1	0						
	8									1	1		1	2	2	1	0								
	9									1			1	2	1	1	1	0							
	10											1		1	1	0									
	11												1	1	0										
	12													0											
		Matriz X												Matriz V											
														Eventos por níveis											
														12	11	10	8	9	7	5	2	1			
																		4	6	3					
														9	8	7	6	5	4	3	2	1			

FIG. 5.15

a) Montagem da matriz X

Se I (evento inicial) aponta para J (evento final): na intersecção da linha I com a coluna J, coloca-se o número 1.

b) Montagem da matriz V

Consideremos  $X_1, X_2, X_3, \dots, X_{12}$  os vetores que representam as colunas da matriz X.

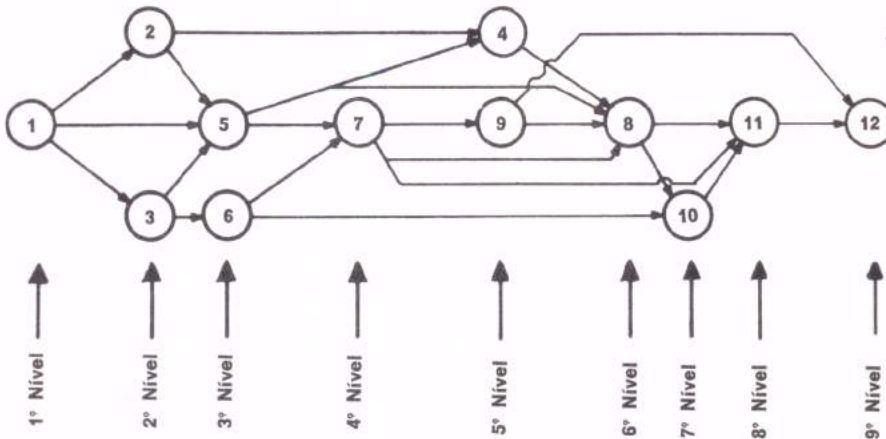
1º) Calculamos:  $V_0 = X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_{12}$

Observa-se o zero que aparece na coluna  $V_0$ , isto quer dizer que o evento 12 não tem subsequente e pertence ao nível 9 (último nível).

2º) Calculamos:  $V_1 = V_0 - X_{12}$ . O evento 11 ficou com 0, logo per-  
tence ao nível 8.

3º) Calculamos:  $V_2 = V_1 - X_{11}$ . O evento 10 ficou com 0, logo per-  
tence ao nível 7.

Seguindo este processo, determinamos todos os níveis do gráfico  
e sua ordenação será:

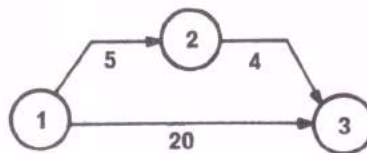


#### 5.2.3.2.5 – Processamento

#### 5.2.3.2.5.1 – Caminho crítico

Com a rede já desenhada, torna-se necessário saber qual a duração  
do projeto. Para se ter uma primeira aproximação, pode-se considerar  
que a duração do projeto não poderá exceder a soma dos tempos toma-  
dos sobre o caminho mais desfavorável. Como caminho mais desfavorável  
considera-se aquele que absorve as parcelas maiores de tempo (caminho  
de maior duração). Este caminho é chamado de **caminho crítico** da rede.

Consideremos a rede simples abaixo:



Para atingir o evento final (3), temos dois caminhos a percorrer:  
o caminho 1-3 e o caminho 1-2-3.

Como para que o evento (3) seja atingido é necessário que todas  
as atividades que a ele converjam sejam completadas, serão necessárias  
20 unidades de tempo para sua realização, permitindo assim que todas  
as operações sejam efetuadas.

O caminho (1-3) será o caminho crítico ou o caminho mais longo  
para o qual qualquer atraso refletirá no atraso do projeto. O caminho

(1-2) (2-3) pode sofrer atraso sem influir no tempo fixado para cumprimento do programa. É chamado de caminho não-crítico.

O atraso do caminho não-crítico pode ser tolerado até certos limites. Se tomarmos a diferença entre o tempo do caminho 1-3 e o tempo do caminho (1-2) (2-3) teremos  $20 - 9 = 11$  significando que com uma demora neste caminho (1-2-3) de 11, ou mais, unidades de tempo, o programa irá sofrer atraso.

Torna-se portanto necessário o conhecimento para cada evento não-crítico da sua data limite de realização, além do qual todo o programa sofrerá atraso.

#### 5.2.3.2.5.2 – Cedo e tarde de um evento

Para uma atividade (i-j) qualquer da rede, representada como se segue, definiremos:



**CEDO** de um evento é o tempo necessário para que este evento seja atingido se não ocorrerem atrasos imprevistos nas atividades que lhe antecedem:

- para o evento i (inicial), o cedo será representado por:  $t_i^E$
  - para o evento j (final), o cedo será representado por:  $t_j^E$
- se  $t_{ij}$  é o tempo operacional da atividade que se inicia em i e termina em j, o cedo do evento j será dado por:

$$t_j^E = \text{MAX}_i (t_i^E + t_{ij})$$

onde os i's são os números dos eventos iniciais das atividades que terminam no evento j.

**TARDE** de um evento é a data limite da realização deste evento, além da qual o tempo total de execução das atividades é alterado.

- para um evento i (inicial) o tarde será representado por:  $t_i^L$
  - para um evento j (final) o tarde será representado por:  $t_j^L$
- se  $t_{ij}$  é o tempo operacional da atividade que se inicia em i e termina em j, o tarde do evento j será dado por:

$$t_i^L = \text{MIN}_j (t_j^L - t_{ij})$$

onde os j's são os números dos eventos finais das atividades que começam no evento i.



**FOLGA DE UM EVENTO:** — A diferença entre o tarde e o cedo de um evento chama-se folga de um evento. E' justamente dentro deste valor de tempo que a realização de um evento não crítico pode flutuar.

No caso em que se considere uma folga no evento finalíssimo (último evento da rede), o caminho crítico ficará com essa folga constante em todo o percurso. Essa folga será dada por:

$$F = (t_j^L - t_j^E)$$

onde:  $t_j^L$  = tarde do evento finalíssimo =  $T_{pg}$  e  $T_j^E$  = cedo do evento finalíssimo =  $T_e$  ... (ver subitem 5.2.3.2.3). No caso em que  $t_j^L = t_j^E$  (ou  $T_{pg} = T_e$ , teremos  $F = 0$ , o que corresponderá a folga nula em todo o caminho crítico.

NOTA: No caso mais geral, seja  $T_{pg} = T_e$  ou  $T_{pg} \neq T_e$ , o caminho crítico é aquele cujos eventos possuem a menor folga ( $F$ ), em valor algébrico.

Como exemplo, temos a rede, Fig. 5.16, com o cálculo dos  $t^L$  e  $T^E$  e o caminho crítico representado pelas setas cheias:

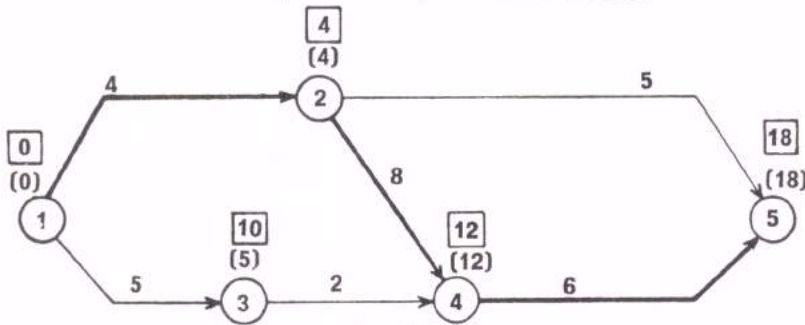


FIG. 5.16

O cálculo dos cedo e tarde de cada evento da rede pode ser feito de duas maneiras:

a) **Diretamente na rede**

Reportando-nos ao item 2.3.2.5.2, teríamos:

$$\text{Cedo} = t_j^E = \max_i (t_i^E + t_{ij})$$

$$\begin{array}{l}
 4 - \begin{array}{l} t_4^E = 5 + 2 = 7 \\ t_4^E = 4 + 8 = 12 \end{array} \rightarrow (\text{MAX}) \rightarrow t_4^E = 12 \\
 5 - \begin{array}{l} t_5^E = 4 + 5 = 9 \\ t_5^E = 12 + 6 = 18 \end{array} \rightarrow (\text{MAX}) \rightarrow t_5^E = 18
 \end{array}$$

$$\begin{array}{l}
 1 - t_1^E = 0 \\
 2 - t_2^E = 0 + 4 = 4 \\
 3 - t_3^E = 0 + 5 = 5
 \end{array}$$

$$\text{TARDE} = t_i^L = \min_j (T_j^L - t_{ij})$$

$$\begin{aligned}
 5 - t_5^L &= 18 \\
 4 - t_4^L &= 18 - 6 = 12 \\
 3 - t_3^L &= 12 - 2 = 10 \\
 2 - t_2^L &= 18 - 5 = 13 \\
 &= 12 - 8 = 4 \quad \rightarrow (\text{MIN}) \rightarrow t_2^L = 4 \\
 1 - t_1^L &= 10 - 5 = 5 \\
 &= 4 - 4 = 0 \quad \rightarrow (\text{MIN}) \rightarrow t_1^L = 0
 \end{aligned}$$

Este cálculo foi feito para o caso em que  $T_{pg} = T_e = 18$ , o que corresponde a uma folga nula sobre todo o caminho crítico. Poderíamos ter folgas positivas ou negativas sobre o caminho crítico, conforme  $T_{pg}$  fosse maior ou menor que  $T_e$ .

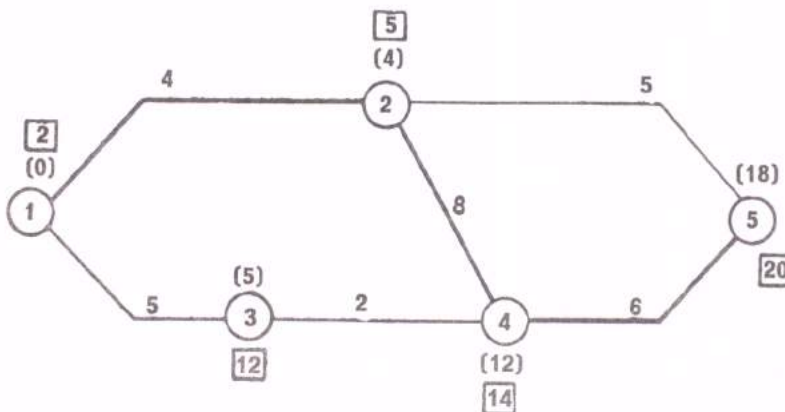
Folga positiva  $T_{pg} > T_e$

Folga negativa  $T_{pg} < T_e$

Folga nula  $T_{pg} = T_e$

Seja  $T_{pg} > T_e$

No exemplo anterior façamos  $T_{pg} = t_5^L = 20$



O caminho crítico é o mesmo, e a folga do evento finalíssimo ( $F = T_{pg} - T_e = 20 - 18 = 2$ ) se conserva sobre os eventos do caminho crítico.

Façamos  $T_{pg} = t_5^L = 16$

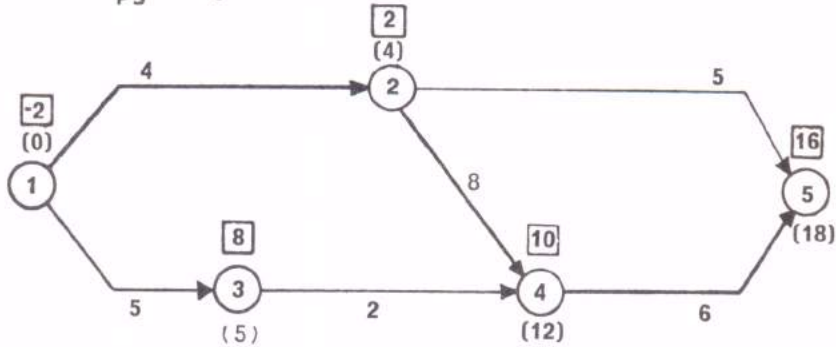


FIG. 5.18

A folga do evento finalíssimo ( $F = T_{pg} - T_e = 16 - 18 = -2$ ) se conserva sobre todos os eventos do caminho crítico.

Podemos concluir do exposto que o caminho crítico é aquele cujos eventos possuem a menor folga em valor algébrico.

b) cálculo dos CEDOS e TARDES utilizando um algoritmo (Método prático).

Como exemplo, utilizaremos a rede da Figura 5.1.6.

1) Constrói-se um quadrado, dividindo cada lado em um nº de partes iguais ao nº de eventos da rede. No caso, o nº de eventos é 5, portanto:

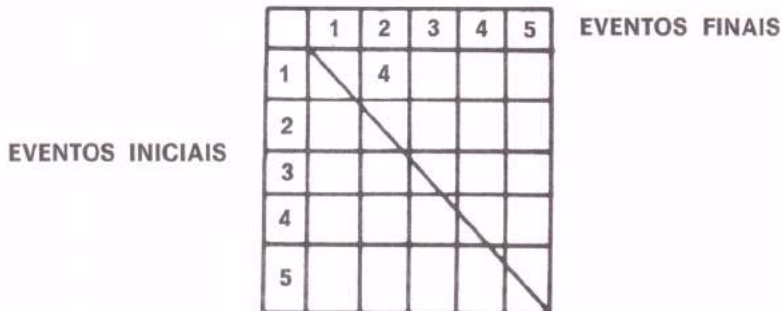


FIG. 5.19

2) Traça-se a diagonal separando os eventos iniciais dos finais e coloca-se o tempo de duração de cada atividade na intersecção da linha que contém seu evento inicial com a coluna que contém seu evento final. (Fig. 5.20).

3) Abaixo e à direita da matriz coloca-se uma fila de quadrados, que receberão os cedos e os tardes de cada atividade. (Fig. 5.21).

	1	2	3	4	5
1		4	5		
2				8	5
3				2	
4					6
5					

FIG. 5.20

	1	2	3	4	5
1		4	5		
2				8	5
3				2	
4					6
5					

Tarde


Cedo

0				
---	--	--	--	--

FIG. 5.21

#### 4) Cálculo dos cedos

*Evento 1* (Inicial da rede) o cedo é arbitrado como sendo igual a 0 e colocado no 1º quadrado.

*Evento 2* Na coluna correspondente ao evento 2, temos o valor 4. Somamos este valor com o valor do cedo encontrado pela seta que vai do 4 até a diagonal e desce à tabela dos cedos.

	1	2	3	4	5
1		4	5		
2				8	5
3				2	
4					6
5					

Tarde


Cedo

0	4			
---	---	--	--	--

O cedo de 2 será:  $t_2^E = 4 + 0 = 4$

FIG. 5.22



**Evento 3** Na coluna correspondente ao evento 3, temos o valor 5. A seta que vai de 5 até a diagonal e em seguida à tabela de cedos aponta novamente o 0.

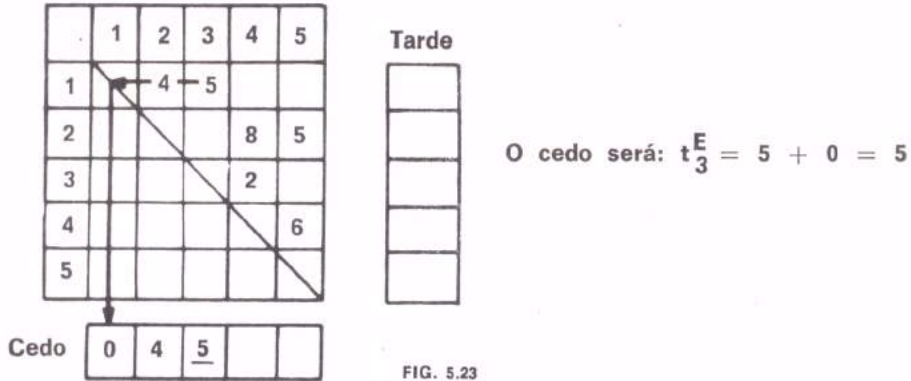


FIG. 5.23

**Evento 4** Na coluna correspondente ao evento 4, temos os números 8 e 2. Neste caso temos duas setas que vão de 8 e 2 até a diagonal e de lá até a tabela dos cedos: somamos os valores, escolhendo o maior deles: neste caso é:

$$t_4^E = \max(t_{24} + t_2^E), (t_{34} + t_3^E) \quad \text{Cedo} = \begin{matrix} 8 + 4 = 12 \\ 2 + 5 = 7 \end{matrix} = 12$$

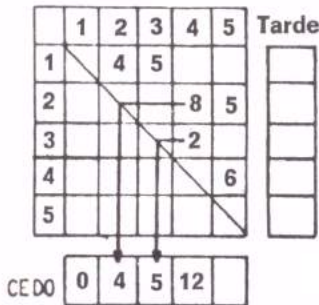


FIG. 5.24

**Evento 5** Na coluna 5, encontramos os números 5 e 6. Novamente teremos 2 setas que vão de 5 e 6 até a diagonal e de lá até a tabela dos cedos: somamos os valores, escolhendo o maior deles: neste caso é:

$$t_5^E = \max(t_{25} + t_2^E), (t_{45} + t_4^E)$$

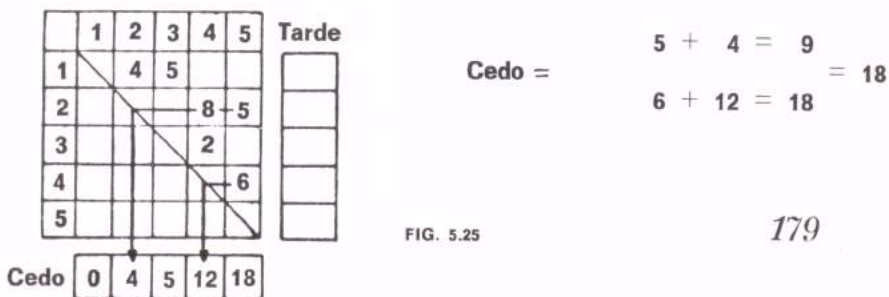
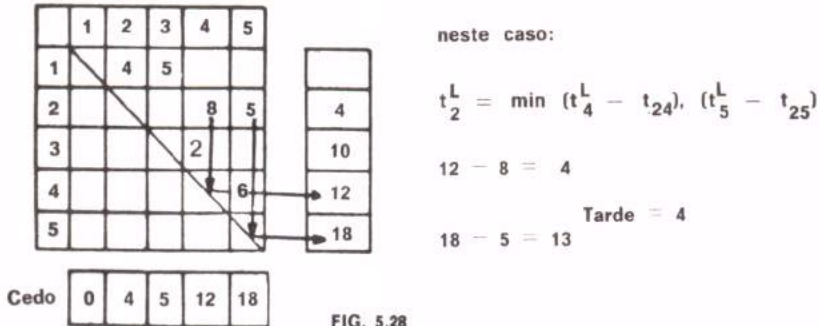


FIG. 5.25



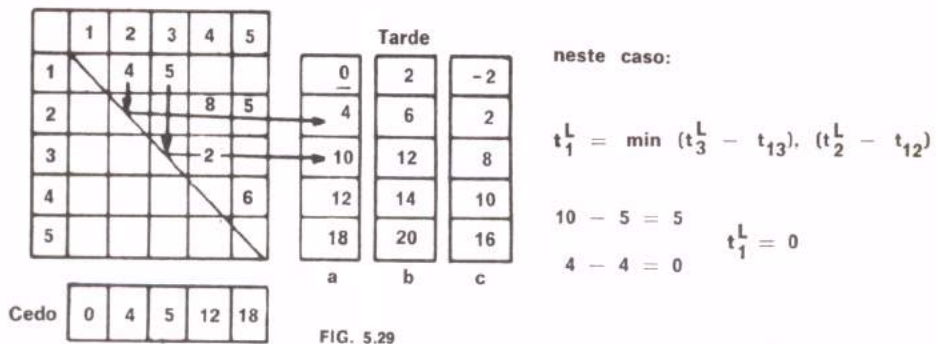
**Evento 3** Na linha correspondente ao evento 3, temos o valor 2. A linha que desce de 2 até a diagonal e segue para a direita até a coluna dos TARDE encontra o valor 12, de onde subtraímos o 2, para determinar o tarde do evento 3.



**Evento 2** Na linha correspondente ao evento 2, encontramos os números 8 e 5. Descemos duas setas a partir destes valores até a diagonal e a partir daí até a coluna dos TARDE, onde encontramos os valores 12 e 18, respectivamente. Teremos portanto dois valores possíveis para o TARDE:  $12 - 8 = 4$  ou  $18 - 5 = 13$ . O TARDE do evento será o menor destes valores, ou seja,  $t_2^L = 4$ .

para o TARDE:  $12 - 8 = 4$  ou  $18 - 5 = 13$ . O TARDE do evento será o menor destes valores, ou seja,  $t_2^L = 4$ .

**Evento 1** O TARDE do evento 1 é calculado da mesma maneira que o evento 2.



Para as redes das Figs. 5.17 e 5.18 os cedos seriam os mesmos da Fig. 5.16. O cálculo dos tardes aparece nas colunas (b) e (c) da figura 5.29, respectivamente.

### Tipos de folga

Para definir os tipos de folga, precisamos de alguns conceitos simples, relativos às datas de início e término de uma atividade.

- 1) Primeira data de início de uma atividade (ou 'earliest start') ou simplesmente cedo de uma atividade.

$$PDI = ES = t_i^E$$

- 2) Última data de início de uma atividade é a última data possível de se iniciar uma atividade sem alterar o programa.

$$UDI = t_j^L = t_{ij}^L$$

- 3) Primeira data de término de uma atividade ou "expected completion" será a primeira data possível de se concluir uma atividade.

$$PDT = EC = t_i^E + t_{ij}$$

- 4) Última data de término de uma atividade ou "latest finish" será a última data possível de término ou simplesmente tarde.

$$UDT = LF = t_j^L$$

- 5) Tempo disponível é o maior intervalo de tempo que uma atividade dispõe para ser executada sem alterar o cedo do evento inicial e o tarde do evento final para não haver atraso no programa.

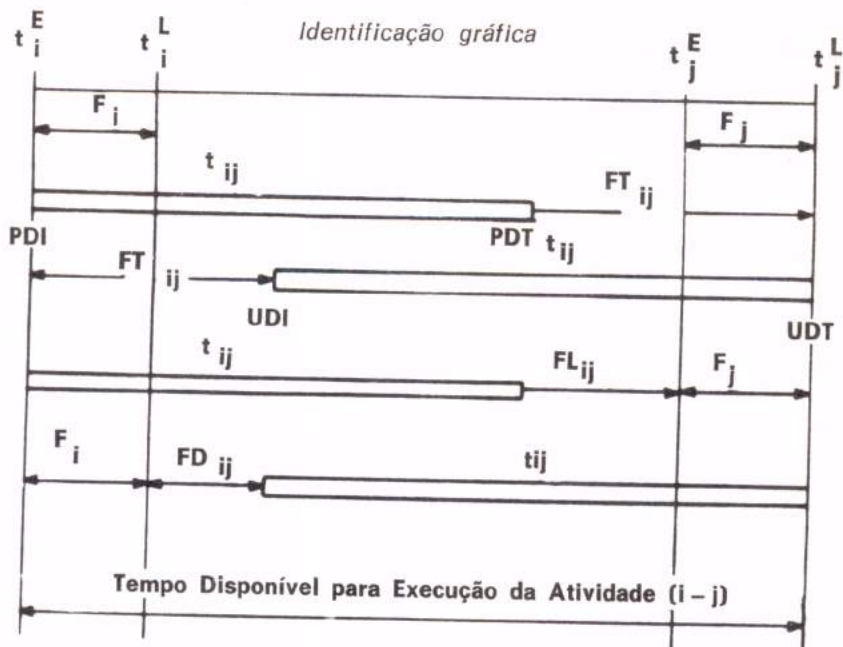
$$TD_{ij} = t_j^L - t_i^E$$

a) *Folga total* (ou 'slack') ou *Folga da atividade* (ou 'float')

É o atraso máximo em uma atividade sem alterar o prazo máximo para o seu término.

$$FT_{ij} = TD_{ij} - t_{ij}$$





Obs.: 1) da figura pode-se ver que:

$$FT_{ij} = FL + F_j \quad \text{e} \quad FT_{ij} = FD + F_i$$

Portanto calculando a folga total ( $FT_{ij}$ ) e possuindo a folga no evento  $i$  ( $F_i$ ) e folga no evento  $j$  ( $F_j$ ), podemos calcular a folga livre ( $FL$ ) e folga dependente ( $FD$ ) por diferença:

$$FL_{ij} = FT_{ij} - F_j$$

$$FD_{ij} = FT_{ij} - F_i$$

#### 5.2.3.2.6 – Algumas vantagens e desvantagens do PERT/CPM

##### Vantagens

- 1 — Utilíssimo na fase de planejamento de um projeto, principalmente se este projeto possui um certo grau de conhecimento;
- 2 — são métodos que se prestam a processamento através de computadores (veremos a seguir um exemplo de saída);
- 3 — permite identificar claramente a relação de dependência entre as atividades de um projeto;
- 4 — permite o replanejamento do projeto, fazendo-se adaptações à nova situação;
- 5 — permite eliminar possíveis omissões de tarefas, num projeto;
- 6 — permite avaliar a repercussão de atrasos ou diminuições na duração de uma ou mais atividades, no prazo para a conclusão do projeto;
- 7 — permite determinar quais as atividades críticas (que determinam a duração mínima do projeto) onde serão dedicadas atenções especiais.

##### Desvantagens

- 1 — Processamento em computador, principalmente do PERT que envolve três tempos, implica num custo elevado;
- 2 — devido à incerteza na atribuição de tempos a cada atividade do projeto, podemos ser levados a erros, principalmente em casos de atividades não repetitivas;

No caso do PERT esses erros podem ser diminuídos devido a utilização de três estimativas de tempo;

- 3 — normalmente não é utilizado para controle de progresso de um projeto, o que é feito através do Diagrama de Marcos.

#### 5.2.3.3.0 – Acompanhamento

Descreveremos a seguir duas técnicas de controle de progresso de um projeto associado ao PERT/CPM, às quais chamamos de Acompanhamento: Diagrama Acumulativo de Eventos Cumpridos e Controle do Caminho Crítico (e/ou subcríticos).

##### 5.2.3.3.1 – Diagrama acumulativo de eventos cumpridos

Na fig. 5.30 vê-se um diagrama de eventos acumulados baseado

na rede do Projeto MESIS.

O diagrama é confeccionado da seguinte maneira:

- a) O eixo horizontal representa o tempo, tendo como unidades os meses de duração do Projeto.
- b) O eixo vertical representa os eventos cumpridos. Os números indicados no eixo vertical não têm relação com a numeração de eventos da rede: mostram a quantidade de eventos já cumpridos.
- c) A linha cheia é feita mostrando os eventos cumpridos em cada mês de acordo com a rede planejada.
- d) Com a execução real do Projeto, as datas reais de término dos eventos vão permitir o traçado da linha tracejada que possibilitará o confronto do real com o planejado.

#### 5.2.3.3.2 – Controle do caminho crítico (e de/ou subcríticos)

Caminhos subcríticos são aqueles que possuem folga nos eventos próximos dos do caminho crítico. São aqueles que, com pequeno atraso em uma de suas atividades, podem tornar-se críticos. Apresentamos um exemplo aplicado ao caminho, podendo ser estendido a subcríticos. Podemos traçar todos em um só gráfico ou em gráficos separados.

Na figura 5.31, marcamos os eventos críticos (do caminho crítico) nos lados direito e inferior da figura, coincidindo com as escalas de tempo colocadas nos lados esquerdo e superior.

No lado esquerdo colocamos o tempo real e no lado superior colocamos o tempo planejado.

Se houver atraso, como houve no evento 12, o ponto se desloca para *baixo* da diagonal.

O objetivo, daqui para frente, será retornar à diagonal nos eventos futuros procurando fazer com que o tempo planejado e o tempo real do evento final do projeto coincidam.

#### 5.2.3.4.0 – Exemplo de aplicação

O exemplo a seguir foi baseado no Projeto MESIS. Trata-se da utilização do computador no cálculo da rede e na ordenação por níveis.

Para o cálculo da rede foi utilizado o programa 'STRS', com saída em impressora e plotter e para ordenação dos eventos por níveis foi utilizado o programa NET, ambos desenvolvidos no INPE.

Em anexo, seguem as listagens do cálculo da rede (saída) e do algoritmo de ordenação (completo). Fig. 5.32, Fig. 5.33 e Fig. 5.34.

Pode-se ter  $FT_{ij} = t_j^L - t_i^E - t_{ij} = UDI - PDI = UDT - PDT$

**b) Folga livre**

E' o atraso máximo em uma atividade sem alterar a PDI da(s) atividade(s) que lhe segue(m).

$$FL_{ij} = t_j^E - t_i^E - t_{ij}$$

**c) Folga dependente**

E' o tempo de que se dispõe, desde o tarde de  $E_j$  (evento i), para que a atividade seja executada e concluída, no máximo, até o tarde de  $E_j$  (evento j).

$$FD_{ij} = t_j^L - t_i^L - t_{ij}$$

d) Identificação de dois *Tipos de folga em evento*.

$$F_i = t_i^L - t_i^E = \text{folga do evento início e}$$

$$F_j = t_j^L - t_j^E = \text{folga no evento final}$$



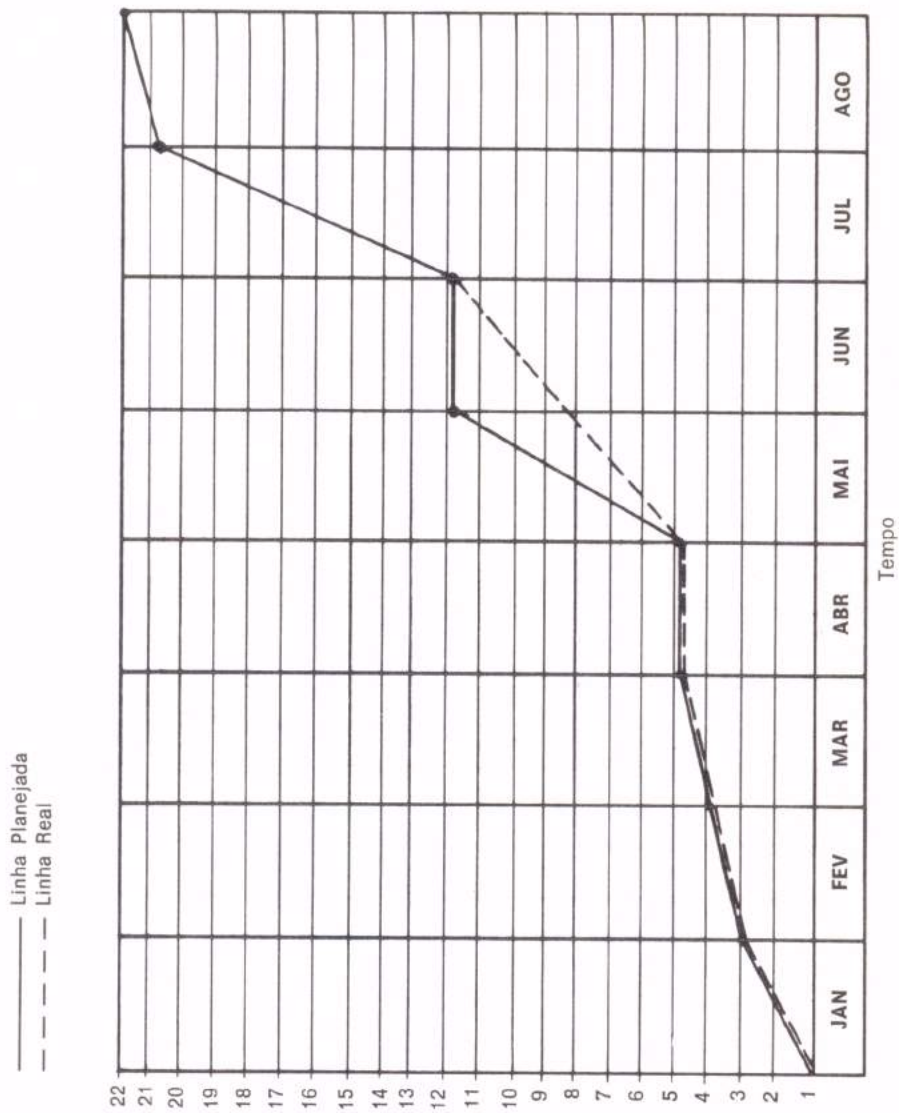


FIG. 5.30

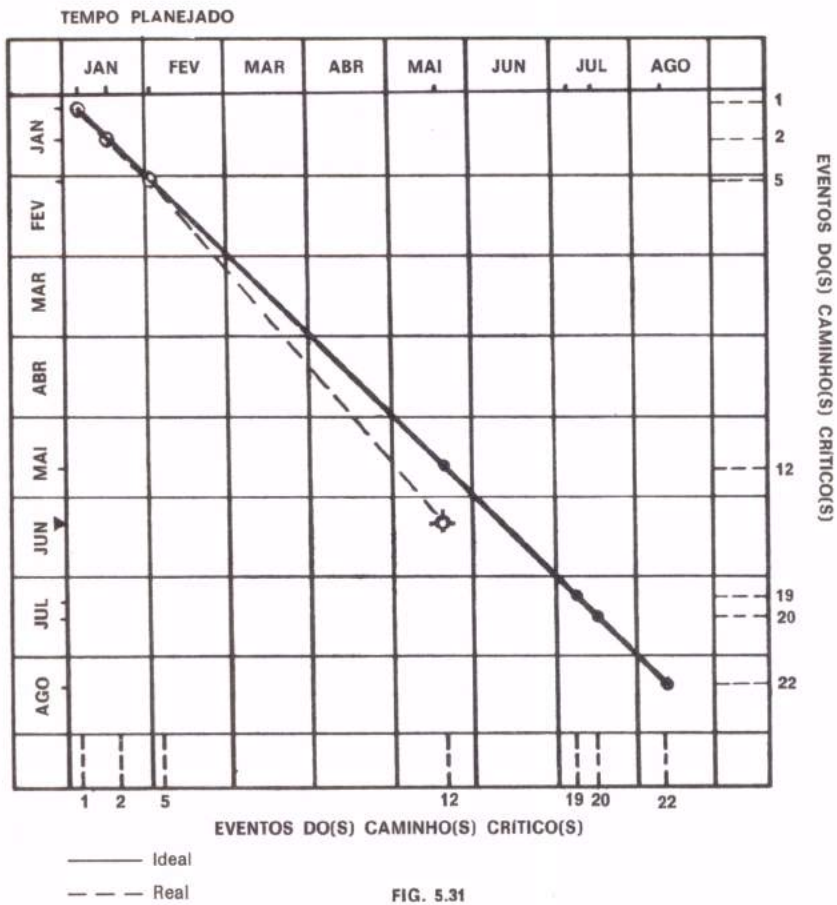


FIG. 5.31

REDE DO PROJETO MESIS

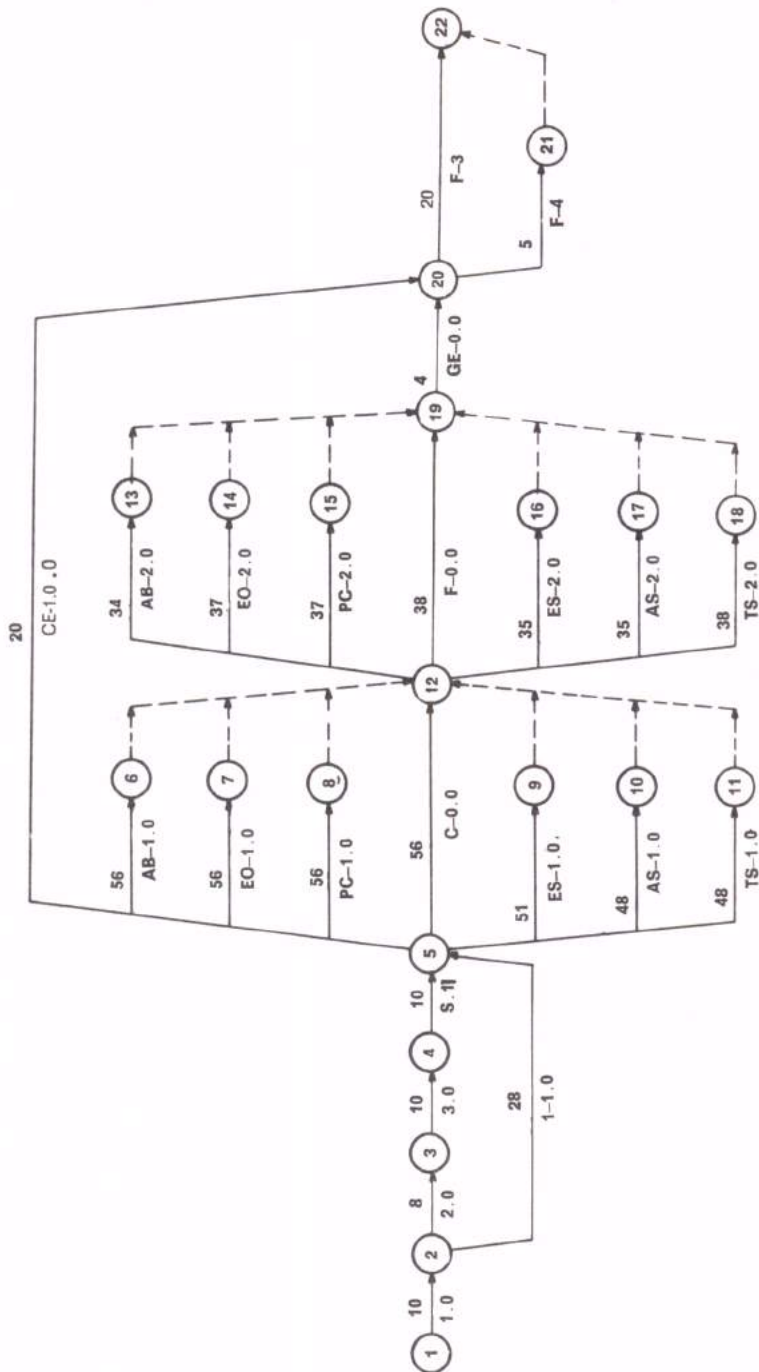


FIG. 5.32

Nos INICIAIS(I):  
 1 2 2 3 4 5 5 5 5 5 5 5 6 7 8 9 10 11 12 12 12  
 12 12 12 12 13 14 15 16 17 18 19 20 20 21

Nos FINAIS(J):  
 2 3 5 4 5 10 11 9 6 7 8 12 20 12 12 12 12 12 17 18 16  
 13 14 15 19 19 19 19 19 19 19 20 21 22 22

VETOR V<sub>0</sub>

1 2 1 1 8 1 1 1 1 1 1 7 1 1 1 1 1 1 1 2 1 0

EVENTOS EXISTENTES NA REDE

I \ F	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

FIG. 5.33



\*\*\* REDE \*\*\*

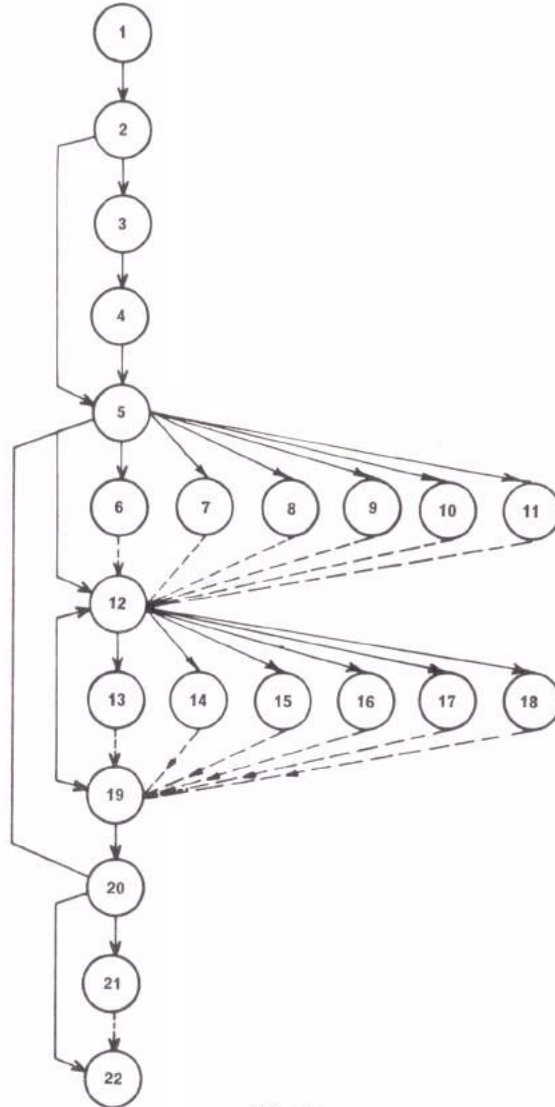


FIG. 5.34

**Obs.:** O Computador simplesmente imprimiu, por níveis, os eventos da rede. As linhas e círculos foram traçados para melhor comparação com a rede desenhada do Projeto MESIS.

Exemplo de Saída em Computador do Cálculo de uma Rede PERT/CPM  
(Programa 'STRS' no NAS)  
B-3500  
Impressora e Plotter

(Vide páginas de 193 a 202).

PROJETO MESIS

DATA DE ATUALIZAÇÃO = 12/05/71

ORDENAÇÃO — ENCARREGADO POR TAREFA

DESCRIÇÃO DA ATIVIDADE	EVENTOS INICIAL FINAL	DURAÇÃO	DATA DO INICIO	TERMINO	DATA DO TERMINO	FOLGA TOTAL	ENCARREGADO
ELABORAR ED. PREL. DE ABORDAGEM DE SISTEMAS	5 6	56	1/03/71	94	18/05/71	OCR	AMANCIO
ELABORAR EDIÇÃO FINAL DE ABORDAGEM DE SISTEMAS	12 13	34	18/05/71	128	5/07/71	4	AMANCIO
ELABORAR ED. PREL. DE ENGENHARIA DE SISTEMAS	5 9	51	1/03/71	89	11/05/71	5	AMANCIO-FERUCCIO-MAR
ELABORAR EDIÇÃO FINAL DE ENGENHARIA DE SISTEMAS	12 16	35	18/05/71	129	6/07/71	3	AMANCIO-FERUCCIO-MAR
ENVIAR PARA EDITORA	20 21	5	15/07/71	141	22/07/71	15	CNAE
ELABORAR ED. PREL. DE PLANEJAMENTO E CONTROLE	5 8	56	1/03/71	94	18/05/71	OCR	DELFPACCA-COSTA-KAM
ELABORAR EDIÇÃO FINAL DE PLANEJAMENTO E CONTROLE	12 15	37	18/05/71	131	8/07/71	1	DELFPACCA-COSTA-KAM
ENTRAR EM CONTATO COM EDITORAS	5 20	20	1/03/71	58	29/03/71	78	F. MENDONÇA
GRUPO EDITORIAL DA FORMATO FINAL	19 20	4	9/07/71	136	15/07/71	OCR	F. MENDONÇA-GRP. MESIS
INTEGRAR E VALIDAR EDIÇÃO FINAL	12 19	38	18/05/71	132	9/07/71	OCR	F. MENDONÇA-GRP. MESIS
INTEGRAR E VALIDAR EDIÇÃO PRELIMINAR	5 12	56	1/03/71	94	18/05/71	OCR	F. MENDONÇA-GRP. MESIS
ELABORAR TAREFAS DO PERIODO DE ADAPTAÇÃO	3 4	10	29/01/71	28	12/02/71	OCR	GRUPO DE SISTEMAS
ELABORAR PLANO INICIAL DO PROJETO MESIS	2 3	28	19/01/71	38	1/03/71	OCR	GRUPO DE SISTEMAS
PREPAR. PLANOS DO PROJETO P/ PERIODO DE ADAPTAÇÃO	2 5	8	19/01/71	18	29/01/71	OCR	GRUPO DE SISTEMAS
PREPARAR PROPOSTA INICIAL DO PROJETO MESIS	1 2	10	4/01/71	10	19/01/71	OCR	GRUPO DE SISTEMAS
EDITAR LIVRO INTERNAMENTE	20 22	20	15/07/71	156	12/08/71	OCR	LUIZ ROBERTO
ELABORAR ED. PREL. DE TEORIA DE SISTEMAS	5 11	48	1/03/71	86	6/05/71	8	LUIZ-GALDA-EFRAIM
ELABORAR EDIÇÃO FINAL DE TEORIA DE SISTEMAS	12 18	38	18/05/71	132	9/07/71	OCR	LUIZ-GALDA-EFRAIM
ELABORAR ED. PREL. DE ANÁLISE DE SISTEMAS	5 10	48	1/03/71	86	6/05/71	8	MELLO-VELLOSO
ELABORAR ED. PREL. DE ESTRUTURAS DE ORGANIZAÇÃO	5 7	56	1/03/71	94	18/05/71	OCR	MELLO-VELLOSO
ELABORAR EDIÇÃO FINAL DE ANÁLISE DE SISTEMAS	12 17	35	18/05/71	129	6/07/71	3	MELLO-VELLOSO
ELABORAR EDIÇÃO FINAL DE EST. DE ORGANIZAÇÃO	12 14	37	18/05/71	131	8/07/71	1	MELLO-VELLOSO

RESPONSÁVEL: PACCA-ANGELA-PORTO

## PROJETO MESIS

DATA DE ATUALIZAÇÃO = 12/05/71

ORDENAÇÃO-ENCARREGADO POR TAREFA

SEMINARIOS	PERIODO DE ADAPTAÇÃO	DESCRICOÇÃO DA ATIVIDADE	EVENTOS INICIAL FINAL	DURAÇÃO	DATA DO INICIO	DATA DO TERMINO	DATA DO TERMINO	FOLGA TOTAL	ENCARREGADO
ZFIC			4 5	10	12/02/71	38	1/03/71	OCR	PESQUISADORES NOVOS
ZFIC			6 12	0	18/05/71	94	18/05/71	OCR	Z
ZFIC			7 12	0	18/05/71	94	18/05/71	OCR	Z
ZFIC			8 12	0	18/05/71	94	18/05/71	OCR	Z
ZFIC			9 12	0	11/05/71	89	11/05/71	5	Z
ZFIC			10 12	0	6/05/71	86	6/05/71	8	Z
ZFIC			11 12	0	6/05/71	86	6/05/71	8	Z
ZFIC			13 19	0	5/07/71	128	5/07/71	4	Z
ZFIC			14 19	0	8/07/71	131	8/07/71	1	Z
ZFIC			15 19	0	8/07/71	131	8/07/71	1	Z
ZFIC			16 19	0	6/07/71	129	6/07/71	3	Z
ZFIC			17 19	0	6/07/71	129	6/07/71	3	Z
ZFIC			18 19	0	9/07/71	132	9/07/71	OCR	Z
ZFIC			21 22	0	22/07/71	141	22/07/71	15	Z

RESPONSÁVEL: PACCA-ANGELA-PORTO



PROJETO MESIS

DATA DE ATUALIZAÇÃO = 12/05/71

ORDENAÇÃO-EVENTO INICIAL POR FINAL

DESCRIÇÃO DA ATIVIDADE	EVENTOS INICIAL FINAL	DURAÇÃO	DATA DO INICIO	TÉRMINO	DATA DO TÉRMINO	FOLGA TOTAL	ENCARREGADO
PREPARAR PROPOSTA INICIAL DO PROJETO MESIS	1 2	10	4/01/71	10	19/01/71	OCR	GRUPO DE SISTEMAS
PREPAR. PLANOS DO PROJETO P/ PERIODO DE ADAPTAÇÃO	2 3	8	19/01/71	18	29/01/71	OCR	GRUPO DE SISTEMAS
ELABORAR PLANO INICIAL DO PROJETO MESIS	2 5	28	19/01/71	38	1/03/71	OCR	GRUPO DE SISTEMAS
ELABORAR TAREFAS DO PERIODO DE ADAPTAÇÃO	3 4	10	29/01/71	28	12/02/71	OCR	GRUPO DE SISTEMAS
SEMINARIOS PERIODO DE ADAPTAÇÃO	4 5	10	12/02/71	38	1/03/71	OCR	PESQUISADORES NOVOS
ELABORAR ED. PREL. DE ABORDAGEM DE SISTEMAS	5 6	56	1/03/71	94	18/05/71	OCR	AMANCIO
ELABORAR ED. PREL. DE ESTRUTURAS DE ORGANIZAÇÃO	5 7	56	1/03/71	94	18/05/71	OCR	MELLO-VELLOSO
ELABORAR ED. PREL. DE PLANEJAMENTO E CONTROLE	5 8	56	1/03/71	94	18/05/71	OCR	DELFPACCA-COSTA-KAM
ELABORAR ED. PREL. DE ENGENHARIA DE SISTEMAS	5 9	51	1/03/71	89	11/05/71	5	AMANCIO-FERUCCIO-MAR
ELABORAR ED. PREL. DE ANALISE DE SISTEMAS	5 10	48	1/03/71	86	6/05/71	8	MELLO-VELLOSO
ELABORAR ED. PREL. DE TEORIA DE SISTEMAS	5 11	48	1/03/71	86	6/05/71	8	LUIZ-GALDA-EFFRAIM
INTEGRAR E VALIDAR EDIÇÃO PRELIMINAR	5 12	56	1/03/71	94	18/05/71	OCR	F. MENDONÇA-GRP. MESIS
ENTRAR EM CONTATO COM EDITORAS	5 20	20	1/03/71	58	29/03/71	78	F. MENDONÇA
ZFIC	6 12	0	18/05/71	94	18/05/71	OCR	Z
ZFIC	7 12	0	18/05/71	94	18/05/71	OCR	Z
ZFIC	8 12	0	18/05/71	94	18/05/71	OCR	Z
ZFIC	9 12	0	11/05/71	89	11/05/71	5	Z
ZFIC	10 12	0	6/05/71	86	6/05/71	8	Z
ZFIC	11 12	0	6/05/71	86	6/05/71	8	Z
ELABORAR EDIÇÃO FINAL DE ABORDAGEM DE SISTEMAS	12 13	34	18/05/71	128	5/07/71	4	AMANCIO
ELABORAR EDIÇÃO FINAL DE ESTRUT. DE ORGANIZAÇÃO	12 14	37	18/05/71	131	8/07/71	1	MELLO-VELLOSO
ELABORAR EDIÇÃO FINAL DE PLANEJAMENTO E CONTROLE	12 15	37	18/05/71	131	8/07/71	1	DELFPACCA-COSTA-KAM

RESPONSÁVEL: PACCA-ANGELA-PORTO

## PROJETO MESIS

DATA DE ATUALIZAÇÃO = 12/05/71

ORDENAÇÃO-EVENTO INICIAL POR FINAL

DESCRIÇÃO DA ATIVIDADE	EVENTOS INICIAL	EVENTOS FINAL	DURAÇÃO	DATA DO INICIO	TERMINO	DATA DO TERMINO	FOLGA TOTAL	ENCARREGADO
ELABORAR EDIÇÃO FINAL DE ENGENHARIA DE SISTEMAS	12	16	35	18/05/71	129	6/07/71	3	AMANCIO-FERUCCIO-MAR
ELABORAR EDIÇÃO FINAL DE ANÁLISE DE SISTEMAS	12	17	35	18/05/71	129	6/07/71	3	MELLO-VELLOSO
ELABORAR EDIÇÃO FINAL DE TEORIA DE SISTEMAS	12	18	38	18/05/71	132	9/07/71	OCR	LUIZ-GALDA-EFFRAIM
INTEGRAR E VALIDAR EDIÇÃO FINAL	12	19	38	18/05/71	132	9/07/71	OCR	F. MENDONÇA-GRP. MESIS
ZFIC	13	19	0	5/07/71	128	5/07/71	4	Z
ZFIC	14	19	0	8/07/71	131	8/07/71	1	Z
ZFIC	15	19	0	8/07/71	131	8/07/71	1	Z
ZFIC	16	19	0	6/07/71	129	6/07/71	3	Z
ZFIC	17	19	0	6/07/71	129	6/07/71	3	Z
ZFIC	18	19	0	6/07/71	132	9/07/71	OCR	Z
GRUPO EDITORIAL DA FORMATO FINAL	19	20	4	9/07/71	136	15/07/71	OCR	F. MENDONÇA-GRP. MESIS
ENVIAR PARA EDITORA	20	21	5	15/07/71	141	22/07/71	15	CNAE
EDITAR O LIVRO INTERNAMENTE	20	22	20	15/07/71	156	12/08/71	OCR	LUIZ ROBERTO
ZFIC	21	22	0	22/07/71	141	22/07/71	15	Z

RESPONSÁVEL: PACCA-ANGELA-PORTO

PROJETO MESIS

DATA DE ATUALIZAÇÃO = 12/05/71

ORDENAÇÃO-EVENTO INICIAL POR FINAL DESCRIÇÃO DA ATIVIDADE	EVENTOS INICIAL FINAL	DURAÇÃO	DATA DO INICIO	TERMINO	DATA DO TERMINO	FOLGA TOTAL	ENCARREGADO
PREPARAR PROPOSTA INICIAL DO PROJETO MESIS	1 2	10	4/01/71	10	19/01/71	OCR	GRUPO DE SISTEMAS
PREPAR. PLANOS DO PROJETO P/ PERIODO DE ADAPTAÇÃO	2 3	8	19/01/71	18	29/01/71	OCR	GRUPO DE SISTEMAS
ELABORAR TAREFAS DO PERIODO DE ADAPTAÇÃO	3 4	10	29/01/71	28	12/02/71	OCR	GRUPO DE SISTEMAS
ELABORAR PLANO INICIAL DO PROJETO MESIS	2 5	28	19/01/71	38	1/03/71	OCR	GRUPO DE SISTEMAS
SEMINARIOS PERIODO DE ADAPTAÇÃO	4 5	10	12/02/71	38	1/03/71	OCR	PESQUISADORES NOVOS
ELABORAR ED. PREL. DE ABORDAGEM DE SISTEMAS	5 6	56	1/03/71	94	18/05/71	OCR	AMANCIO
ELABORAR ED. PREL. DE ESTRUTURAS DE ORGANIZAÇÃO	5 7	56	1/03/71	94	18/05/71	OCR	MELLO-VELLOSO
ELABORAR ED. PREL. DE PLANEJAMENTO E CONTROLE	5 8	56	1/03/71	94	18/05/71	OCR	DEL-PACCA-COSTA-KAM
ELABORAR ED. PREL. DE ENGENHARIA DE SISTEMAS	5 9	51	1/03/71	89	11/05/71	5	AMANCIO-FERUCCIO-MAR
ELABORAR ED. PREL. DE ANALISE DE SISTEMAS	5 10	48	1/03/71	86	6/05/71	8	MELLO-VELLOSO
ELABORAR ED. PREL. DE TEORIA DE SISTEMAS	5 11	48	1/03/71	86	6/05/71	8	LUIZ-GALDA-EFRAIM
INTEGRAR E VALIDAR EDIÇÃO PRELIMINAR	5 12	56	1/03/71	94	18/05/71	OCR	F..MENDONÇA-GRP. MESIS
ZFIC	6 12	0	18/05/71	94	18/05/71	OCR	Z
ZFIC	7 12	0	18/05/71	94	18/05/71	OCR	Z
ZFIC	8 12	0	18/05/71	94	18/05/71	OCR	Z
ZFIC	9 12	0	11/05/71	89	11/05/71	5	Z
ZFIC	10 12	0	6/05/71	86	6/05/71	8	Z
ZFIC	11 12	0	6/05/71	86	6/05/71	8	Z
ELABORAR EDIÇÃO FINAL DE ABORDAGEM DE SISTEMAS	12 13	34	18/05/71	120	5/07/71	4	AMANCIO
ELABORAR EDIÇÃO FINAL DE ESTRUT. DE ORGANIZAÇÃO	12 14	37	18/05/71	131	8/07/71	1	MELLO-VELLOSO
ELABORAR EDIÇÃO FINAL DE PLANEJAMENTO E CONTROLE	12 15	37	18/05/71	131	8/07/71	1	DEL-PACCA-COSTA-KAM
ELABORAR EDIÇÃO FINAL DE ENGENHARIA DE SISTEMAS	12 16	35	18/05/71	129	6/07/71	3	AMANCIO-FERUCCIO-MAR

RESPONSÁVEL: PACCA-ANGELA-PORTO

## PROJETO MESIS

DATA DE ATUALIZAÇÃO = 12/05/71

## ORDENAÇÃO-EVENTO FINAL POR INICIAL

DESCRIÇÃO DA ATIVIDADE	EVENTOS INICIAL	EVENTOS FINAL	DURAÇÃO	DATA DO INÍCIO	DATA DO TÉRMINO	DATA DO TÉRMINO	FOLGA TOTAL	ENCARREGADO
ELABORAR EDIÇÃO FINAL DE ANÁLISE DE SISTEMAS	12	17	39	18/05/71	129	6/07/71	3	MELLO-VELLOSO
ELABORAR EDIÇÃO FINAL DE TEORIA DE SISTEMAS	12	18	38	18/05/71	132	9/07/71	OCR	LUIZ-GALDA-EFFRAIM
INTEGRAR E VALIDAR EDIÇÃO FINAL	12	19	38	18/05/71	132	9/07/71	OCR	F. MENDONÇA-GRP. MESIS
ZFIC	13	19	0	5/07/71	128	5/07/71	4	Z
ZFIC	14	19	0	8/07/71	131	8/07/71	1	Z
ZFIC	15	19	0	8/07/71	131	8/07/71	1	Z
ZFIC	16	19	0	6/07/71	129	6/07/71	3	Z
ZFIC	17	19	0	6/07/71	129	6/07/71	3	Z
ZFIC	18	19	0	9/07/71	132	9/07/71	OCR	Z
ENTRAR EM CONTATO COM EDITORAS	5	20	20	1/03/71	58	29/03/71	78	F. MENDONÇA
GRUPO EDITORIAL DO FORMATO FINAL	19	20	4	9/07/71	136	15/07/71	OCR	F. MENDONÇA-GRP. MESIS
GRUPO EDITORIAL DO FORMATO FINAL	20	21	5	15/07/71	141	22/07/71	15	CNAE
EDITAR O LIVRO INTERNAMENTE	20	22	20	15/07/71	156	12/08/71	OCR	LUIZ ROBERTO
ZFIC	21	22	0	22/07/71	141	22/07/71	15	Z

RESPONSÁVEL: PACCA-ANGELA-PORTO

PROJETO MESIS

DATA DE ATUALIZAÇÃO = 12/05/71

ORDENAÇÃO-DATA INICIO POR DATA TER

DESCRIÇÃO DA ATIVIDADE	EVENTOS INICIAL FINAL	DURAÇÃO	DATA DO INICIO	TERMINO	DATA DO TERMINO	FOLGA TOTAL	ENCARREGADO
PREPARAR PROPOSTA INICIAL DO PROJETO MESIS	1 2	10	4/01/71	10	19/01/71	OCR	GRUPO DE SISTEMAS
PREPARAR PLANOS DO PROJETO P/ PERIODO DE ADAPTAÇÃO	2 3	8	19/01/71	18	29/01/71	OCR	GRUPO DE SISTEMAS
ELABORAR PLANO INICIAL DO PROJETO MESIS	2 5	28	19/01/71	38	1/03/71	OCR	GRUPO DE SISTEMAS
ELABORAR TAREFAS DO PERIODO DE ADAPTAÇÃO	3 4	10	29/01/71	28	12/02/71	OCR	GRUPO DE SISTEMAS
SEMINARIOS PERIODO DE ADAPTAÇÃO	4 5	10	12/03/71	38	1/03/71	OCR	PESQUISADORES NOVOS
ENTRAR EM CONTATO COM EDITORAS	5 20	20	1/03/71	58	29/03/71	78	F. MENDONÇA
ELABORAR ED. PREL. DE TEORIA DE SISTEMAS	5 11	48	1/03/71	86	6/05/71	8	LUIZ-GALDA-EFRAIM
ELABORAR ED. PREL. DE ANALISE DE SISTEMAS	5 10	48	1/03/71	86	6/05/71	8	MELLO-VELLOSO
ELABORAR ED. PREL. DE ENGENHARIA DE SISTEMAS	5 9	51	1/03/71	89	11/05/71	5	AMANCIO-FERUCCIO-MAR
ELABORAR ED. PREL. DE ABORDAGEM DE SISTEMAS	5 6	56	1/03/71	94	18/05/71	OCR	AMANCIO
ELABORAR ED. PREL. DE ESTRUTURAS DE ORGANIZAÇÃO	5 7	56	1/03/71	94	18/05/71	OCR	MELLO-VELLOSO
ELABORAR ED. PREL. DE PLANEJAMENTO E CONTROLE	5 8	56	1/03/71	94	18/05/71	OCR	DELFPACCA-COSTA-KAM
INTEGRAR E VALIDAR EDIÇÃO PRELIMINAR	5 12	56	1/03/71	94	18/05/71	OCR	F. MENDONÇA-GRP. MESIS
ZFIC	10 12	0	6/05/71	86	6/05/71	8	Z
ZFIC	11 12	0	6/05/71	86	6/05/71	8	Z
ZFIC	9 12	0	11/05/71	89	11/05/71	5	Z
ZFIC	6 12	0	18/05/71	94	18/05/71	OCR	Z
ZFIC	7 12	0	18/05/71	94	18/05/71	OCR	Z
ZFIC	8 12	0	18/05/71	94	18/05/71	OCR	Z
ELABORAR EDIÇÃO FINAL DE ABORDAGEM DE SISTEMAS	12 13	34	18/05/71	128	5/07/71	4	AMANCIO
ELABORAR EDIÇÃO FINAL DE ENGENHARIA DE SISTEMAS	12 16	35	18/05/71	129	6/07/71	3	AMANCIO-FERUCCIO-MAR
ELABORAR EDIÇÃO FINAL DE ANALISE DE SISTEMAS	12 17	35	18/05/71	129	6/07/71	3	MELLO-VELLOSO

RESPONSÁVEL: PACCA-ANGELA-PORTO



## PROJETO MESIS

DATA DE ATUALIZAÇÃO = 12/05/71

ORDENAÇÃO-DATA INICIO POR DATA TER

DESCRIÇÃO DA ATIVIDADE	EVENTOS INICIAL FINAL	DURAÇÃO	DATA DO INICIO	TERMINO	DATA DO TERMINO	FOLGA TOTAL	ENCARREGADO
ELABORAR EDIÇÃO FINAL DE ESTRUT. DE ORGANIZAÇÃO	12 14	37	18/05/71	131	8/07/71	1	MELLO-VELLOSO
ELABORAR EDIÇÃO FINAL DE PLANEJAMENTO E CONTROLE	12 15	37	18/05/71	131	8/07/71	1	DELFINO-PACCA-COSTA-KAM
ELABORAR EDIÇÃO FINAL DE TEORIA DE SISTEMAS	12 18	38	18/05/71	132	9/07/71	OCR	LUIZ-GALDA-EFRAIM
INTEGRAR E VALIDAR EDIÇÃO FINAL	12 19	0	18/05/71	132	9/07/71	OCR	F. MENDONÇA-GRP. MESIS
ZFIC	13 19	0	5/07/71	128	5/07/71	4	Z
ZFIC	16 19	0	6/07/71	129	6/07/71	3	Z
ZFIC	17 19	0	6/07/71	129	6/07/71	3	Z
ZFIC	14 19	0	8/07/71	131	8/07/71	1	Z
ZFIC	15 19	0	8/07/71	131	8/07/71	1	Z
ZFIC	18 19	0	9/07/71	132	9/07/71	1	Z
ZFIC	19 20	4	9/07/71	136	15/07/71	OCR	F. MENDONÇA-GRP. MESIS
GRUPO EDITORIAL DO FORMATO FINAL	20 21	5	15/07/71	141	22/07/71	15	CNAE
ENVIAR PARA EDITORA	20 22	20	15/07/71	156	12/08/71	OCR	LUIZ ROBERTO
EDITAR O LIVRO INTERNAMENTE	20 22	0	22/07/71	141	22/07/71	15	Z
ZFIC	21 22	0	22/07/71	141	22/07/71	15	Z

RESPONSÁVEL: PACCA-ANGELA-PORTO

PROJETO MESIS

DATA DE ATUALIZAÇÃO = 12/05/71

ORDENAÇÃO-FOLGA POR DATA DO TERMINO

DESCRICAÇÃO DA ATIVIDADE	EVENTOS INICIAL FINAL	DURAÇÃO	DATA DO INICIO	TERMINO	DATA DO TERMINO	FOLGA TOTAL	ENCARREGADO
ZFIC	16 19	0	6/07/71	129	6/07/71	3	Z
ZFIC	17 19	0	6/07/71	129	6/07/71	3	Z
ELABORAR EDIÇÃO FINAL DE ANÁLISE DE SISTEMAS	12 17	35	18/05/71	129	6/07/71	3	MELLO-VELLOSO
ELABORAR EDIÇÃO FINAL DE ABORDAGEM DE SISTEMAS	12 13	34	18/05/71	128	5/07/71	4	AMANCIO
ZFIC	13 19	0	5/07/71	128	5/07/71	4	Z
ELABORAR ED. PREL. DE ENGENHARIA DE SISTEMAS	5 9	51	1/03/71	89	11/05/71	5	AMANCIO-FERUCCIO-MAR
ZFIC	9 12	0	11/05/71	89	11/05/71	5	Z
ELABORAR ED. PREL. DE TEORIA DE SISTEMAS	5 11	48	1/03/71	86	6/05/71	8	LUIZ-GALDA-EFRAIM
ZFIC	10 12	0	6/05/71	86	6/05/71	8	Z
ZFIC	11 12	0	6/05/71	86	6/05/71	8	Z
ELABORAR ED. PREL. DE ANÁLISE DE SISTEMAS	5 10	48	1/03/71	86	6/05/71	8	MELLO-VELLOSO
ENVIAR PARA EDITORA	20 21	5	15/07/71	141	22/07/71	15	CNAE
ZFIC	21 22	0	22/07/71	141	22/07/71	15	Z
ENTRAR EM CONTATO COM EDITORAS	5 20	20	1/03/71	58	29/03/71	78	F. MENDONÇA

RESPONSÁVEL: PACCA-ANGELA-PORTO

TITULO: PROJETO MESIS		Data
GRUPO DE SISTEMAS		Data de Inicio
		Escala 1 - Dia 1 MM
1	PREPARAR PROPOSTA INICIAL DO PROJETO MESIS	10
2	PREPARAR PLANOS DO PROJETO P/ PERIODO DE ADAPTAÇÃO	2
3	ELABORAR TAREFAS DO PERIODO DE ADAPTAÇÃO	10
4	SEMINÁRIOS, PERIODO DE ADAPTAÇÃO	10
2	ELABORAR PLANO INICIAL DO PROJETO MESIS	28
5	ELABORAR ED. PREL. DE ANÁLISE DE SISTEMAS	28
12	ELABORAR EDIÇÃO FINAL DE ANÁLISE DE SISTEMAS	38
5	ELABORAR ED. PREL. DE ANÁLISE DE SISTEMAS	40
12	ELABORAR EDIÇÃO FINAL DE TEORIA DE SISTEMAS	38
5	ELABORAR ED. PREL. DE ENGENHARIA DE SISTEMAS	51
12	ELABORAR EDIÇÃO FINAL DE ENGENHARIA DE SISTEMAS	35
5	ELABORAR ED. PREL. DE ABORDAGEM DE SISTEMAS	58
12	ELABORAR EDIÇÃO FINAL DE ABORDAGEM DE SISTEMAS	36
5	ELABORAR ED. PREL. DE ESTRUTURAS DE ORGANIZAÇÃO	58
12	ELABORAR EDIÇÃO FINAL DE ESTRUT. DE ORGANIZAÇÃO	37
5	ELABORAR ED. PREL. DE PLANEJAMENTO E CONTROLE	56
12	ELABORAR EDIÇÃO FINAL DE PLANEJAMENTO E CONTROLE	37
5	INTEGRAR E VALIDAR EDIÇÃO PRELIMINAR	58
12	INTEGRAR E VALIDAR EDIÇÃO FINAL	38
19	GRUPO EDITORIAL DO FORMATO FINAL	4
5	ENTRAR EM CONTATO COM EDITORAS	20
20	ENVIAR PARA EDITORA	5
20	EDITAR O LIVRO INTERNAMENTE	20
F	ENCARREGADO	
2	GRUPO DE SISTEMAS	
3	GRUPO DE SISTEMAS	
4	GRUPO DE SISTEMAS	
5	PESQUISADORES NOVOS	
6	GRUPO DE SISTEMAS	
10	MELLO-VELLOSO	
17	MELLO-VELLOSO	
11	LUIZ-GALDA-EFFRAIM	
18	LUIZ-GALDA-EFFRAIM	
9	AMANCIO-FERUCCIO-MAR	
16	AMANCIO-FERUCCIO	
6	AMANCIO	
13	AMANCIO	
7	MELLO-VELLOSO	
14	MELLO-VELLOSO	
8	DEL-FACCA-COSTA-KAMOI	
15	DEL-FACCA-COSTA-KAMOI	
12	F. MENDONÇA-GRUPO MESIS	
19	F. MENDONÇA-GRUPO MESIS	
20	F. MENDONÇA-GRUPO MESIS	
20	F. MENDONÇA	
21	CNAE	
22	LUIZ ROBERTO	

## UMA POSSÍVEL DINÂMICA NUM PROJETO

### 5.2.3.5.0 – Fases da utilização dos métodos num projeto

Tanto no PERT como no CPM podemos distinguir três fases:

#### 5.2.3.5.1 – Fase de planejamento

#### 5.2.3.5.2 – Fase intermediária

#### 5.2.3.5.3 – Fase de operações

#### 5.2.3.5.1 – Fase de planejamento

Na fase de Planejamento, o primeiro passo é estabelecer os objetivos do Projeto. Logo depois fracionamos o Projeto em atividades de acordo com os métodos ou técnicas a serem utilizadas na execução.

Este grau de fracionamento vai variar de acordo com as conveniências do Projeto ou às limitações de recursos empregados.

Depois de determinadas as atividades parte-se para a montagem da sua rede, obedecendo a uma certa lógica inerente ao próprio gráfico e às amarrações entre as atividades.

Três perguntas para cada tarefa do Projeto definem a sua dependência ou relação com as demais:

- a — Quais atividades devem preceder esta atividade?
- b — Quais atividades devem seguir esta atividade?
- c — Quais atividades podem ser feitas paralelamente com esta atividade?

Após isto, para cada atividade estima-se o seu tempo. O CPM, como veremos, é determinístico (parte de um dado de tempo suposto à priori' como certo) e o PERT é probabilístico (considera três estimativas de tempo e uma distribuição de probabilidades duração das tarefas).

Em seguida processam-se os tempos estimados e chega-se a um Plano que é analisado e revisto se necessário.

Uma vez fixado o plano, aprova-se um Programa de Ação e iniciam-se as operações.

#### 5.2.3.5.2 – Fase intermediária

A fase intermediária consta do estabelecimento e conseqüente aprovação do programa.

#### 5.2.3.5.3 – Fase de operações

A fase de Operações é essencialmente de controle e avaliação de progresso:

De posse de dados relativos às tarefas que estão sendo executadas, preparam-se dados de entrada, em seguida processam-se estes dados, preparam-se relatórios e avalia-se o progresso de uma maneira contínua.

A rede PERT ou CPM nesta fase pode tornar-se completamente diferente da inicial: a avaliação contínua do progresso pode redundar em modificações constantes na rede.

O Diagrama de Fluxo seguinte mostra um esquema das três fases: Planejamento, Intermediária e de Operações.

Observa-se o caráter de avaliação constante dos dois métodos pelos retornos.



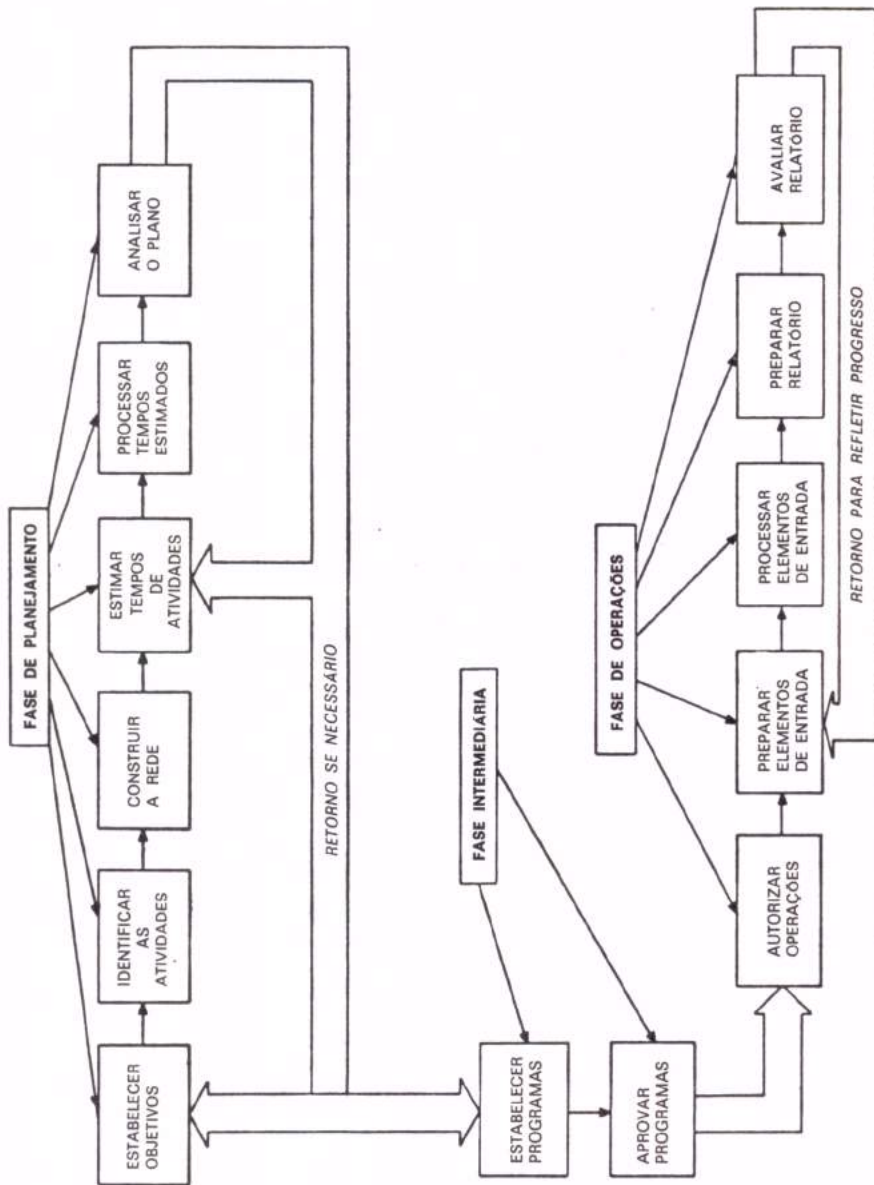


DIAGRAMA REPRESENTATIVO DAS FASES DA UTILIZAÇÃO DOS METODOS NUM PROJETO

## 5.2.4 – Linha de balanço (LOB)

### 5.2.4.1.0 – Introdução

A linha de balanço serve para mostrar ao encarregado de uma determinada produção, em um dia arbitrário, o progresso de cada um dos componentes do complexo produtivo, e caso existam atrasos permitir-lhe tomar decisões que visem regularizá-lo.

A linha de balanço foi criada para processos de produção, sendo depois adaptada também para planejamento e controle de projetos.

Podem parecer estranha a inclusão de uma técnica utilizada no controle de produção em publicação orientada para projetos. Entretanto isso se justifica não só na aplicação em projeto que englobe produção mas, também, pela sua *possível* utilização no planejamento e controle das tarefas específicas de um projeto.

### 5.2.4.2.0 – Aplicações para operações de produção

#### 5.2.4.2.1 – Técnicas

Essencialmente as técnicas que constituem o LOB consistem de:

- 1 – Gráfico de Objetivos
- 2 – Programa ou plano de produção
- 3 – Avaliação do progresso

#### 5.2.3.2.1.1 – Gráfico de objetivos

O primeiro passo no planejamento de uma produção é determinar os seus objetivos, ou seja, determinar para datas pré-fixadas quais as quantidades de unidades de fabricação que deverão ter sido entregues *até aquela data*. É, então, construído um gráfico que chamaremos de gráfico de objetivos (ver exemplo Fig. 5.35).

Assim objetivo da operação de produção é encontrar um planejamento baseado nas entregas acumuladas.

*Consideremos, como exemplo, que uma fábrica de geradores elétricos inicia sua produção em outubro e que no fim de dezembro pretende já ter entregue 50 unidades concluídas. Ainda que sua fabricação seja programada da seguinte maneira:*

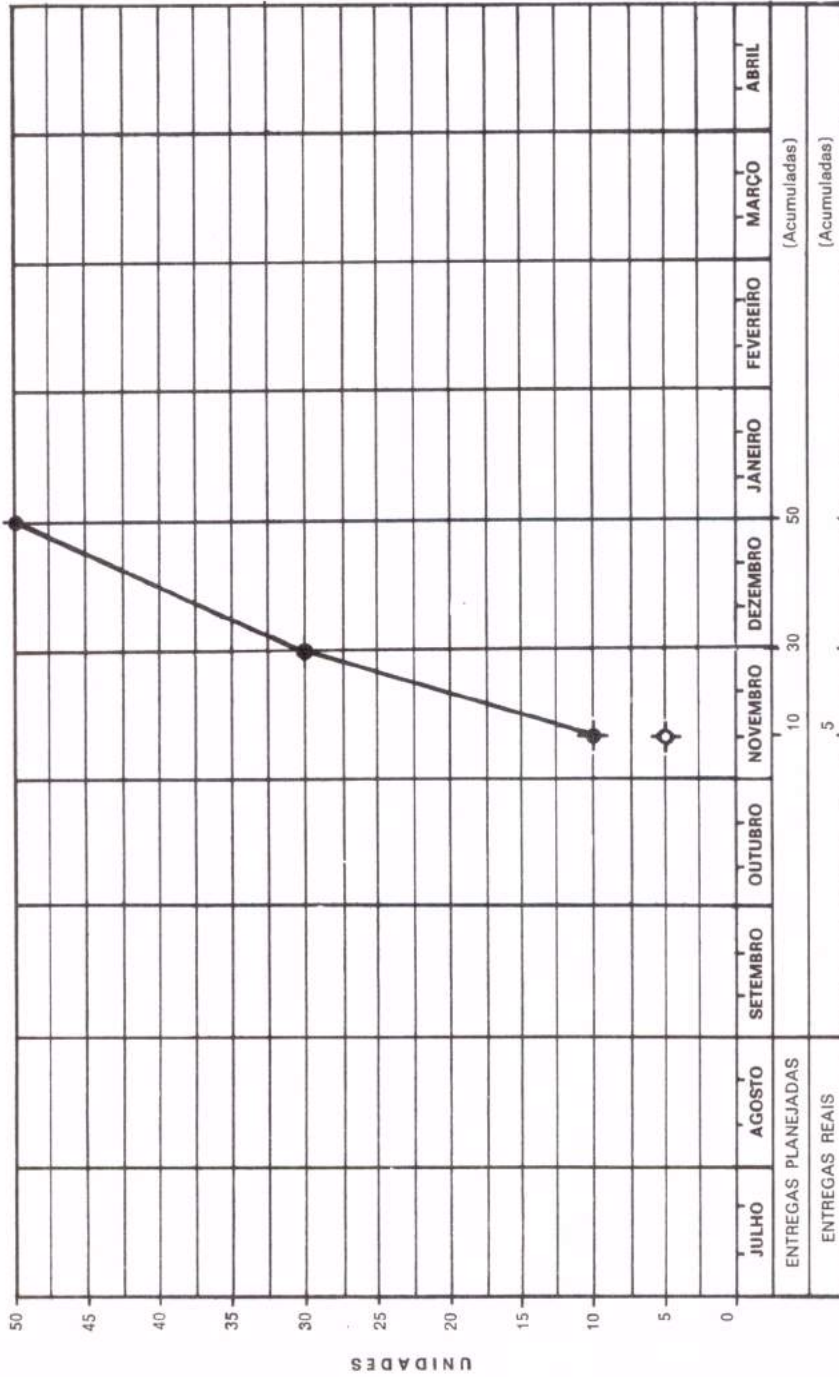
*Até 10 de novembro = 10 unidades  
de 10 a 30 de novembro = 20 unidades  
de 1º a 31 de dezembro = 20 unidades*

*temos então:*

*Entrega acumulada no dia 10 de novembro = 10 unidades.  
Entrega acumulada no fim de novembro = 10 + 20 = 30 unidades.  
Entrega acumulada no fim de dezembro = 20 + 30 = 50 unidades.*

*A figura 5.35 ilustra este objetivo usado no LOB. O gráfico mostra, para determinadas datas, as entregas acumuladas respectivas. Esta determinação é feita pela curva denominada: linha planejada. Podemos também ao longo do processo traçar a linha real, linha esta que representará a entrega que realmente está sendo feita:*

FIG. 5.35 — GRÁFICO DO OBJETIVO



#### 5.2.4.2.1.2 – O plano de produção

O segundo passo é construir o gráfico do plano de produção. O plano de produção, também chamado de programa, apresenta os diversos estágios do processo de produção. Consiste essencialmente no detalhamento dos passos de produção e reunindo as operações seqüências em um esquema lógico dentro do período de tempo correspondente.

Símbolos e convenções de cores podem ser usados para mostrar as diversas fases no processo de produção.

Consideremos o nosso exemplo de uma fábrica de geradores elétricos. Seja a Fig. 5.36 a representação do seu plano de produção.

O tempo é mostrado em dias de trabalho.

#### 5.2.4.2.1.3 – Avaliação do progresso

Para ilustrar o funcionamento do controle, faremos a suposição de que a produção se encontre em processo *já há um mês*. Estamos assim habilitados para avaliar os estados de progresso dos componentes, nos vários estágios do complexo.

A linha de balanço (LOB) é construída através dos seguintes passos:

- 1 — Selecionar no gráfico do Plano de Produção (Fig. 5.36) um ponto de controle particular, por exemplo, o ponto 15.
- 2 — Fazer o inventário das quantidades que passaram até a data de controle, no ponto selecionado.

Os dados são então colocados em um gráfico de progresso conforme ilustra a Figura 5.37. *Por exemplo, suponhamos que o ponto de controle 15, no gráfico, foi escolhido: o inventário revelou que 29 destas unidades estão prontas naquela data. Colocaremos então no gráfico o ponto 15 com um progresso de 29 unidades.*

- 3 — *Do plano de produção determinar o número de dias necessários para completar uma unidade, ou seja, o tempo gasto para uma unidade ir do ponto de controle até o final do plano de produção. No caso do ponto 15 observamos que uma unidade, após passar pelo mesmo, necessita de 27 dias até a conclusão final.*
- 4 — *Usando este número determinar a data que as unidades deveriam estar prontas. Lembrar que só entram na computação dias úteis. Consideremos então que a data em que se está executando o levantamento é 29 de outubro.*

*A data de conclusão seria então:*

*29 de outubro + 27 dias úteis = 8 de dezembro.*

- 5 — *Em seguida, marquemos esta data no gráfico do objetivo Figura 5.35 e determinemos então o número de unidades que deveriam estar concluídas naquela data se a entrega planejada vem sendo executada corretamente.*

*Verificamos então que naquela data deveriam estar prontas 35 unidades.*



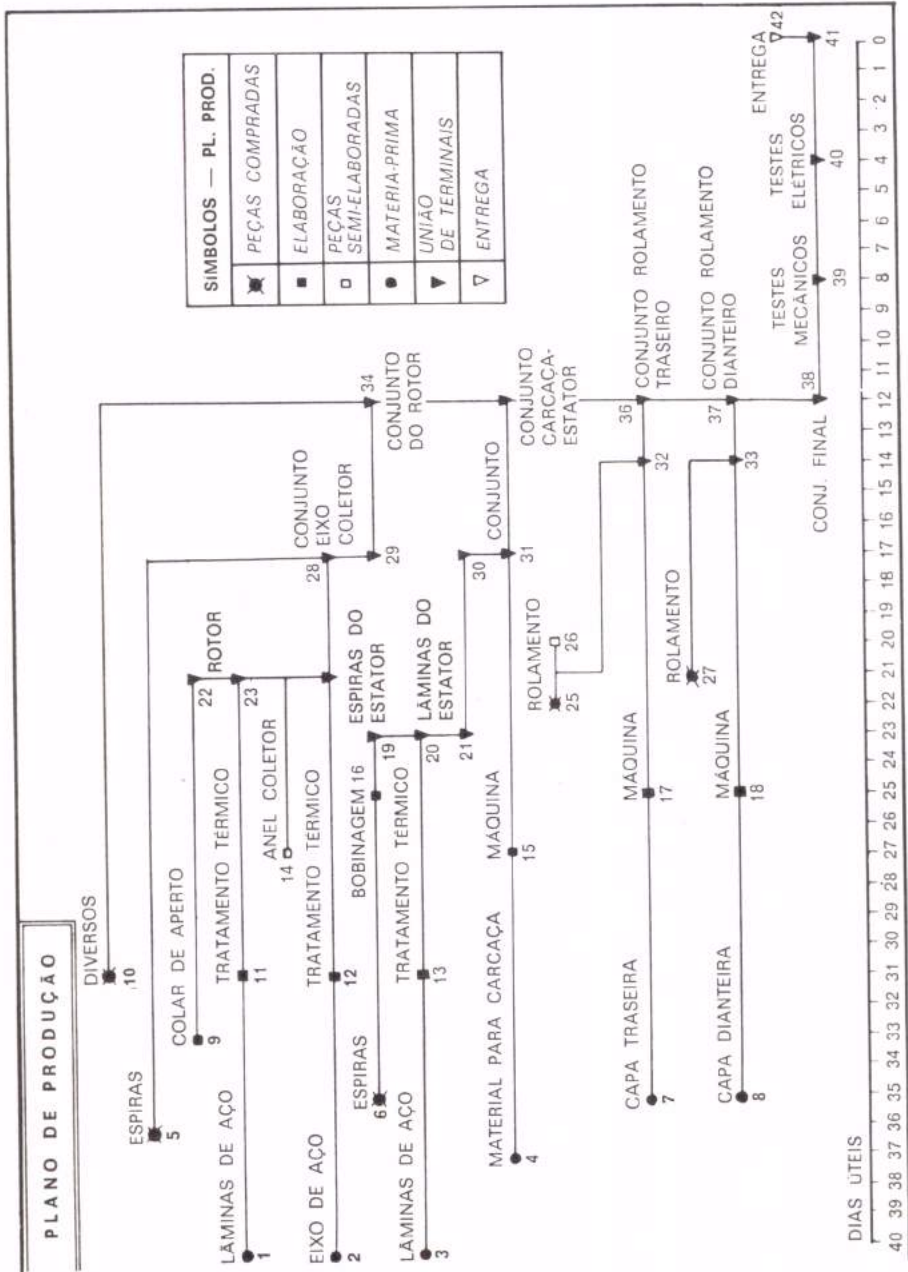
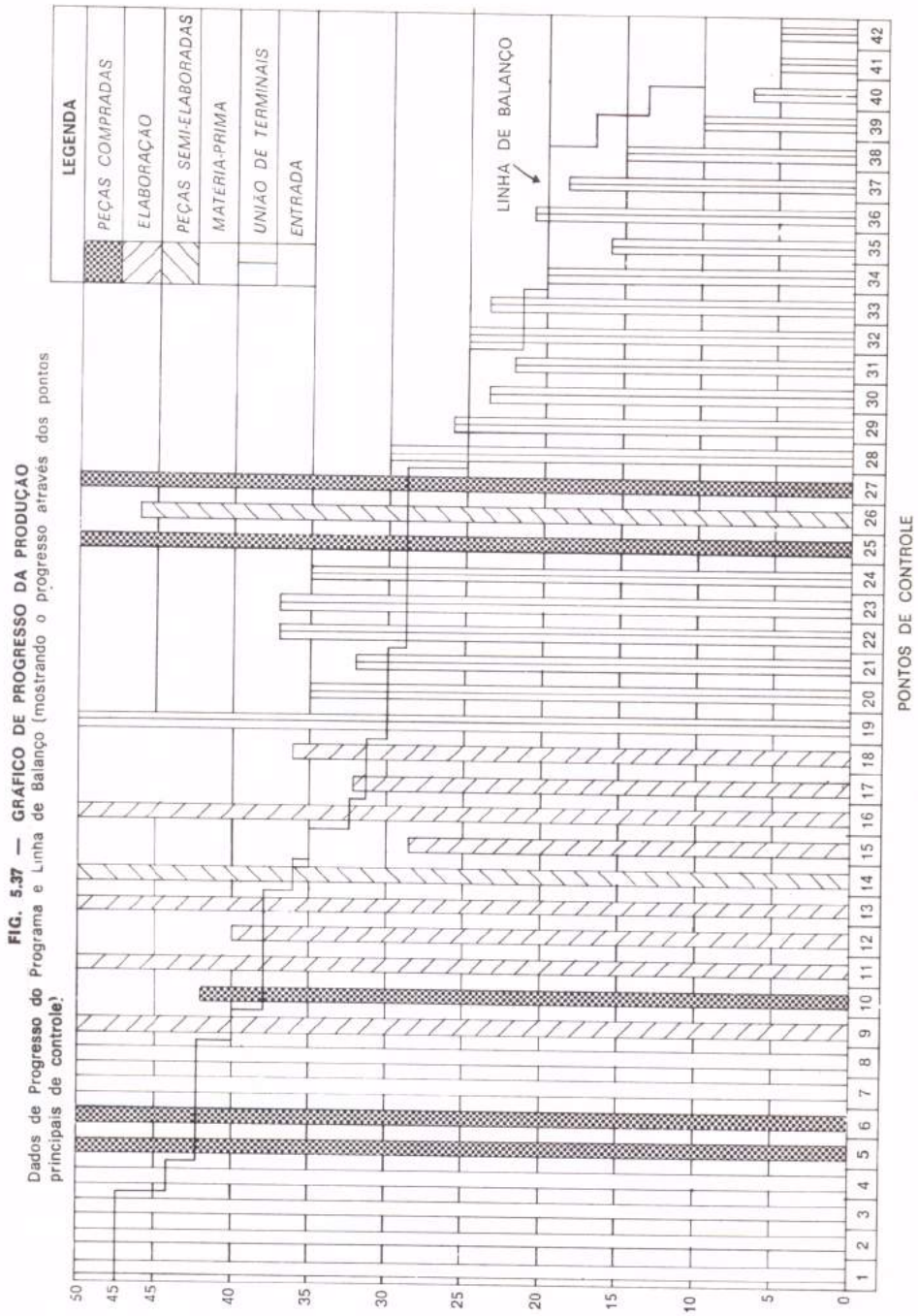


FIG. 5.36 — REPRESENTAÇÃO DE UM PLANO DE PRODUÇÃO DE UMA FÁBRICA DE GERADORES.



6 — No gráfico de progresso da produção sobre a abscissa referente ao ponto 15, e na ordenada correspondente à quantidade que deveria estar pronta, traçar uma linha horizontal dentro do seu limite.

No exemplo, no dia 8 de dezembro, deveríamos ter concluídas 35 unidades. Como no dia do levantamento só tinham passado 29 unidades no ponto 15, isto acarreta que, no máximo, no dia 8 de dezembro, teremos 29 prontas, caso não ocorra nenhum imprevisto nos pontos seguintes.

1 — Repita este procedimento para cada ponto de controle. Ligue em seguida as horizontais traçadas sobre os pontos de controle. A linha resultante é a linha de balanço (LOB).

#### 5.2.4.2.1.4 – Análise da variação

O gráfico do progresso da produção mostra o estado do programa em uma data determinada. Pode então o supervisor determinar como anda o seu progresso real em relação ao planejado. Quando o progresso real é inferior ao planejado, a sua variação pode ser traçada para os pontos individuais de controle.

No exemplo acima descrito, é evidente que sem a ação do supervisor a entrega não poderá ser feita conforme a programação, desde que diversos pontos se encontrem atrasados em relação ao planejado.

Para determinar quais os pontos que realmente estão causando atraso ou estrangulando o programa, devemos observar conjuntamente o gráfico do progresso do programa e o plano de produção.

O gráfico do progresso nos dirá quais os pontos que estão em atraso, e o plano de produção nos mostrará as interligações entre estes pontos.

No nosso exemplo, observamos no gráfico do progresso que os pontos 42, 41, 40, 39, 38, 37, 35, 31, 30 e 15 estão em atraso. Passamos então ao plano de produção e começaremos a procurar as interligações entre estes pontos começando do último e continuando em ordem de precedência.

Observamos de imediato que na última linha do plano de produção os pontos 42, 41, 40, 39 e 38 estão ligados em série. Isto implica dizer que o atraso do 42 depende do 41, e do 41 do 40 e assim por diante, concluindo então que se o 38 está atrasado, implica no atraso dos demais.

O ponto 38, por sua vez, depende dos 34, 35, 36 e 37.

Os pontos 34 e 36 estão dentro do programado; então, provavelmente, o atraso do 38 está sendo causado no 35 ou no 37. Analisemos então os dois: o ponto 37 só depende do 33. O ponto 33 está dentro do programado, então o atraso se verifica no próprio ponto 37. Localizamos assim o primeiro ponto de estrangulamento.

Vejamos agora o ponto 35. Ele depende do ponto 31. Então o 31 é causa do atraso do 35. O ponto 31 por sua vez depende dos pontos 30 e 15 que estão ambos atrasados. O ponto 30 depende do 21 que está em dia, logo o ponto 30 é um ponto de estrangulamento da produção.



*Da mesma forma o ponto 15 depende do ponto 4, estando este em dia, logo o ponto 15 também é um ponto de estrangulamento.*

*Concluimos então que os pontos 15, 30 e 37 são os responsáveis pelo atraso da produção real em relação à planejada.*

*Deverá então o supervisor determinar a causa do atraso nesses pontos e procurar saná-la para que a produção seja atingida.*

### **5.2.4.3 – Aplicações para controle de progresso de projetos**

Embora o LOB tenha sido largamente empregado no início para operações de produção, uma variante desta técnica pode ser usada no controle de progresso de projetos. Neste caso, o controle das quantidades concluídas em um dado ponto de controle não é de importância como na operação produção. Em vez disso o controle do progresso é dirigido sempre para os eventos mais importantes, isto é, a finalização de atividades significativas no processo de desenvolvimento. Em seguida apresentaremos como esta técnica pode ser aplicada a projetos utilizando como exemplo a própria confecção deste manual (Projeto MESIS).

#### **5.2.4.3.1 – Técnicas**

As técnicas aplicadas para controle de progresso são essencialmente as mesmas que foram utilizadas no planejamento e controle da produção, com algumas adaptações. Neste caso teremos gráfico de objetivos, cronograma das tarefas, avaliação do progresso, que serão descritos a seguir.

##### **5.2.4.3.1.1 – Gráfico de objetivos**

Enquanto no processo de produção o controle é feito por meio do número de unidades que passam em cada ponto de controle, no caso de projetos isto é feito observando-se o percentual concluído das atividades.

Mostraremos, a seguir, como se constrói o gráfico de objetivos que inclui dois tipos de curvas: as de objetivos parciais e a curva de objetivos totais. As curvas de objetivos parciais mostram o progresso de cada uma das atividades do projeto, enquanto a curva de objetivos totais indica o progresso global do projeto.

Para construir esse gráfico, precisamos de duas tabelas, cuja operação será descrita a seguir (ver Tabelas V.II e V.III), relativas ao Projeto MESIS.

*A Tabela V.II é construída a partir da listagem da rede PERT (ver 5.2.3.4.3). A Tabela V.III é obtida a partir dos dados da Tabela V.II, da forma como se segue:*

Divide-se a duração total das atividades (soma das durações de todas as atividades, conforme mostrado na Tabela V.II) em períodos iguais, por exemplo, de 10 dias. Em seguida, para cada um desses períodos, calculamos o total de dias empregados em todas as atividades desenvolvidas até o fim do período considerado. Por exemplo, consultando a Tabela V.II, verificamos que durante o 1º período de 10 dias apenas a atividade 1 foi desenvolvida, consumindo um total de 10 dias. No período que vai do 10º ao 19º dias, temos:

Atividade 2.0	—	8 dias
Atividade 1-1.0	—	10 dias
Atividade 3.0	—	2 dias
	—	
SOMA		20 dias

Procedendo de maneira análoga para os demais períodos, construímos a 2ª coluna da Tabela V.III (coluna de dias-atividades necessários).

Na 3ª coluna, somamos os dias-atividades acumulados até o fim do período considerado.

Na 4ª coluna, são apresentados os percentuais acumulados até o período correspondente. Este percentual indica a relação entre os dias-atividades acumulados até o fim do período considerado e a duração total das atividades. No nosso exemplo, para o 1º período, teremos:

$$\text{percentual} = \frac{10}{740} \times 100 = 1,35\%$$

no 2º período, teremos:

$$\text{percentual} = \frac{30}{740} \times 100 = 4,05\%$$

e assim por diante.



TABELA V.II

NÚMERO	ATIVIDADE	DURAÇÃO (DIAS)	INÍCIO	TÉRMINO
1.0	Preparar Proposta Inicial do Projeto	10	0	10
2.0	Preparar Plano do Projeto Período de Adaptação	8	10	18
1.1.0	Elaborar Plano Inicial do Projeto	28	10	38
3.0	Elaborar Tarefas Período de Adaptação	10	18	28
S-1.0	Seminários. Período de Adaptação	10	28	38
CE-1.0	Entrar em contato com Editoras	20	38	58
TS-1.0	Elaborar Edição Preliminar Teoria de Sistemas	48	38	86
AS-1.0	Elaborar Edição Preliminar Análise de Sistemas	48	38	86
ES-1.0	Elaborar Edição Preliminar de Engenharia de Sistemas	51	38	89
AB-1.0	Elaborar Edição Preliminar Abordagem de Sistemas	56	38	94
ES-1.0	Elaborar Edição Preliminar Estruturas de Organização	56	38	94
AB-1.0	Elaborar Edição Preliminar Planejamento e Controle	56	38	94
EO-1.0	Integrar e Validar Edição Preliminar	56	38	94
PC-1.0	Elaborar Edição Final Abordagem de Sistemas	34	94	128
C-0.0	Elaborar Edição Final Engenharia de Sistemas	35	94	129
AB-2.0	Elaborar Edição Final Análise de Sistemas	35	94	129
ES-2.0	Elaborar Edição Final Estruturas de Organização	37	94	131
AS-2.0	Elaborar Edição Final Planejamento e Controle	37	94	131
EO-2.0	Elaborar Edição Final Teoria de Sistemas	38	94	132
PC-2.0	Integrar e Validar Edição Final	38	94	132
TS-2.0	Grupo Editorial dá Formato Final	4	132	136
F-0.0	Enviar para Editora	5	136	141
GE-0.0	Editar o Livro Internamente	20	136	156
F-1				
F-3				
<b>TOTAL</b>		<b>740</b>		

TABELA V.III

PERÍODO DE TEMPO DIA FINAL	DIAS-ATIVIDADES NECESSÁRIOS	DIAS-ATIVIDADES ACUMULADOS	PERCENTUAL DO PLANEJADO E CONCLUÍDO
0	0	0	0,00
10	10	10	1,35
20	20	30	4,05
30	20	50	6,75
40	32	82	11,20
50	80	162	21,85
60	78	240	32,40
70	70	310	41,80
80	70	380	51,20
90	61	441	59,50
100	58	499	67,30
110	70	569	76,60
120	70	639	86,20
130	66	705	95,20
140	18	723	97,50
150	11	734	99,20
160	6	740	100,00

*Passaremos agora a construir o gráfico dos objetivos. O eixo das abscissas representará os dias-atividades. O eixo das ordenadas representará os percentuais. Pelo ponto de percentual 100, traçaremos uma paralela ao eixo das abscissas que representará um eixo de dias-atividades, onde estarão indicados os dias-término das atividades (ver Figura 5.38).*

*Para cada atividade, marcaremos o seu início no eixo das abscissas e o seu término no eixo paralelo ao eixo das abscissas tirado do ponto de percentual 100%. Uma linha reta é traçada entre estes dois pontos, e constitui a chamada curva de objetivos parciais. Esta linha reta assegura que a mesma razão de progresso deverá ocorrer através de cada período de atividade. Se o planejador tem razões para supor que o progresso não se dará sob uma razão constante, a linha poderá então ser traçada com qualquer contorno que ele considere representar corretamente o progresso esperado.*

*Em seguida, utilizando ainda os dados da Tabela V.III, a curva de objetivos totais pode ser construída da seguinte maneira:*

*1. No mesmo gráfico-objetivo, trace abaixo do eixo das abscissas e paralelo a este uma reta que representará os períodos de tempo (no exemplo cada período corresponde a 10 dias).*

*2. No eixo dos percentuais, tomaremos os valores indicados na 4ª coluna da Tabela V.III, para cada período de tempo correspondente, obtendo-se a curva de objetivos totais.*

#### **5.2.4.3.1.2 – Cronogramas de tarefas**

Na parte relativa a cronogramas, descreve-se como o mesmo é elaborado (ver exemplo no subitem 5.2.1).

#### **5.2.4.3.1.3 – Avaliação do progresso**

Existem várias maneiras que procuram indicar o progresso real do projeto, de acordo com a sistemática LOB.

Cada atividade possui uma duração estimada. Suponhamos que, transcorrido um certo período de desenvolvimento de uma atividade, o planejador verifique que o tempo necessário para concluí-la é maior do que faltaria para completá-la, de acordo com o planejado.

Como então calcular a porcentagem já concluída dessa atividade?

Apresentamos duas maneiras normalmente usadas para calculá-la:

$$a) \text{ Percentual concluído} = 100 \left( 1 - \frac{d}{A} \right)$$

onde:  $d$  = tempo necessário para completar uma determinada atividade.  
 $A$  = estimativa atual da duração total da atividade.

Como exemplo, suponhamos que o tempo originalmente requerido para completar a atividade tenha sido de 10 dias, que 8 dias já tenham passado e que a estimativa de tempo para término seja 4 dias, o que dá um novo tempo estimado total de 12 dias para a atividade. Teremos:

$$\text{Percentual concluído} = 100 \left( 1 - \frac{4}{12} \right) = 67\%$$

$$b) \text{ Percentual concluído} = 100 \left( 1 - \frac{d}{A'} \right) = 100 \left( 1 - \frac{4}{10} \right) = 60\%$$

onde:  $d$  = tempo necessário para completar uma determinada atividade.  
 $A'$  = estimativa original da duração total da atividade.

A escolha entre estas duas maneiras dependerá da conveniência do projeto.

As publicações sobre LOB, normalmente, aconselham a segunda maneira. Nos nossos cálculos utilizamos a primeira.

Uma maneira de determinar os estados de progresso do projeto total é somar os tempos estimados necessários para completar cada atividade, a partir da *data de verificação*, e dividir pela soma das durações de todas as atividades do projeto.

Seja  $n$  o nº de atividades do projeto.

Seja  $d = \sum_1^n d_i$  di, a soma dos tempos estimados necessários para

completar cada atividade, a partir da data de verificação.

Seja  $D = \sum_1^n D_i$ , a soma das durações de todas as atividades do projeto.

Assim sendo o percentual não-concluído será:

$$NC = \frac{\sum_1^n d_i}{\sum_1^n D_i} \times 100$$

O percentual concluído será:

$$PC = \left[ 1 - \frac{\sum_1^n d_i}{\sum_1^n D_i} \right] \times 100\%$$

Com esses dados, construímos o gráfico do progresso. Exemplo relativo ao Projeto MESIS é apresentado na Figura 5.39, onde no eixo horizontal são colocados os nomes das atividades e as barras cheias indicam o percentual concluído de cada atividade. A última barra à direita indica o progresso geral do Projeto.

Tomemos como exemplo a atividade ES-2.0, iniciada no 94º dia de execução do projeto. Escolheu-se o 115º dia de desenvolvimento, para verificação do progresso. A atividade já tinha consumido 22 dias. Sua duração total inicialmente planejada era de 35 dias. Verificou-se que a atividade estava se desenvolvendo normalmente e que seria concluída na data planejada no início. Faltavam portanto  $35 - 22 = 13$  dias para concluí-la.

Tinhamos:

$A$  = duração atual (no caso é igual ao planejado = 35 dias) de atividade  
 $d$  = tempo necessário para concluí-la = 13 dias.

$$\text{Percentual concluído: } 100 \left( 1 - \frac{d}{A} \right) = 100 \left( 1 - \frac{13}{35} \right) = 63\%$$

Esse valor é então colocado no gráfico do progresso. A atividade TS-2.0 tinha sido iniciada no 94º dia (inclusive) de execução do projeto. No 115º dia estava portanto com 22 de desenvolvimento. Sua duração inicial prevista era de 38 dias, devendo portanto faltar  $38 - 22 = 16$  para sua conclusão. No entanto verificou-se que ainda seriam necessários 22 dias para concluí-la. Sua estimativa atual de duração total passou a ser 44 dias.

Tivemos portanto:

$A$  = 44 dias (estimativa atual)  
 $d$  = 22 dias.

$$\text{Percentual concluído} = 100 \left( 1 - \frac{d}{A} \right) = 100 \left( 1 - \frac{22}{44} \right) = 50\%$$

Do mesmo modo são obtidos os percentuais concluídos para as outras atividades do projeto.

No exemplo, o total de dias-atividades originalmente estimado foi de 740. No 115º dia de execução do projeto estima-se que 132\* serão necessários para concluí-lo. Então o percentual do projeto total concluído é de:

$$PC = 100 \left( 1 - \frac{132}{740} \right) = 82\%$$

---


$$* \sum_1^n d_i = 132 \text{ e } \sum_1^n D_i = 740$$



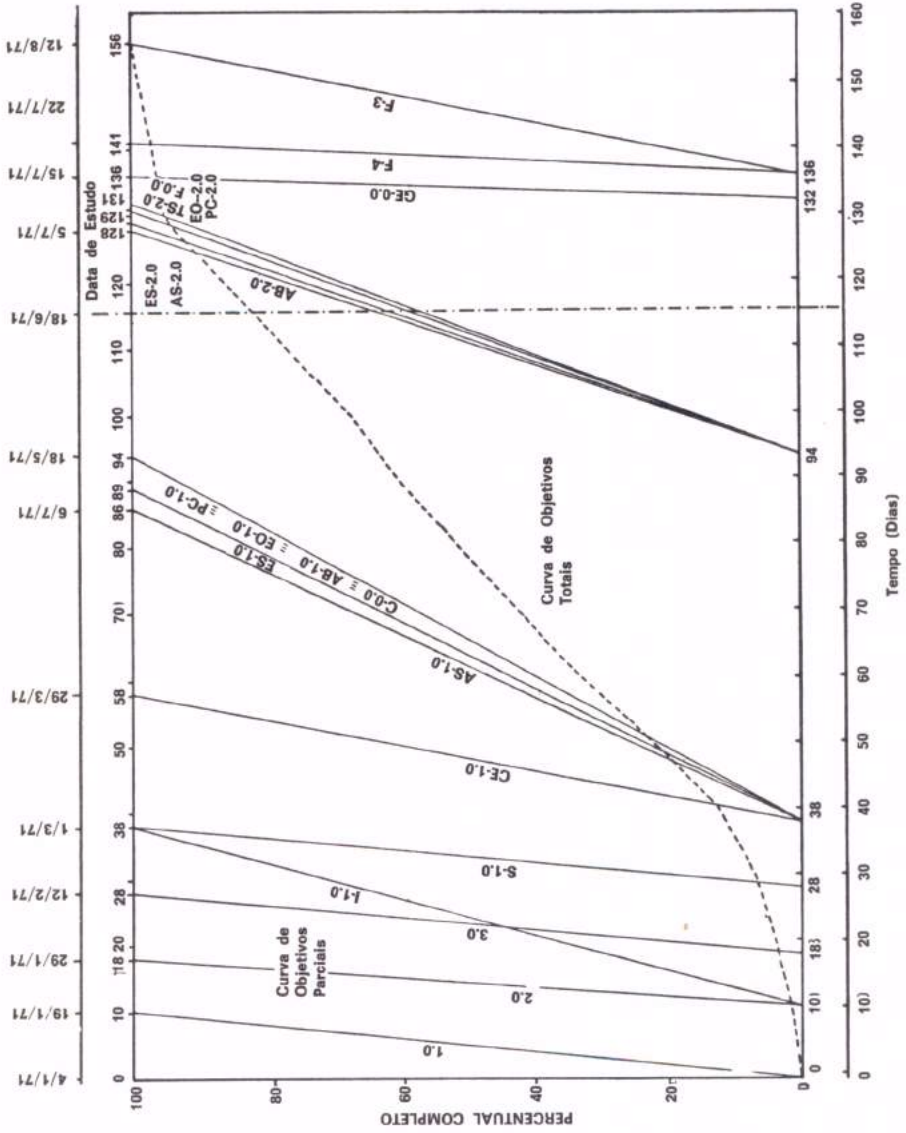


FIG. 5.38 — GRÁFICO DOS OBJETIVOS

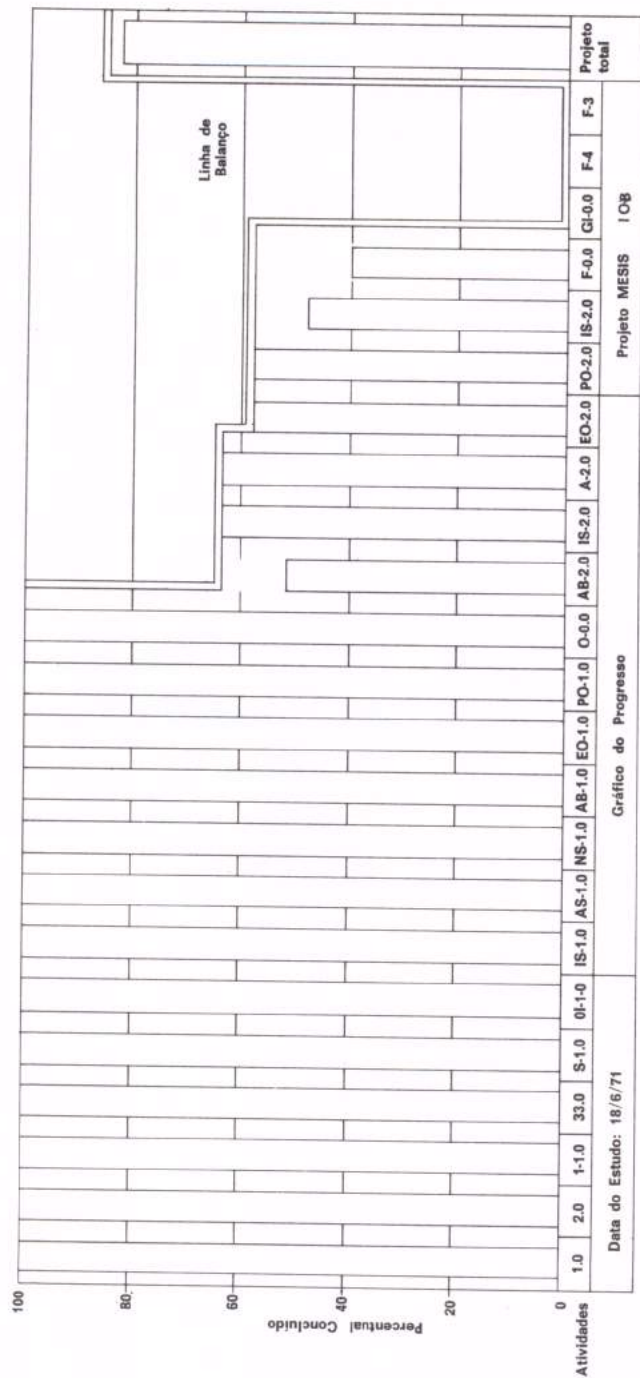


FIG. 5.39 — GRÁFICO DO PROGRESSO

*Embora a técnica LOB não dê qualquer roteiro preciso que sirva de guia para estimar o tempo que falta para conclusão de uma fase qualquer, um método freqüentemente usado consiste em dividir a maior fase em um número de tarefas técnicas e então relacionar o número concluído com o total. Entretanto este método tem a limitação de supor que todas as tarefas são de igual dificuldade. Uma alternativa aceitável é que o supervisor baseado em sua experiência determine o tempo que falta.*

#### **5.2.4.3.1.4 – A linha de balanço (LOB)**

Um passo adicional é necessário para completar a análise do progresso de um programa. Este passo é a conclusão do LOB. Para isso trace uma linha perpendicular às abscissas na data do estudo no gráfico dos objetivos (ver Fig. 5.38). Esta linha deverá interceptar algumas (ou todas) das linhas de objetivos parciais, que indicam a razão de progresso planejado para cada fase. Os pontos de intersecção indicarão o percentual planejado para ser atingido na data considerada, em cada atividade.

As linhas situadas à esquerda da perpendicular, que não forem interceptadas pela mesma, indicam atividades que deverão estar totalmente concluídas na data de estudo. À direita, indicam atividades que não deverão ainda ter sido iniciadas, na mesma data.

Marca-se o valor do percentual planejado no gráfico do progresso, por meio de uma linha horizontal, na coluna correspondente a cada tarefa. Assim o estado real e o estado planejado são mostrados para a data de estudo.

A linha de balanço para uma fase de desenvolvimento não será necessariamente decrescente, como acontecia no plano de produção.

#### **Vantagens**

1. A LOB proporciona ao supervisor uma perfeita técnica para julgar o estado das diversas operações. Mostrando onde estão os 'estrangulamentos' na linha de produção;
2. Descreve bem o estado de progresso de um estágio de produção e pode prever se o programado será ou não cumprido;

#### **Desvantagens**

1. Na técnica aplicada a Controle de Tempo, para se estimar o percentual concluído podemos ser levados a decisões errôneas referentes ao progresso do projeto;
2. Não é capaz de simular cursos alternativos de ação;
3. Não oferece técnica para lidar com incertezas na fase de operação;

4. Consideráveis esforços são desenvolvidos na atualização dos gráficos;
5. Quando mudanças importantes ocorrem no programa o conjunto completo dos gráficos tem que ser redesenhado, isto o torna pouco flexível;
6. Os gráficos necessitam uma freqüente reconstrução, o que consome um tempo considerável;
7. Desvantajoso em controle de progresso, em relação ao diagrama de marcos, onde fazemos o controle produto, sem estimativa, o que dá ao último maior flexibilidade e eficiência (ver 5.2.1).

### 5.2.5 – Lista de itens de ação

Como foi visto em Dinâmica do PCP (Planejamento e Controle de Projeto), “Lista de Itens de Ação” são atividades que não se encontram no planejamento, que visam corrigir atrasos (ou possíveis atrasos) nos diagramas elaborados ou então estabelecer uma nova linha administrativa que não estava definida inicialmente.

Damos a seguir um exemplo de formato de “Lista de Itens de Ação” onde constam:

- N° do Item
- Item de Ação
- Responsável
- Início previsto e real
- Término previsto e real
- Observações



	ITEM DE AÇÃO	RESPONSÁVEL	INÍCIO		TÉRMINO		OBSERVAÇÕES
			PREVISTO	REAL	PREVISTO	REAL	
1	REVER E ENCAMINHAR PARA APROVAÇÃO ESPECIFICAÇÕES DE ASSUNTOS POR CAPÍTULOS	GRUPO MESIS	13-2-71	13-2-71	1-3-71	26-2-71	ITEM COMPLETADO COM ADIANTAMENTO DEVIDO A AJUDA DE CONSULTORIA EXTERNA
2	REVER O ITEM PLANEJAMENTO E CONTROLE	GRUPO MESIS	19-5	19-5	21-5	22-5	ITEM ATRASADO POR INCORPORAÇÃO DO ITEM CONTROLE DE DOCUMENTAÇÃO
3							
4							
5							
6							
7							

FIG. 5.40 — EXEMPLO DE FORMATO DE "LISTA DE ITENS DE AÇÃO"

### 5.2.6 – Lista de eventos-chaves

Dentre os eventos de um projeto existem alguns que chamamos de eventos-chaves.

O não cumprimento desses eventos numa determinada data ou período de tempo causará atraso no tempo planejado ou mesmo determinará a não continuação do projeto.

Estes eventos devem ser listados.

Apresentamos a seguir um possível formato:

N°	EVENTO	DATA	OBSERVAÇÕES
4	Término da Edição Preliminar	15-7-71	Devido ao prazo estipulado para o Projeto MESIS

### 5.2.7 – Lista de problemas-chaves

Trata-se de uma lista que contém os eventos em que ocorrem atrasos ou dificuldades, o problema causador e o número do item da Lista de Itens de Ação que corrigirá a falha.

EXEMPLO DE LISTA DE PROBLEMAS CHAVES

Nº	EVENTO	DATA FINAL	PROBLEMA	ITEM DE AÇÃO CORRETIVO (ver lista de itens)
10	Término da Edição Preliminar de Planejamento e Controle	18/5/71	Algumas partes precisam ser alteradas	Nº 2

## BIBLIOGRAFIA

1. ANTILL, James M.; WOODHEAD, R. W., *CPM aplicado as construções*. Rio de Janeiro, Livros Técnicos e Científicos, 1968.
2. BELCHIOR, Procópio GOMES O., *PERT/CPM: técnica de avaliação, revisão e controle de projetos*. Rio de Janeiro, Edições de Ouro, 1970.
3. CLELAND, David I.; KING, William R., *Systems analysis and project management*. New York, McGraw-Hill, 1968.
4. CLELAND, David I.; KING, William R., *Systems, organizations, analysis, management: a book of readings*. New York, McGraw-Hill, 1969.
5. COMISSÃO NACIONAL DE ATIVIDADES ESPACIAIS, *Banco de dados: estudo preliminar — LAFE-153*. São José dos Campos, CNAE, mar. 1971.
6. COMISSÃO NACIONAL DE ATIVIDADES ESPACIAIS, *sugestões para interação CNAE e INEP no Projeto SACI*. São José dos Campos, CNAE, abr. 1971.
7. COMISSÃO NACIONAL DE ATIVIDADES ESPACIAIS, *Seminário de Engenharia de sistemas — projeto sensores remotos*. São José dos Campos, CNAE, 1971.
8. DOERING, Robert D., *Model for predicting risk in scheduling proposed R & D tasks*. *IEEE transactions on engineering management*. New York, EM-17 (3): 80-92, aug. 1970.
9. FEDERAL ELECTRIC CORPORATION, *PERT/CUSTO: um manual de instrução programada*. São Paulo, Pioneira, 1968.
10. HESS, Geraldo, *NEOPERT: custo, tempo, nivelamento de recursos*. Rio de Janeiro, Forum Editora, 1968.
11. HIRSCHFELD, Henrique, *Planejamento com PERT/CPM*. São Paulo, Atlas, 1969.
12. HOLTZ, J. M., *An Analysis of major scheduling techniques in the defense systems environment*.
13. SADOW, Raymond M., *How PERT was used in managing the X-20 (Dyna-Soar) program*. *IEEE transactions on engineering management*. New York, EM-11 (4): 138-154, dec. 1964.
14. SOBCHAK, Thomas V., *A statistical analysis of the general characteristics of PERT technician*. *IEEE transactions on engineering management*. New York, EM-10 (1): 25-28, mar. 1963.
15. STANGER, Luís B., *PERT/CPM: técnica de planejamento e controle*. Rio de Janeiro, Livro Técnico, 1968.
16. THOMPSON, Robert E., *PERT-tool for R and D project decision making*. *IEEE transaction on engineering management*. New York, EM-9 (3): 116-121, sep. 1962.
17. WALKER, J. D.; HOURY, E., *A comparison of actual and allocated costs for work accomplished using NASA PERT*. *IEEE transaction on engineering management*. New York, EM-12 (3): 93-102, sep. 1965.

### **5.3 – DEFINIÇÃO DO TRABALHO E CONTROLE DE RECURSOS**

#### **Introdução**

Nesse item vamos descrever as tarefas do grupo do PCP relacionadas à definição do Trabalho e Controle de Recursos.

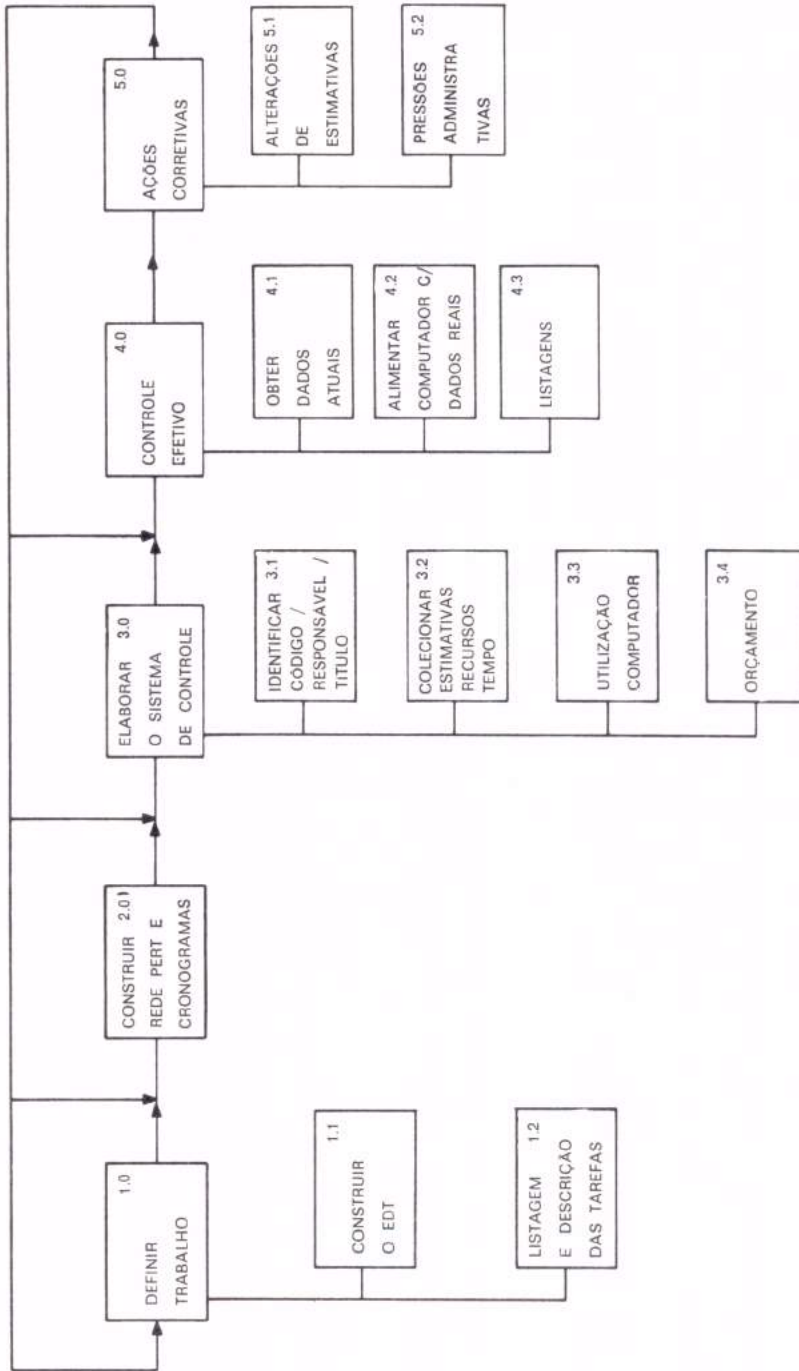
No final da fase de caracterização do Sistema (ou definição do Projeto), como foi visto no Capítulo III — Engenharia de Sistemas — foram preparadas as especificações finais dos subsistemas e componentes do sistema em questão pelo grupo de Engenharia de Sistemas. A partir daí o grupo de Planejamento e Controle prepara a definição do Trabalho, por intermédio da Estrutura de Divisão de Trabalho (EDT), que permite um desdobramento do mesmo até um nível de tarefa à qual podemos associar responsabilidade, tempo e recursos, sendo assim possível de ser administrada.

A Estrutura de Divisão do Trabalho (EDT) não é uma ferramenta de Engenharia de Sistemas, mas um instrumento administrativo de um Projeto. Assim está associada ao organograma do mesmo. Enquanto o Diagrama de Fluxo de Trabalho (DFT) é um mecanismo transitório para se conseguir um melhor entendimento do Sistema, a EDT é uma estrutura estável, utilizada no controle contínuo do projeto. Convém salientar que a EDT contém todo o trabalho do Projeto, permitindo assim o conhecimento do custo total do mesmo, bem como o estabelecimento do PERT definitivo associado às tarefas da mesma. Além disso, permite a visualização das partes subcontratadas.

Sendo a EDT a base para o sistema que vamos construir, passaremos a discuti-la a seguir. A definição do trabalho e o controle de recursos são elaborados a partir da EDT. Segue um diagrama representativo dos passos a seguir na definição do trabalho e do sistema de controle de recursos.



DIAGRAMA REPRESENTATIVO DOS PASSOS A SEGUIR NA DEFINIÇÃO DO TRABALHO E DO SISTEMA DE CONTROLE DE RECURSOS

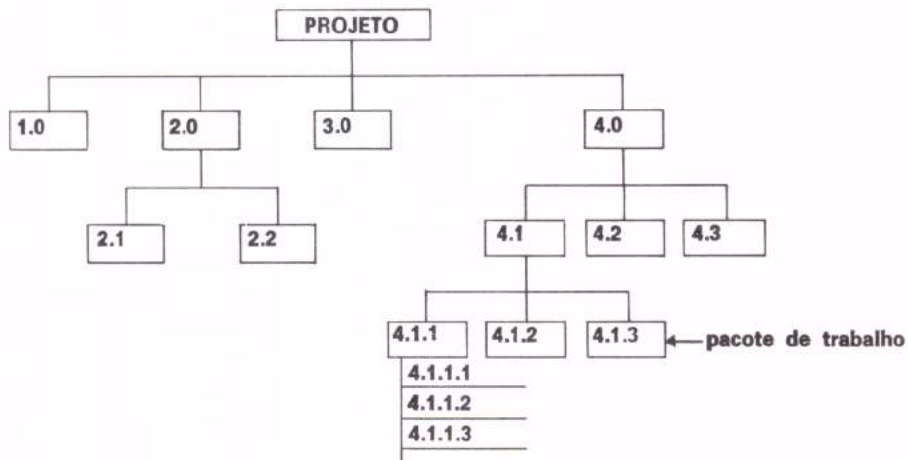


## 1 – Definição do trabalho

### 1.1 – Estrutura da divisão do trabalho (EDT)

É visualizada por meio de um diagrama em forma de árvore, que representa o projeto dividido a partir do topo em níveis sucessivos até um ponto em que o trabalho é passível de ser administrado. A esse nível chamaremos de 'pacote de trabalho', que pode ser constituído por uma ou mais tarefas elementares.<sup>22</sup>

A cada bloco do diagrama podemos associar um número de acordo com o sistema decimal. Na figura seguinte damos o formato da EDT.



A partir do pacote de trabalho representaremos as tarefas elementares em forma de lista como é mostrado na figura anterior.

Para os níveis de EDT podemos convencionar uma nomenclatura de modo a tornar uniforme o vocabulário entre os elementos de um mesmo projeto.

Por exemplo, uma convenção seria:

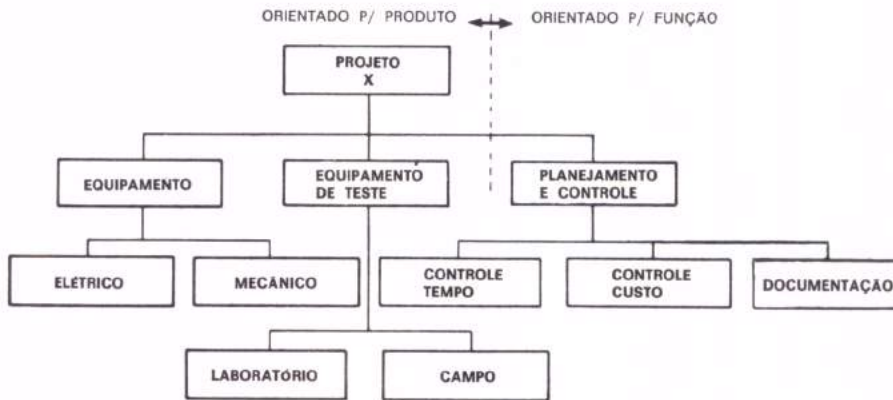
- 1º Nível — Sistema
- 2º Nível — Subsistema
- 3º Nível — Componente
- 4º Nível — Pacote de trabalho
- 5º Nível — Tarefa elementar

Evidentemente, essa nomenclatura se aplica para o caso em que o quarto nível for o pacote de trabalho, como definimos anteriormente.

<sup>22</sup> Tarefa elementar ou tarefa pode ser entendida por uma única atividade, que se confunde com a atividade da rede PERT. (ver Controle de Tempo deste Capítulo).

### Critérios para estabelecimento da estrutura

- Deve abranger todo o trabalho a ser feito no projeto, pois com ela define-se todo o trabalho a ser feito, e estima-se o custo total do projeto.
- Deve permitir atribuição de responsabilidade a cada parcela de trabalho, qualquer que seja o nível, sistema, subsistema, componente, pacote de trabalho e/ou tarefa elementar.
- A escolha de pacote de trabalho deve ser feita de tal forma que facilite a contabilização e controle dos custos.
- A escolha do pacote de trabalho deve ser feita de tal forma que facilite o controle no tempo.
- A estrutura normalmente é orientada para o produto podendo eventualmente ser orientada para a função.  
Segue um exemplo a título de ilustração:



- Deve estar associada a estrutura organizacional do Projeto, pois facilita a atribuição de responsabilidade, e o controle de custo.

### 1.2 – Descrição e listagem das tarefas

Associada a cada bloco da Estrutura de Divisão do Trabalho temos uma folha na qual se procura descrever de maneira inequívoca a tarefa ou tarefas correspondentes. Isso permite uma clara definição do trabalho para o elemento que será responsável pelo bloco em questão.

Além da descrição da tarefa, esta folha deve conter o número do bloco da EDT, o título, responsável e data de emissão.

A descrição deve conter, se for o caso, as quantidades de itens associados a cada bloco, pois isto tem uma influência decisiva na quantidade de trabalho a ser realizado.

Convém lembrar que o responsável que consta nesta folha de descrição da tarefa não é necessariamente o responsável direto pela execução da mesma. Frequentemente este último poderá ser um subcontratante. O que consta na folha é o responsável, perante o Gerente do Projeto, pelo controle da execução da tarefa.

Segue, a título de ilustração, uma possível tarefa relacionada a um projeto de TV Educativa.

## DESCRIÇÃO DE TAREFA DO PROJETO

EDT n. 1.2	Responsável: José	Data: 10/09/72
Título: <i>Testes nos receptores de TV das Salas de Aula</i>		
<b>DESCRIÇÃO DA TAREFA</b>		
<i>Preparar plano de tarefa; preparar especificações para a aplicação de testes de TV em salas de aula de São Paulo. Com uma classe-padrão de 30 estudantes. Avaliar efetividade dos vários tamanhos de tela de TV e do brilho sobre o aprendizado; preparar relatório do teste (100 cópias) e distribuir para as agências (lista a ser elaborada).</i>		
NOTA 1: <i>Textos e Material didático a serem providenciados pela tarefa 1.3</i>		
NOTA 2: <i>Trabalho a ser executado pelo INEP do MEC</i>		

A listagem das tarefas consiste na apresentação do número de cada bloco de EDT em seu respectivo título em forma de lista.

### Fases na preparação de EDT

Inicialmente prepara-se uma EDT na forma preliminar bem como a descrição das tarefas associadas a cada bloco.

A partir daí verifica-se se a estrutura abrange todo o trabalho, e se os pacotes de trabalhos estão escolhidos de maneira a permitir uma melhor forma de serem administrados. Após uma ou mais revisões chega-se à EDT definitiva, com as respectivas descrições finais das tarefas.

Como exemplo daremos o Projeto MESIS. A seguir temos a árvore, as listagens das tarefas e a descrição das mesmas.





EXEMPLO DE  
LISTAGEM DAS TAREFAS

ME — PROJETO MESIS

ME 1.0 — GERÊNCIA DO PROJETO

ME 1.1 — Planejamento e Controle do Projeto

- ME 1.1.1 — Orçamento
- ME 1.1.2 — Relatórios
- ME 1.1.3 — Computação
- ME 1.1.4 — Documentação

ME 1.2 — Viagens

ME 2.0 — ENGENHARIA DE SISTEMAS

ME 2.1 — Integrações

- ME 2.1.1 — Preliminar
- ME 2.1.2 — Final

ME 2.2 — Definições

- ME 2.2.1 — Elaborar Proposta
- ME 2.2.2 — Plano para Período de Adaptação
- ME 2.2.3 — Plano Inicial

ME 2.3 — Interfaces

ME 3.0 — SUPORTE

ME 4.0 — CAPÍTULOS

- ME 4.1 — Abordagem de Sistemas
- ME 4.2 — Estrutura de Organização
- ME 4.3 — Planejamento e Controle

- ME 4.3.1 — Dinâmica
- ME 4.3.2 — Tempo
- ME 4.3.3 — Definição do Trabalho e Controle de Recursos
  - ME 4.3.3.1 — Definição do Trabalho
  - ME 4.3.3.2 — Controle de Recursos
- ME 4.3.4 — Documentação
- ME 4.3.5 — Técnico

- ME 4.4 — Análises de Sistemas
- ME 4.5 — Engenharia de Sistemas

- ME 4.5.1 — Dinâmica
- ME 4.5.2 — Técnicas

ME 4.6 — Teoria de Sistemas

## EXEMPLO DE DESCRIÇÃO DAS TAREFAS

### ME 1.0 — GERÊNCIA DO PROJETO

*Esta fase inclui todos os esforços necessários ao gerenciamento do projeto: planejamento e controle dos aspectos administrativos.*

### ME 1.1 — PLANEJAMENTO E CONTROLE DO PROJETO

*Inclui os esforços para o planejamento do tempo, custo, alocação dos recursos bem como a integração, considerando-se as limitações existentes, envolve a confecção da rede PERT, cronogramas, diagramas de marcos, sistemas de planejamento e controle de recursos e definições do trabalho.*

*Também inclui os esforços para a medida dos resultados, controle e correções do planejamento.*

### ME 1.1.1 — ORÇAMENTO

*Gastos relativos ao estabelecimento das previsões de gasto, feitos no início do projeto.*

### ME 1.1.2 — RELATÓRIOS

*Inclui os esforços para a confecção dos relatórios e gráficos mensais e ocasionais de acompanhamento do projeto, gastos pelo PCP.*

### ME 1.1.3 — COMPUTAÇÃO

*Gastos relativos à utilização do computador para a confecção das redes PERT, cronogramas, do sistema de custos do projeto, bem como relativos às atualizações e revisões dos mesmos.*

### ME 1.1.4 — DOCUMENTAÇÃO

*Inclui todos os esforços de planejamento, execução do sistema de arquivo administrativo do projeto.*

*Inclui arquivamento de todos os formatos dos orçamentos, dos gráficos e relatórios ao projeto e também da documentação.*

### ME 1.2 — VIAGENS

*Gastos de viagem de inspeção e orientação ao pessoal do projeto feitos pela gerência. Também inclui viagens para coleta de dados relativos ao projeto.*

## ME 2.0 — ENGENHARIA DE SISTEMAS

*Nesta fase incluímos todos os esforços de planejamento, coordenação e controle dos aspectos técnicos do projeto.*

*Estabelece os objetivos, os critérios para a elaboração dos capítulos do manual, bem como análise, realimentações a fim de promover o atingimento dos objetivos dentro dos requisitos.*

*Também promove interfaces com o pessoal e com os contratantes.*

### ME 2.1 — INTEGRAÇÃO

*Inclui os gastos realizados com os seminários e esforços para revisões, integrações, realimentações, correções, orientações técnicas.*

#### ME 2.1.1 — PRELIMINAR

*Após a fase de elaboração preliminar dos capítulos, serão feitas integrações, revisões, correções e reorientações. Haverá um seminário, nesta fase.*

#### ME 2.1.2 — FINAL

*Idem à tarefa anterior, exceto que é após a elaboração final dos capítulos.*

### ME 2.2 — DEFINIÇÕES

*Inclui os esforços para a definição do projeto, dos requisitos, das especificações e árvore de especificações.*

#### ME 2.2.1 — ELABORAR PROPOSTA

*Proposta inicial do Projeto MESIS para ser submetida à aprovação.*

#### ME 2.2.2 — PLANO PARA ADAPTAÇÃO

*Elaboração do plano destinado aos pesquisadores novos para o período de adaptação.*

*Envolve a determinação das tarefas, escolha dos responsáveis, dos executantes.*

#### ME 2.2.3 — PLANO INICIAL

*Elaboração do plano após as realimentações do período de adaptação, para o prosseguimento e conclusão do Projeto MESIS.*

### ME 2.3 — INTERFACES

*Inclui todos os esforços de interfaces do grupo de Engenharia de*

*Sistemas com o pessoal e com subcontratantes do projeto.*

### **ME 3.0 — SUPORTE**

*Envolve todos os serviços de secretaria, facilidades, cópias, impressões internas e externas de textos relacionados com o projeto, inclusive as impressões finais do manual.*

### **ME 4.0 — CAPÍTULOS**

*Envolve os gastos relativos a pessoal para elaboração dos capítulos do manual.*

*A fase 'capítulos' está subdividida de acordo com os capítulos do manual.*

#### **2.0 – Construir rede PERT e cronogramas**

Neste ponto então podemos elaborar uma rede PERT das tarefas da EDT. Esse será o PERT definitivo do Projeto, pois contém todo o trabalho a ser feito. Temos do PERT-CPM as folgas no tempo, os inícios mais cedo e mais tarde, os terminos mais cedo e mais tarde, o caminho crítico que determina a duração do projeto. Além disso a partir do PERT-CPM construímos *para cada pacote* de trabalho um diagrama de marcos (Formato 4, Adendo 1 deste Capítulo, p.251). O conjunto desses diagramas de marcos constituem o cronograma das tarefas do projeto e que será usado no PCP para o controle do mesmo.

Exemplo da rede, das listagens do PERT-CPM e dos Cronogramas, pode ser visto respectivamente nas páginas.

#### **3 – Planejar o sistema de controle**

A elaboração do sistema de controle será desenvolvida sobre os conceitos anteriormente definidos. Identificaremos um código para cada tarefa, pacote de trabalho, componente, subsistema e sistema da estrutura. Associaremos então estimativas de recursos e tempo às tarefas elementares, podendo então obter o orçamento.

##### **3.1 – Identificar códigos**

Utiliza-se um código associado às tarefas ou tarefa de cada bloco da estrutura. Essa codificação auxilia a utilização do computador para estimar os custos e controlar.

*Um exemplo de padronização seria:*

ME	4	3	3	01
----	---	---	---	----



Neste exemplo estamos usando 4 níveis: ME representa o projeto, o número 4 o sistema, 3 subsistema, 3 pacote de trabalho, e 01 as tarefas; esses números devem obedecer a uma numeração decimal dentro da árvore.

No exemplo do Projeto MESIS temos:

ME 1.0 — Gerência  
ME 2.0 — Engenharia de Sistemas  
ME 3.0 — Apoio  
ME 4.0 — Capítulo

### 3.2 – Colecionar as estimativas

Para colecionar as estimativas dos recursos usa-se uma folha (ver Formato 3 Adendo 1 deste Capítulo), a qual será enviada aos responsáveis para serem preenchidas. Incluímos a estimativa do tempo, isto é, a elaboração de um diagrama de marcos dos pacotes de trabalho (ver Formato 4 no Adendo 1 deste Capítulo).

As estimativas dos recursos são feitas por períodos para cada tarefa elementar. Estes períodos serão em número de treze, que eventualmente poderão ser meses, quinzena, semana, etc., de acordo com o tempo total do projeto. Se por exemplo existir mais de treze períodos acumulam-se os últimos no 13º, pois a partir daí a precisão já é pequena. Quando já se passaram 8 períodos ou mais faz-se nova estimativa, e se essa estimativa não abranger todos os períodos do projeto teremos que desdobrar de novo o 13º período em outros e assim por diante.

Portanto em cada período uma tarefa elementar necessitará de alguns recursos. Esses recursos podem ser:

- a) Pessoal, em homens por período
- b) Material, compra de consumo e permanente do período
- c) Viagens, do período
- d) Equipamentos, utilização de equipamento por período

Sendo os recursos disponíveis para a realização das tarefas limitadas, há necessidade de uma alocação ótima, visando o nivelamento dos mesmos durante o tempo de execução do projeto. Essa alocação poderá determinar o tempo total do projeto quando os recursos existentes são fixados, ou poderá determinar os recursos quando o tempo for constante.

Uma maneira de se fazer a alocação seria utilizando as folgas da rede PERT-CPM, construída anteriormente. Quando o deslocamento das tarefas nestas folgas não for suficiente, deve-se então aumentar a duração total do projeto ou aumentar a disponibilidade desse recurso.

Podemos ver isso no exemplo a seguir, onde fazemos a alocação de recursos para o Projeto MESIS. Neste exemplo levaremos em conta somente o recurso 'pessoal'.



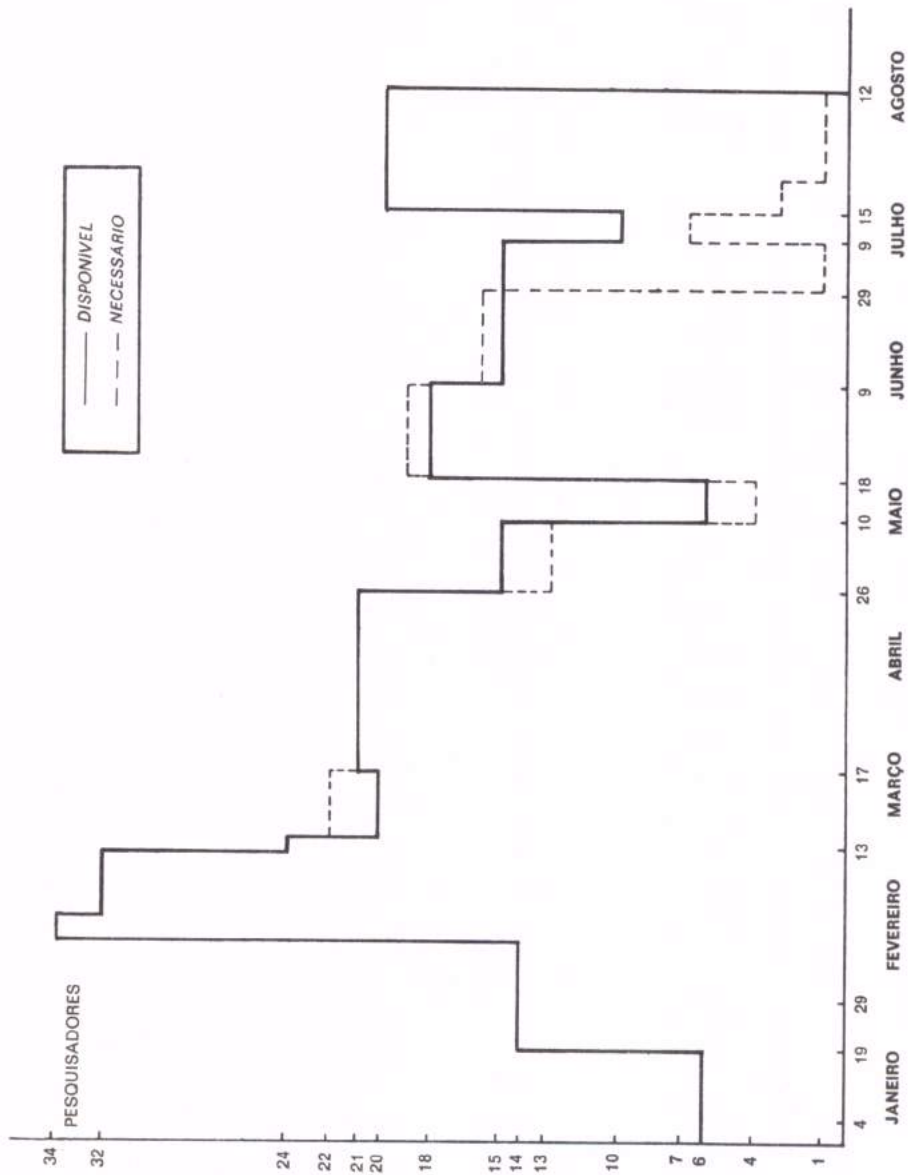
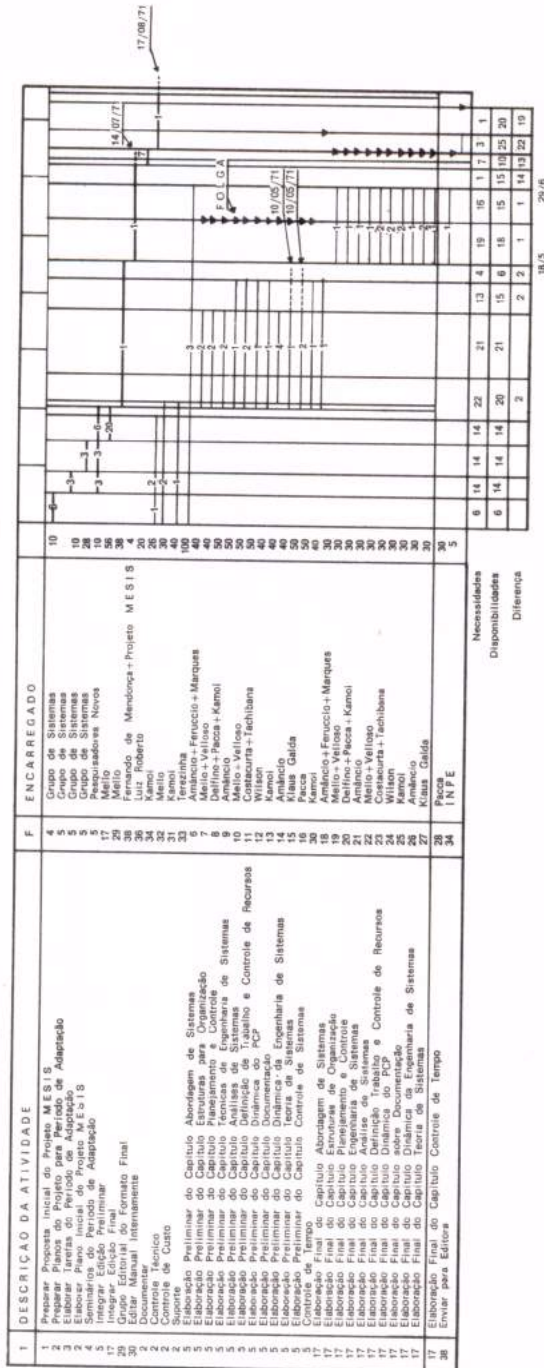


FIG. 5.41 — DISPONIBILIDADE/NECESSIDADE DE MÃO-DE-OBRA

FIG. 5.42 — CRONOGRAMAS DE BARRAS



### Exemplo de alocação de recursos<sup>33</sup>

Examinando a Fig. 5.41 e o cronograma de barras Fig. 5.42 (subproduto do PERT-CPM) seguintes, vemos que entre os dias 3.3.71 e 17.3.71 (14 dias) observa-se que as necessidades excedem de 2 pessoas as nossas disponibilidades. Escolhemos duas atividades neste intervalo de tempo que tenham folga maior que 14 dias (duração total do intervalo). As atividades (vide cronograma) 5-13, 5-14 possuem folga de 14 dias. Levando em conta que no intervalo de 25.4.71 a 11.5.71 temos uma sobra de dois pesquisadores. Podemos deslocar as tarefas acima de 14 dias. Assim isso não influirá no término final do projeto.

Quando esse processo não for viável, por exemplo, no intervalo 18.5.71 a 29.6.71 temos falta de um pesquisador. Poderíamos pegar as tarefas não-críticas deste período e aumentar sua duração até o fim de suas folgas. Desta maneira diminuiremos o número de pesquisadores por dia. Passariam de 1 a 0,8 e de 2 a 1,8. Se mesmo assim a soma das necessidades for mais que a disponibilidade, teremos então que aumentar o tempo de duração do projeto até uma data tal que a soma das necessidades dos recursos seja igual à das disponibilidades (ver cronograma).

Com os recursos nivelados dentro dos limites da disponibilidade e o tempo determinado, pode-se aí fazer a transformação dos recursos em custos, facilitando o controle.

### 3.3 – Utilização

Com as estimativas de cada tarefa, por período, alimenta-se o computador, e este nos elabora o orçamento, por sistema e por período, o gráfico dos custos por período, etc.<sup>34</sup> Estes custos estimados ficarão na 'biblioteca' do computador, para futura utilização, quando compararmos os custos real e o estimado.

### 3.4 – Orçamento

Quando a utilização do computador não for fácil, pode-se computar o orçamento manualmente.

Obtidas as estimativas, começa-se a elaboração do mesmo. Quando as saídas pelo computador forem bem elaboradas basta colecioná-las e arquivá-las. Caso contrário utilizaremos um formato (ver Adendo 1 Formato 6), que contém:

- a) Identificação
- b) Descrição das tarefas
- c) Estimativas
- d) Gastos atuais
- e) Diagrama de Marcos
- f) Observações importantes (no verso)
- g) Totais estimados por período (mês) e totais acumulados

<sup>33</sup> Existem programas de computadores que aceitam 100 tarefas, 6 projetos e 60 recursos simultâneos.  
<sup>34</sup> Ver exemplo do programa e saídas no Adendo 2 (fim deste Capítulo) utilizando o Projeto MESIS.

O orçamento é feito somente nos 2 primeiros períodos. Os que excederem serão estimados globalmente no 13º.

Após transcorridos os 12 meses, será feito o detalhamento para os 12 meses seguintes. Dessa forma nós introduzimos o detalhamento por etapas pois temos dificuldades para estimar períodos distantes com precisão. Além do mais já teremos uma idéia mais precisa de como os custos, baseados nas tarefas realizadas, se comportarão no futuro.

No formato considerado sintetizamos todas as informações para o futuro controle da tarefa. Isto possibilita minimizar o tempo do controlador pois terá acesso a todas as informações de maneira rápida e simples.

Os diagramas de marcos prevêm o início e término da tarefa, bem como o seu início e término real. Pode ocorrer que por alguma causa uma dada atividade não seja iniciada ou terminada na data prevista. Esta defasagem das estimativas implica na realocação de recursos no tempo.

No verso da folha colocaremos alterações significativas das estimativas, explicações dos desvios, etc. Temos assim um histórico resumido dos andamentos do projeto em cada período.

#### **4. - Controle**

Depois que a tarefa estiver sendo executada, tem-se a necessidade de um controle do custo o qual inclui a obtenção dos dados reais a alimentação do computador com esses dados, listagens, gráficos e comparações entre o custo estimado e o realizado. Neste ponto há necessidade de montar gráficos precisos que dêem informação suficiente para o controle, facilitando a visualização por parte do gerente do projeto. O controle pode ser feito por computador ou não (ver Adendo 1, Formato 1), mostrando custo acumulado por período, o saldo em caixa nos períodos e sua deficiência quando fizermos o controle. Mostra também o custo estimado e o custo real que são plotados em cada período, dando a variação nestes intervalos. Existem vários gráficos na literatura. Cada organização deve procurar escolher um mais conveniente às suas atividades.

O controle do tempo será pelo Diagrama de Marcos de cada pacote de trabalho.

##### **4.1 - Obter dados reais**

O responsável pela tarefa vai informar o PCP dos gastos realizados durante o mês e os respectivos comprovantes. Para isso usa-se o mesmo formato da coleta de estimativas.

##### **4.2 - Alimentar o computador com dados reais**

Recebidos os dados reais, passamos a dar entrada dos mesmos no computador a fim de que ele faça comparações com os custos estimados.



### 4.3 – Listagem

O programa em computador nos dará a listagem dos custos reais, desvios e custo acumulado no período em que está sendo feito o controle. (ver Adendo 2, saída do programa).

Poderá dar também os gráficos que mostram os desvios ocorridos.

### 5. – Ações corretivas

Com base nas listagens acima são realizadas reuniões mensais onde são tomadas as ações corretivas.

Quando houver explicações plausíveis de estimativas inadequadas será feita nova estimativa de gasto, baseada nos custos reais do período passado (ver Formato 5, no Adendo 1), porém sempre tendo em mente que explicações objetivas deverão ser feitas e formalizadas nas observações do Formato do orçamento, para se ter um histórico do trabalho. Com estas reestimativas realimenta-se o computador armazenando-as para as novas comparações com os custos reais do período seguinte.

Assim estaríamos todos empenhados em atingir o objetivo com máxima efetividade, e procurando sempre através de um processo interativo maximizar a utilização dos recursos disponíveis, principalmente de pessoal.

E' de fundamental importância esse controle e as tomadas de providências para melhorarmos o curso de ação. E' a própria filosofia do planejamento e controle, porém por vezes constitui pontos de atritos quando não houver suficiente esclarecimento de ambas as partes, PCP e pessoal.

Uma forma adequada de pressão no sentido de fazer o trabalho dentro dos padrões é promover seminários periódicos para que o pessoal possa explicar o andamento do seu trabalho.

O dirigente do seminário poderá estimular o grupo a uma participação efetiva forçando o pesquisador indiretamente a apresentar um trabalho utilizando a pressão social.

### Conclusão

Para sintetizar e dar a idéia geral do que foi descrito, utilizaremos a Fig. 5.43 que é o fluxo de informação requerido para definir o trabalho e o sistema de controle de recursos.

Como alicerce primeiramente construímos a EDT (listagem e descrição, rede PERT das tarefas, cronogramas). Na figura vemos que com a listagem, descrição, estrutura e a ajuda do responsável de cada tarefa definimos o trabalho.

Com as estimativas dos recursos, cronogramas, listagem do PERT, faz-se a alocação dos recursos. Neste ponto transformamos os recursos em custos e com a aprovação do gerente manda-se executar as tarefas (o trabalho já foi definido), e alimenta-se o computador com os dados estimados, que são armazenados.



Depois de passado um período de execução, colhem-se os dados reais e alimenta-se o computador, que nos dá os desvios das estimativas e constrói gráficos pelo plotter.

Baseado nestas saídas os gerentes podem pressionar os responsáveis ou alterar as estimativas, que por sua vez podem acarretar mudanças na rede PERT, e talvez uma nova alocação, começando um novo ciclo ou continuando aquele com devidas correções, até que outro período seja completado, colhendo novos dados reais, e o ciclo é repetido até a conclusão do projeto.

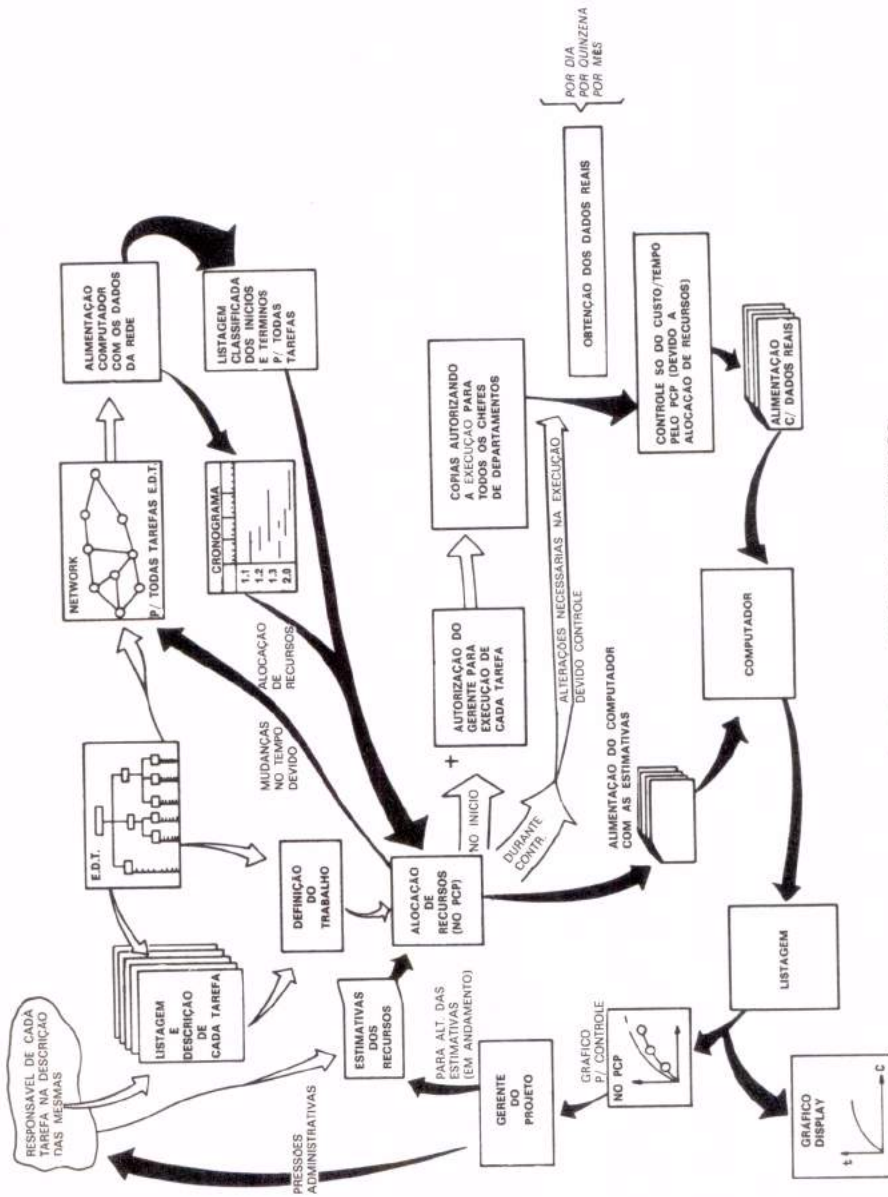


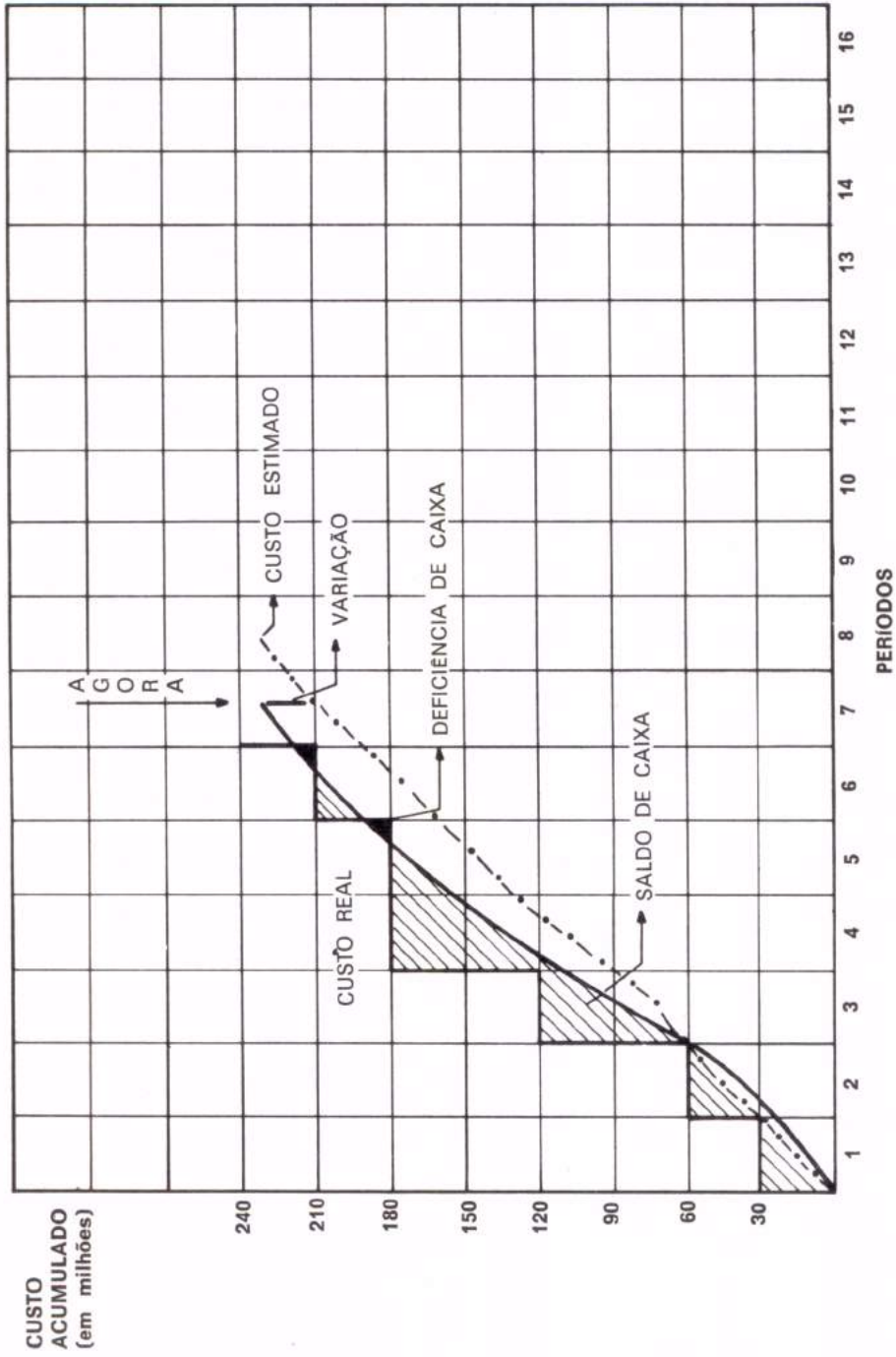
FIG. 5.43 — FLUXO DE INFORMACAO

#### **5.4 – NOTAS COMPLEMENTARES**

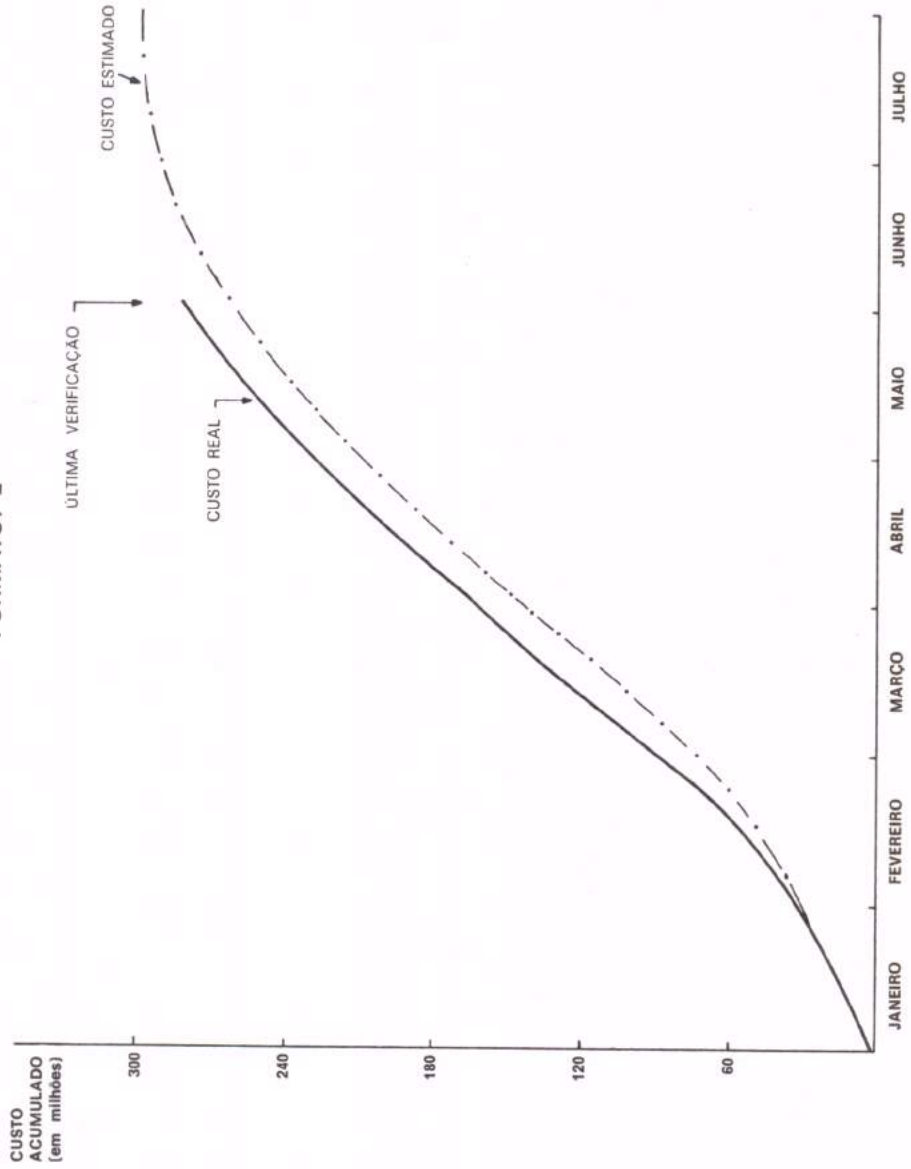
##### *ADENDO 1*

Aqui damos exemplos de gráficos e formatos citados no Capítulo V.

FORMATO: 1



FORMATO: 2





FORMATO: 3

<b>DESCRICÃO</b>	
<b>ME 4.4.3.01</b>	
<b>TÍTULO</b>	
<b>RESPONSÁVEL: COSTACURTA</b>	
<b>DATA: 25.4.71</b>	
<b>ASSINATURA DO PROPONENTE:</b>	
<b>APROVADO POR:</b>	
<b>FOLHA DE ESTIMATIVA</b>	
<b>PERÍODO</b>	
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	
11	
12	
13	
<b>TOTAL:</b>	

FORMATO: 4

<b>TÍTULO: RESPONSÁVEL: DATA: ASSINATURA DO PROPONENTE: APROVADO POR: FOLHA DE ESTIMATIVA DO TEMPO: CRONOGRAMAS</b>	<b>OBSERVAÇÕES</b>
<b>TAREFAS ELEMENTARES</b>	<b>ESCALA DE TEMPO</b>

- △ INICIO PREVISTO
- ▲ INICIO REAL
- ▽ TÉRMINO PREVISTO
- ▼ TÉRMINO REAL

FORMATO: 5

<p><b>Nº ME 4.4.3.01</b>  <b>TÍTULO: RECURSOS</b>  <b>RESPONSÁVEL: COSTACURTA</b>  <b>DATA: 25.4.71</b>  <b>ASSINATURA DO PROPONENTE:</b>  <b>APROVADO POR:</b>  <b>FOLHA DE ALTERAÇÃO</b>  <b>DE ESTIMATIVAS</b></p>		<b>PROPÓSITO DA ALTERAÇÃO E RAZÕES</b>												
		<b>COMENTÁRIOS</b>												
<b>PERÍODO</b>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
<b>TOTAL</b>														

FORMATO: 6

ME 4.3.3.01 TÍTULO: RECURSOS RESPONSÁVEL: COSTACURTA DATA: 25.4.71 ORÇAMENTO DA TAREFA		DESCRIÇÃO													
▲ INÍCIO PREVISTO ▲ INÍCIO REAL ▼ TÉRMINO PREVISTO ▼ TÉRMINO REAL		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
GASTOS	TOTAL														

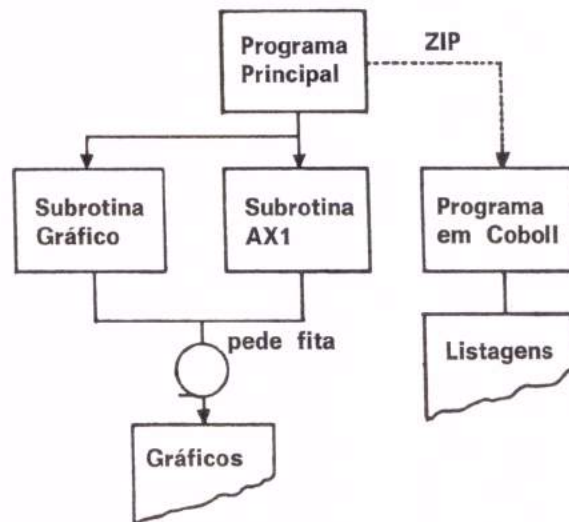
## 5.5 – PROGRAMA DE COMPUTADOR

### ADENDO 2

#### Introdução

Este programa já foi referenciado anteriormente junto com as suas saídas, e tem por objetivo calcular o orçamento do projeto, a partir das estimativas de cada tarefa. O computador guarda estes dados para fazer comparações com os dados reais quando iniciar o controle do custo.

O programa mencionado é composto de duas partes: uma em linguagem Fortran IV (programa principal) que faz os cálculos e uma em Coboll que imprime as saídas (ver figura abaixo).



O programa em Coboll, além de fazer as saídas, calcula os custos por fase em cada período e total, pois nesta linguagem a ordenação dos arquivos pode ser feita pelo mesmo compilador com mais facilidade.

O Diagrama de Blocos do Programa pode ser visto a seguir.





### Listagem e gráficos

As listagens e gráficos aqui apresentados são o mínimo que deve ser feito. Baseado nelas podem-se obter inúmeras saídas em Plotter e várias listagens, por exemplo, gráfico acumulado dos custos estimados, ver formato: 2, listagens dos desvios dos custos dos sistemas.<sup>35</sup>

Os gráficos são dois: um só do custo estimado por período, o outro mostra o custo estimado, ou reestimado e o custo real em cada período, mostrando o desvio entre os dois. O exemplo mostra quase a realidade no Projeto MESIS.

As listagens que podemos ver à frente estão divididas em: *Listagens estimadas*: custo estimado das tarefas por período e total, custo total estimado, custo total por período estimado, custo de cada fase ou sistema do projeto.

*Listagens reais*: custo real das tarefas por período, desvio do custo (positivo quando é maior, negativo caso contrário), acumulado que dá na última linha o custo total do período.

Temos também a maneira como os arquivos estão montados em disco, os quais servirão quando na elaboração de novas saídas. Logo após temos a listagem dos programas.

<sup>35</sup> Nas listagens do programa, onde estiver fase entenda-se por sistema.

GRÁFICO PELO PLOTTER DOS CUSTOS ESTIMADOS E REAIS

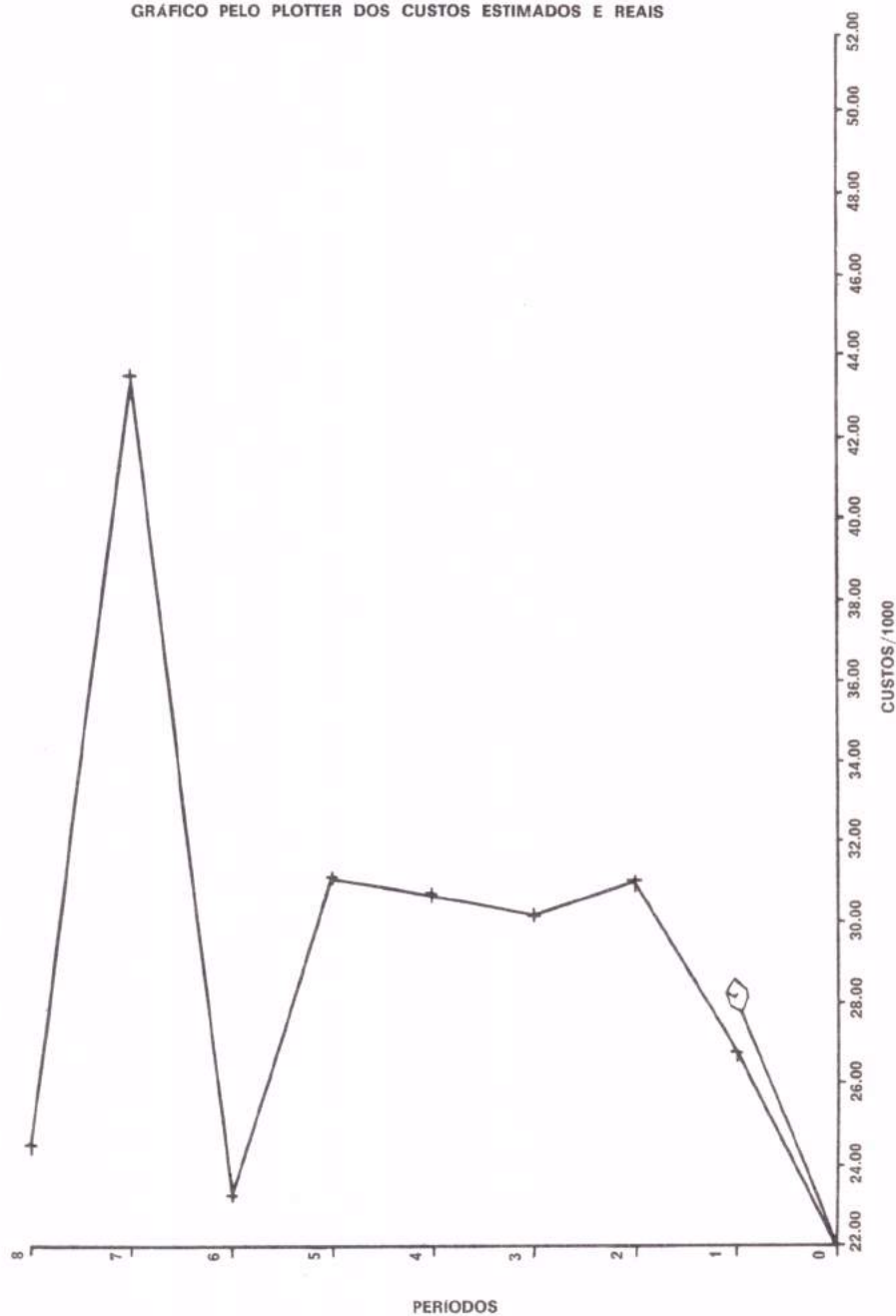
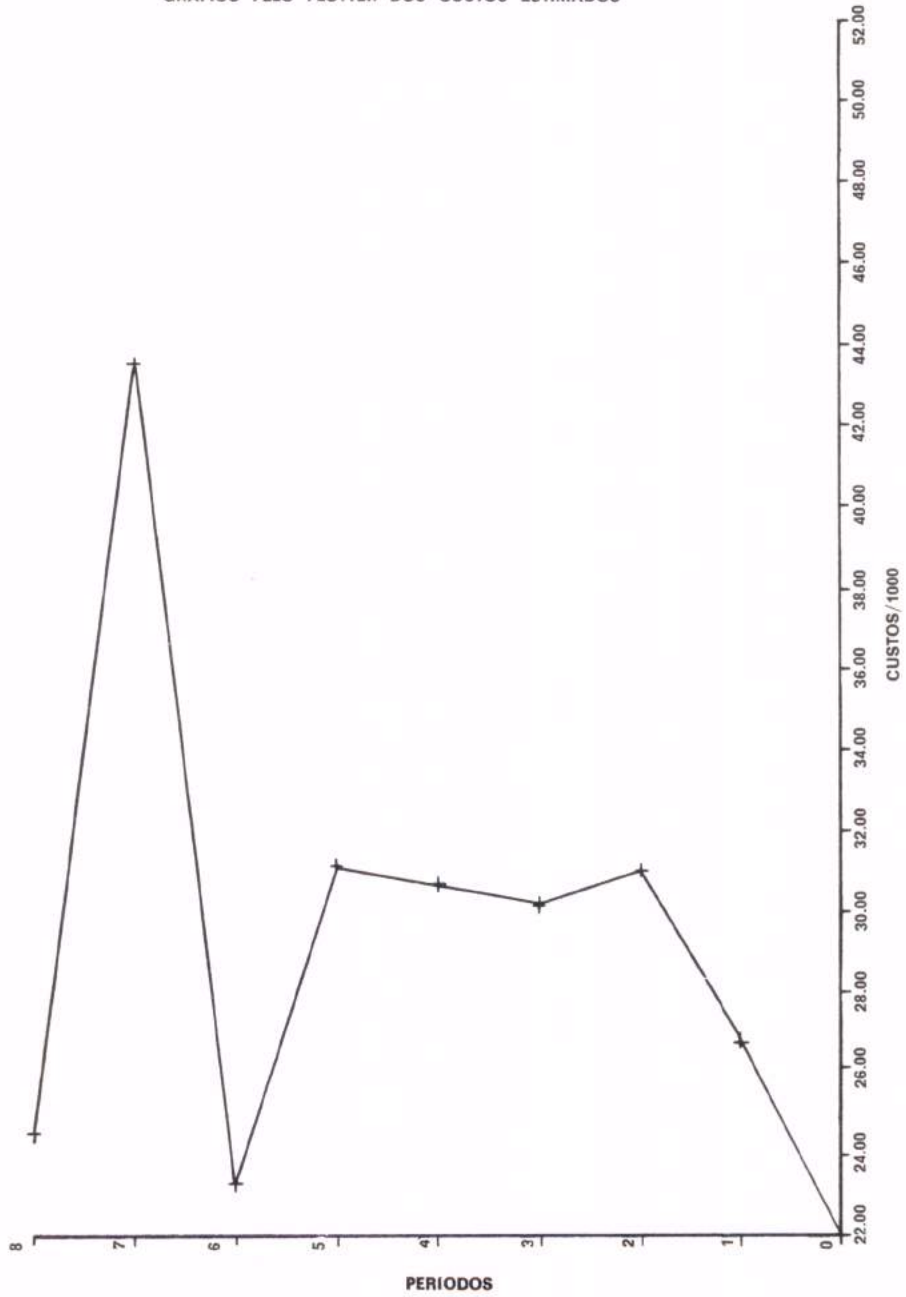


GRÁFICO PELO PLOTTER DOS CUSTOS ESTIMADOS



INPE — NÚCLEO DE ANÁLISE DE SISTEMAS — CONTROLE DE CUSTO DE PROJETOS — CUSTO ESTIMADO DAS ETAPAS POR PERÍODO E TOTAL

DATA DE ATUALIZAÇÃO = 21/7/71

TAREFAS	INÍCIO MAIS CEDO	DURAÇÃO	CUSTO POR PERÍODOS DAS TAREFAS													CUSTO TOTAL			
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13				
ME410 0	1/3/71	202	.00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	1,00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	11,00
ME420 0	1/3/71	202	.00	3,00	2,00	2,00	2,00	2,00	1,00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	12,00
ME431 0	1/3/71	202	.00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	1,00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	11,00
ME432 0	1/3/71	202	.00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	1,00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	11,00
ME433 1	1/3/71	202	.00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	1,00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	11,00
ME433 2	1/3/71	202	.00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	1,00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	11,00
ME434 0	1/3/71	202	.00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	1,00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	11,00
ME435 0	1/3/71	202	.00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	1,00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	11,00
ME111 0	19/1/71	28	4,00	.50	.50	.50	.50	.50	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	6,50
ME112 0	5/2/71	210	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	6,00
ME113 0	5/2/71	210	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	8,00
ME114 0	5/2/71	210	.50	.50	.50	.50	.50	.50	.50	.50	.50	.50	.50	.50	.50	.50	.50	.50	4,00
ME230 0	4/1/71	210	1,80	1,50	1,20	1,20	1,30	1,00	3,00	3,00	3,00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	14,00
ME300 0	4/1/71	240	1,50	1,50	3,00	2,50	2,80	2,80	21,00	1,00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	36,10
ME211 0	1/3/71	94	.00	3,00	3,50	3,00	4,00	.25	5,00	7,50	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	26,25
ME212 0	18/5/71	132	.00	3,00	3,50	3,00	4,00	.25	5,00	7,50	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	26,25
ME120 0	5/2/71	210	2,00	.00	.00	2,00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	8,00
ME221 0	4/1/71	10	5,00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	5,00
ME222 0	19/1/71	18	5,00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	5,00
ME223 0	19/1/71	38	5,00	2,00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	7,00



INPE — NÚCLEO DE ANÁLISE DE SISTEMAS — CONTROLE DE CUSTO DE PROJETOS — CUSTO ESTIMADO DAS TAREFAS POR PERÍODO E TOTAL

DATA DE ATUALIZAÇÃO = 21/7/71

PROJETO MESIS

CUSTO TOTAL POR PERÍODO ESTIMADO

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
26,80	31,00	30,20	30,70	31,10	23,30	43,50	24,50	,00	,00	,00	,00	,00

CUSTO TOTAL DO PROJETO = 241,10

RESPONSÁVEL:

INPE — NÚCLEO DE ANÁLISE DE SISTEMAS — CONTROLE DE CUSTO DE PROJETOS — ESTIMATIVAS DE CUSTO ELABORADAS

DATA DE ATUALIZAÇÃO = 21/7/71

PROJETO MESIS

CUSTO DA FASE 1 POR PERÍODOS

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
0008,50	0003,00	0003,00	0005,00	0003,00	0003,00	0001,50	0005,50	0000,00	0000,00	0000,00	0000,00	0000,00

CUSTO TOTAL DA FASE 1 = 0032,50

INPE — NÚCLEO DE ANÁLISE DE SISTEMAS — CONTROLE DE CUSTO DE PROJETOS — ESTIMATIVAS DE CUSTO ELABORADAS

DATA DE ATUALIZAÇÃO = 21/7/71

PROJETO MESIS

CUSTO DA FASE 2 POR PERÍODOS

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
0016,80	0009,50	0008,20	0007,20	0009,30	0001,50	0013,00	0018,00	0000,00	0000,00	0000,00	0000,00	0000,00

CUSTO TOTAL DA FASE 2 = 0083,50

INPE — NÚCLEO DE ANÁLISE DE SISTEMAS — CONTROLE DE CUSTO DE PROJETOS — ESTIMATIVAS DE CUSTO ELABORADAS

DATA DE ATUALIZAÇÃO = 21/7/71

PROJETO MESIS

CUSTO DA FASE 3 POR PERÍODOS

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
0001,50	0001,50	0003,00	0002,50	0002,80	0002,80	0021,00	0001,00	0000,00	0000,00	0000,00	0000,00	0000,00
<b>CUSTO TOTAL DA FASE 3 = 0036,10</b>												

## INPE — NÚCLEO DE ANÁLISE DE SISTEMAS — CONTROLE DE CUSTO DE PROJETOS — ESTIMATIVAS DE CUSTO ELABORADAS

DATA DE ATUALIZAÇÃO = 21/7/71

## PROJETO MESIS

## CUSTO DA FASE 4 POR PERÍODOS

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
0000,00	0017,00	0016,00	0016,00	0016,00	0016,00	0008,00	0000,00	0000,00	0000,00	0000,00	0000,00	0000,00

CUSTO TOTAL DA FASE 4 = 0089,00

RESPONSÁVEL:



INPE — NÚCLEO DE ANÁLISE DE SISTEMAS — CONTROLE DE CUSTO DE PROJETOS — CUSTO REAL DAS TAREFAS POR PERÍODO

DATA DE ATUALIZAÇÃO = 21/7/71

TAREFAS	PERÍODO	INÍCIO MAIS CEDO	DURAÇÃO	CUSTO DA TAREFA NO PERÍODO 1	DESVIO DO CUSTO	ACUMULADO
ME300 0	1	4/1/71	240	1,54	2,67	1,57
ME230 0	1	4/1/71	210	1,62	1,11	3,36
ME223 0	1	19/1/71	38	5,10	2,00	8,46
ME222 0	1	19/1/71	18	4,98	,40	13,44
ME221 0	1	4/1/71	10	5,00	,00	18,44
ME120 0	1	5/2/71	210	2,20	10,00	20,64
ME114 0	1	5/2/71	210	,54	8,00	21,18
ME113 0	1	5/2/71	210	1,00	,00	22,18
ME112 0	1	5/2/71	210	1,50	50,00	23,18
ME111 0	1	19/1/71	28	4,25	6,25	27,93

RESPONSÁVEL:

**INPE — NUCLEO DE ANALISE DE SISTEMAS — CONTROLE DE CUSTO DE PROJETOS — CUSTO REAL ELABORADO**

DATA DE ATUALIZAÇÃO = 22/7/71

**PROJETO ME**

CUSTO TOTAL DA FASE 1 = 0009,49

**PROJETO ME**

CUSTO TOTAL DA FASE 2 = 0016,90

**PROJETO ME**

CUSTO TOTAL DA FASE 3 = 0001,54

RESPONSÁVEL:

## BIBLIOGRAFIA

1. ATAS do I Simpósio brasileiro de pesquisa operacional e suas aplicações, vol. 2. São José dos Campos, ITA, 1968.
2. GENERAL ELECTRIC, *Standart task structuring manual*. Philadelphia, G.E.
3. LAMBOURN, S., *Resource allocation and multi project scheduling (RAMPS) — a new tool in planning and control*. *The computer Journal*. London, 5 (4): 300-304, jan. 1963.
4. MARTINO, R. L., *Project management and control, vol. 2: Applied operational planning*. New York, American management association, 1964.
5. MORDER; PHILLIP, *Project management with CPM and PERT*. New York, Reinhold, 1964.
6. MUTH, John F.; THOMPSON, G. L., *Industrial Scheduling*. New Jersey, Prentice-Hall, 1963.

## **5.6 – DOCUMENTAÇÃO E ARQUIVO**

### **5.6.1 – Introdução**

É sabido que um Sistema de Documentação e Arquivo deve ser particular a cada tipo de atividade, porque, se um método é válido para uma empresa, pode ser desastroso para outra.

Então, a finalidade deste item é apresentar uma técnica ou método utilizado em atividades orientadas para projetos, dentro da chamada Abordagem de Sistemas para Administração de Projetos. Entende-se por esta Abordagem uma metodologia pela qual, conhecido o problema, estabelecem-se os seus objetivos e em seguida analisam-se as soluções alternativas para o mesmo, definindo-se portanto uma série de procedimentos para uma análise e posterior síntese da solução preferida.

Assim, desde que grande parte dos procedimentos que caracterizam esse processo da abordagem está baseada em dados e informações, quanto mais precisas forem estas informações e quanto mais rápido puderem ser obtidas, mais facilitado será o trabalho do pessoal envolvido.

A idéia é chegar a uma rotina de serviços que possibilite um fluxo rápido e eficiente dessas informações, e essa deve ser a preocupação constante do Grupo de Planejamento e Controle do Projeto (PCP), já que este estará inteiramente envolvido na dinâmica do projeto.

É apresentado aqui o método utilizado na Biblioteca Departamental do Projeto SACI, que trata da documentação de consulta e pesquisa, e o método de arquivamento e serviços de rotina da Secretaria do Núcleo de Análise de Sistemas.

### **5.6.2 – Finalidades do sistema de documentação e arquivo**

#### **5.6.2.1 – Sistema de documentação**

Um dos aspectos importantes do Sistema de Documentação é aquele que reflete as necessidades do usuário. Assim, no Sistema de Documentação existe o organismo dinâmico responsável por este meio, que precisa ser usado, acionado e melhorado.

Os requisitos de operação são aqueles aspectos do Sistema de Documentação que refletem sua natureza dinâmica. Para isto, existe um grupo de técnicas estabelecidas, necessárias para a apresentação ordenada, organizada, para possibilitar o máximo de acesso e utilização das informações contidas neste Sistema.

O interesse maior e imediato, entretanto, é o efeito vital desse grupo de técnicas, pelo usuário, sobre o trabalho daquele que é o responsável pelo Sistema. Na verdade será a partir das necessidades do usuário que o responsável pelo Sistema deverá estabelecer determinados requisitos. E é justamente nesta área de coincidência que existem alguns pontos de vista diferentes entre o problema do usuário e a área de serviço do responsável pelo Sistema. O usuário formaliza suas necessidades

de informações dentro de seu interesse particular, envolvendo vasta rede de referência. Por outro lado, para o responsável pelo Sistema, o processo de informação é de primeira importância — é ele que provê a informação.

#### 5.6.2.2 – Sistema de arquivo

O arquivamento provê os meios de preservar os documentos. Para atender essa finalidade, o arquivamento requer supervisão e treinamento constante.

Um outro requisito é que o método utilizado para o arquivamento seja 'padronizado'. Esta 'padronização' será, sempre que possível, baseada sobre a análise cuidadosa e científica do método correto.

Na realidade, um constante e bom treinamento de arquivo forçará o responsável pelo Sistema a procurar novos métodos partindo dos métodos padronizados e estabelecidos. Mas a maior dificuldade não é o arquivamento, mas sim a procura e o acesso. Então como evitar confusão no arquivo? A seguir, são abordados alguns critérios, julgados úteis:

- Não permitir acesso ao arquivo, exceto a pessoas autorizadas.
- Utilizar requisições por escrito, para retirar documentos do arquivo; esta forma mostra por quem o material foi retirado e quando será devolvido
- Se algum material for retirado do arquivo, por alguém autorizado para tal, fora do horário de expediente, para alguma necessidade extraordinária, orientar para que o material seja devolvido na manhã seguinte.
- Fazer lista definida do conteúdo do arquivo, fixando-a em lugar visível.

No que se refere à formação e manutenção de um Sistema de Documentação e Arquivo, existem certos requisitos que o orientam, quais sejam:

- 1) *Simplicidade* — deve ser suficientemente simples de tal forma que possa ser entendido e facilmente consultado por todos.  
Deve ser pautado em normas claras e precisas e montado com instrumento de fácil manejo.
- 2) *Flexibilidade* — o sistema deve-se ajustar ao crescimento do volume e a diversidade do material a guardar.
- 3) *Economia* — usando pouco tempo, energia e material, possibilitar encontrar os resultados desejados.
- 4) *Utilidade* — devem ser garantidas as necessidades para uma boa administração, e ser evitada coleção de detalhes desnecessários e inúteis.
- 5) *Segurança* — não importa apenas conservar os documentos na sua integridade. O sistema deve oferecer garantia de precisão no momento de se consultar determinado documento, deve também assegurar a pronta localização de qualquer documento retirado do sistema ou nele guardado. Não se deve esquecer que os documentos arquivados contêm registros, constituindo um núcleo de informações, que devem ser preservadas para fornecer, na ocasião oportuna, as notícias exatas sobre as atividades prévias e sobre os resultados obtidos.
- 6) *Acessibilidade* — o sistema deve permitir a pronta localização do material guardado. As referências devem, portanto, ser as mais explícitas. A consulta deve encontrar condições de rápido atendimento e de imediato acesso ao material desejado.



### 5.6.3 – Critérios de organização e controle

Segundo a filosofia apresentada, tratamos aqui da Biblioteca Departamental do Projeto SACI e do sistema de arquivamento do Núcleo de Análise de Sistemas, mais como exemplo do que como modelo, considerando que ainda estamos em aperfeiçoamento.

#### 5.6.3.1 – Biblioteca departamental do projeto SACI

Um exemplo simples é a Biblioteca Departamental do Projeto SACI, que é a parte de Documentação que está ligada ao Grupo de Planejamento e Controle do Projeto (PCP).

A Biblioteca Departamental trata da organização e Controle dos documentos de consulta e pesquisa — isto é, folhetos de outras entidades científicas ou indústrias ligadas às pesquisas educacionais, por meio de satélite, de TV ou Rádio, em todo o mundo. Tem também material de pesquisa social e material didático, nos níveis que o INPE também pretende cobrir.

Estes documentos estão organizados por uma única ordem numérica, e sem divisão de assuntos. O que dá uma visão dos assuntos existentes é a listagem por palavras-chaves, feita via computador. Utiliza também listagem por número de tomo, outra por autores e outra por entidades responsáveis pelos mesmos.

Ao entrar um documento na Biblioteca é carimbado com um número que o individualiza, e em seguida é catalogado de acordo com normas de biblioteconomia e depois codificado em folha própria, de acordo com o programa do computador. Esses dados são perfurados em no mínimo quatro cartões de computador, os quais serão processados e fornecerão as listagens, com todos os dados necessários à busca e localização dos assuntos procurados.

Estas listagens são da seguinte forma:

- 1) *Listagem por número de tomo* — é a listagem central, com os dados completos: autor, lugar de publicação, entidade, data, nome e número de série, título e descrição do documento — se é uma monografia, uma separata de livro ou periódico. Se é uma separata, indica a fonte, o nome da revista de onde foi tirado.
- 2) *Listagem por autor* — dá a relação dos nomes de todos os autores, com os títulos de seus trabalhos.
- 3) *Listagem por editores ou entidades* — é análoga à listagem por autores. Essa listagem encaminha o usuário para a listagem de número de tomo, se houver interesse nos dados completos sobre o documento.
- 4) *Listagem por palavra-chave* — conhecida como KWIC (Key-Word In Context). Esta listagem fornece uma relação de todos os títulos dos documentos, sendo que destes títulos são ressaltadas todas as palavras importantes. Essas palavras são localizadas em uma coluna no centro da lista, em ordem alfabética, e em negrito. Os títulos se deslocam para um lado e para outro, de modo a que as palavras-chaves se coloquem sempre nessa coluna. Assim correndo a lista, na ordem alfabética, encontra-se o mesmo título tantas vezes quantas forem as palavras-chaves que ele contenha.

Com o uso dessas listagens, a busca e recuperação das informações se tornam extremamente fáceis, tendo apenas que localizar o documento desejado nas estantes, apenas pelo seu número.

### 5.6.3.2 – O sistema de arquivo no NAS

O Sistema de Arquivo do Núcleo de Análise de Sistemas é constituído das seguintes divisões, e, para verificação rápida, utiliza ainda etiquetas com diferentes cores:

- 1) *Arquivo de Correspondência*
  - a) correspondência expedida — etiqueta azul
  - b) correspondência recebida — etiqueta amarela
  - c) correspondência interna — etiqueta maravilha
- 2) *Arquivo de Documentos de Projetos* — etiqueta azul
- 3) *Arquivo de Documentos Confidenciais* — etiqueta branca
- 4) *Arquivo de Pessoal* — etiqueta laranja

Para auxiliar a busca de documentos, a Secretária tem em mãos um fichário de endereços, pelos nomes dos signatários das cartas, com o nome da entidade a que pertencem e o respectivo endereço. Tão logo chegue uma carta à Secretaria, o fichário é verificado e se nele não houver o cartão daquela pessoa, o mesmo é feito imediatamente.

#### 5.6.3.2.1 – Arquivo de correspondência

O arquivo de correspondência é considerado independente da estrutura funcional do projeto, num esforço de evitar mudanças na sua organização cada vez que a estrutura for alterada por força da evolução das atividades.

Assim, o arquivo de correspondência é dividido em três partes: correspondência recebida, correspondência expedida e outra de correspondência interna.

##### a) *Correspondência expedida*

Considera-se correspondência expedida aqueles documentos que partem da Instituição para o meio exterior a ela. Esta correspondência é arquivada em *ordem alfabética* pelo nome do destinatário, seja ele entidade ou pessoa física, e *cronologicamente*. Neste tipo de correspondência de código DG, que partem da Direção Geral, e de código Pq, que partem dos encarregados de projetos e pesquisadores do Núcleo.

##### b) *Correspondência recebida*

Compreende toda documentação recebida de outras entidades, projetos ou pessoas físicas que não pertençam à Instituição.

É arquivada por *ordem alfabética* dos nomes dos remetentes, sejam eles entidades ou pessoas físicas. Dentro da ordem alfabética deve-se observar a ordem cronológica de recebimento de modo que a correspondência recebida mais recentemente se encontre sempre no princípio da pasta.

### c) *Correspondência interna*

Compreende toda documentação elaborada e cujo limite se restringe ao próprio Núcleo. São as do tipo:

- Atas de Reunião
- Circulação Interna
- Estudos
- Memorandos
- Memorandos de Ação
- Pedidos de Material
- Relatório de Progresso
- Relatório de Atividades
- Relatório de Visitas Técnicas
- Relatórios de Serviços a Terceiros
- Documentos do arquivo em circulação

Estes documentos são entendidos assim:

#### 1) *Atas de reunião*

Em princípio, só terão atas as reuniões julgadas importantes pelo coordenador ou líder de projeto, e que tragam subsídios e/ou alterações para o projeto.

#### 2) *Circulação interna*

Impresso, através do qual o Coordenador, Assistente Executivo, Líder de Projeto, Responsável PCP, Responsável Engenharia de Sistemas, fazem suas comunicações internas e imediatas, de próprio punho.

#### 3) *Estudos*

Compreende um estudo técnico ou trabalho desenvolvido pelo pesquisador dentro das atividades normais no projeto e de interesse para a Instituição. Deverá conter: Sumário, Objetivo, Desenvolvimento do Trabalho, Conclusões e Bibliografia.

#### 4) *Memorandos*

São aquelas comunicações internas que tenham necessidade de ficar documentadas (técnica ou administrativa).



#### 5) *Memorandos de ação*

Baseados nos Cronogramas dos Projetos, o PCP, orientado pelo Coordenador e/ou Líder de Projeto, emite um documento contendo os itens que requerem ação imediata. Em formulário próprio é especificado então: nº de ordem, assunto, responsável ou responsáveis, data de entrega, observações.

#### 6) *Pedidos de material*

Impresso padronizado no INPE, para solicitação de material no Almoarifado Central.

#### 7) *Relatório de progresso*

São os relatórios feitos pelo PCP dos Projetos, periodicamente, com informações técnicas do desenvolvimento do projeto. Deverão conter, sempre que existirem, as dificuldades encontradas e propostas de solução.

#### 8) *Relatório de atividades*

São os relatórios feitos pelos pesquisadores do Núcleo, individualmente e de próprio punho, que conterão: cursos que freqüentam, participação em Seminários, dificuldades encontradas no desenvolvimento de suas atividades.

#### 9) *Relatório de visita técnica*

Sempre, após cada viagem a serviço, o pesquisador deverá preencher um formulário próprio, que conterá as informações resultantes da visita efetuada.

O arquivo dessa documentação segue a mesma orientação observada nos itens anteriores.

Estas três divisões são convenientemente separadas por ano, isto é, terminado o ano, abrem-se novas pastas.

É importante observar que nenhuma correspondência pode deixar de ser arquivada, porque estas três divisões se constituem num documentário corrente e histórico do projeto e do Núcleo.

#### 10) *Relatório de serviços a terceiros*

São os relatórios feitos pelos pesquisadores do Núcleo, quando prestarem serviços fora do mesmo.

#### **5.6.3.2.2 – Arquivo de documentos de projetos**

Os projetos em desenvolvimento no Núcleo têm suas respectivas

pastas, onde são arquivadas *cópias de toda* documentação referente ao mesmo, quais sejam: informações técnicas, relatórios de progresso, reuniões de projeto, consultas técnicas, etc.

O objetivo principal destas pastas é que, quando o projeto estiver concluído, se terá um documento histórico de todas as fases, ou seja, fontes consultadas, dificuldades encontradas, soluções, etc., porque muitas vezes estes aspectos não são visualizados no relatório final do projeto e sabemos quão importantes são os procedimentos utilizados no desenvolvimento de um projeto, seja ele de pesquisa pura ou aplicada.

#### **5.6.3.2.3 – Arquivo de documentos confidenciais**

São aqueles considerados 'confidenciais' pelo coordenador do Núcleo. O acesso ao mesmo é restrito somente ao próprio coordenador e à Secretária

#### **5.6.3.2.4 – Arquivo de pessoal**

Todos os pesquisadores do Núcleo têm uma pasta pessoal, onde são arquivados alguns documentos de interesse imediato, que são:

- Curriculum Vitae (resumo)
- Ficha de Atividade (Periódica)
- Cópia de Relatórios de Viagem
- Cópia de Trabalho Pessoal

As outras informações mais completas são arquivadas na Divisão de Ensino ou no Setor de Pessoal.

O acesso às pastas de pessoal é restrito ao Coordenador do Núcleo, Assistente Executivo do Núcleo, Líderes de Projeto, Responsáveis pelo Planejamento e Controle, Responsável pela Engenharia de Sistemas e o próprio pesquisador.

#### **5.6.4 – Fluxo de documentação**

E' necessário seja estabelecido o fluxo de documentação, ou seja, para quem deve ser circulado determinado documento, em que ordem, quem deve aprovar, quando deve ser arquivado.

Muitas vezes o documento é de rotina, e a Secretária toma as providências, mas outras vezes isso é difícil. Em rápidas palavras, o fluxo é assim: quando o pesquisador elabora um documento, este entra na Secretaria pelo preenchimento de formulário próprio, onde o interessado especifica o tipo de trabalho desejado, número de cópias e para que data necessita do trabalho. O serviço é executado seguindo prioridade de chegada à Secretaria. Casos outros são resolvidos com o responsável pelo PCP ou Coordenador do Núcleo. A Figura 5.44 mostra este fluxo.



TABELA V.IV — A Numeração dos Documentos é dada pela Secretaria

ITEM	DOCUMENTO	CÓDIGO	ORIGEM	APROVADO POR	COPIA PARA	ORIGINAL PARA
1	Atas de Reuniões	AR	Coordenador Revisão Proj.	Coordenador Líder Proj.	Pasta Proj. " PCP	Coordenador ou Direção Cient. Destinatário
2	Circulação Interna	CI	Coordenador Executivo PCPs	-	-	-
3	Estudos	E	Pesquisador	Coordenador Líder Proj.	Pasta Proj.	Direção Cient.
4	Memorandos	MEMO	Coordenador Executivo PCPs	Coordenador	Coordenador Executivo PCP-Pasta Proj.-Pasta	Destinatário
5	Memorando de Ação	MA	PCP	Coordenador	Coordenador Executivo PCP-Pasta Proj.-Pasta	Destinatário
6	Pedido de Material	PM	Secretaria	Coordenador	Pasta Proj. " PCP	Destinatário
7	Relatório de Progresso	RP	PCPs	Coordenador Líder Proj.	Pasta Proj. " PCP	Direção Cient.
8	Relatório de Atividade	RA	Pesquisador PCP	Líder Proj.	Pasta Proj. " PCP	Coordenador
9	Relatório de Visita Técnica	RV	Pesquisador	Líder Proj. Coordenador	Pasta Pesq. " Proj.	Coordenador

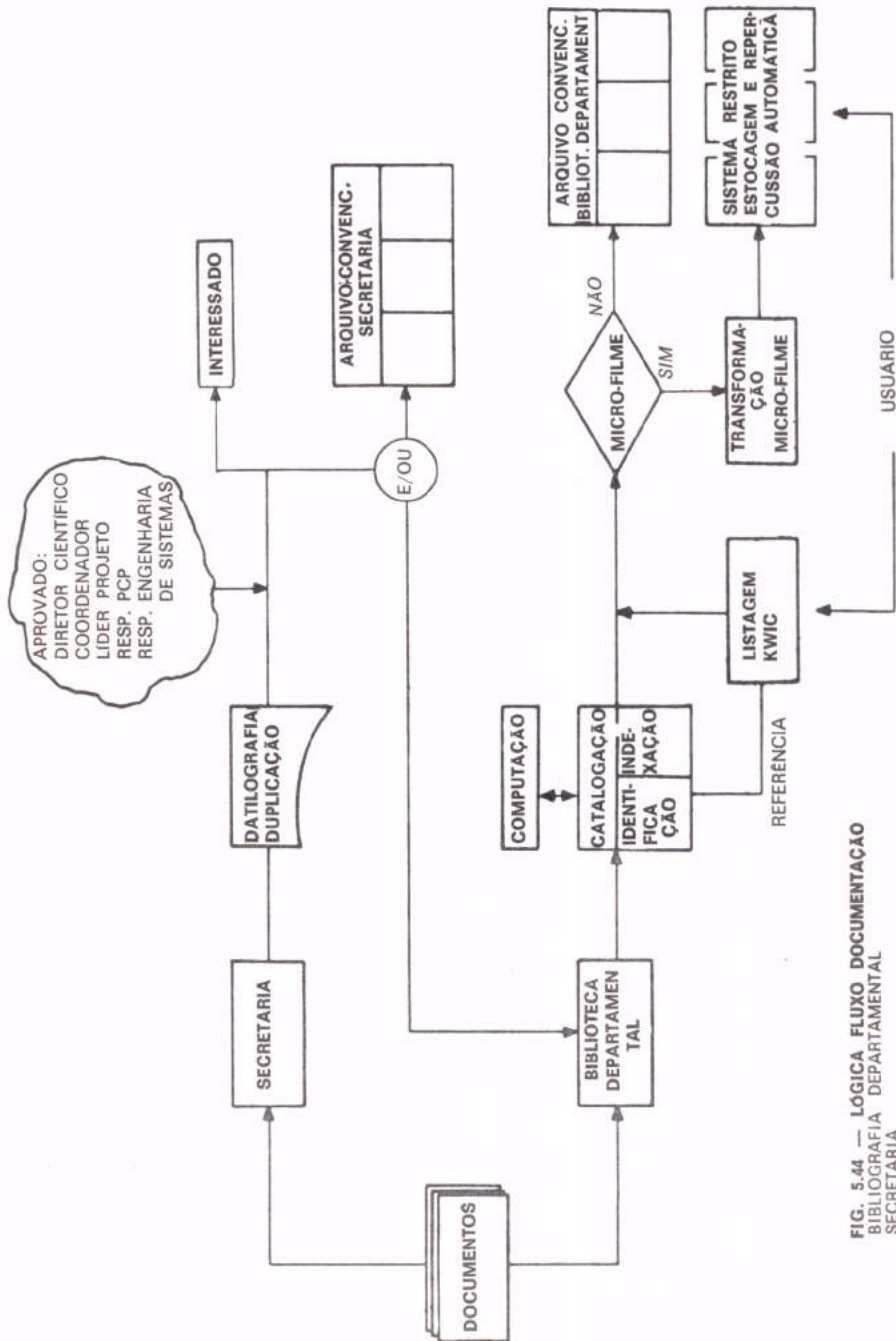


FIG. 5.44 — LÓGICA FLUXO DOCUMENTAÇÃO  
BIBLIOGRAFIA DEPARTAMENTAL  
SECRETARIA

A distribuição de cópias do trabalho só será feita após as aprovações necessárias, seja de Líder de Projeto, Coordenador do Núcleo ou Direção Científica. Para trabalhos do tipo: Relatório Técnico de Projeto (LAFE) ou semelhante, Relatório de Revisão de Projeto ou todo tipo de documento que gere alteração em projeto, deverá conter como primeira página uma folha indicando por quem deve ser aprovado o documento. Então a distribuição ou divulgação do mesmo é feita após as assinaturas devidas.

A Secretaria terá sempre em arquivo uma cópia de todo trabalho executado por ela, ou via Secretaria (caso de desenhos), em pastas próprias. Para orientação imediata da Secretaria, foi elaborada a Tabela V.IV baseada nos documentos mais utilizados no Núcleo.

#### **5.6.5 – Conclusão**

Para que a rotina de trabalho seja mais real, no tocante à Documentação, deverá contar com a colaboração direta de um técnico no assunto. Essa colaboração direta implica na participação desse técnico especializado nas atividades de projeto. Então, poderá com mais facilidade aliar seus conhecimentos às necessidades do projeto.

Na verdade, houve muita dificuldade em localizar nossos objetivos dentro do campo enorme que vai da Documentação até a informática.

A Federação Internacional de Documentação (FID) que definia 'documentação' como sendo a ciência de reunir, classificar e distribuir documentos de todos os gêneros, em todos os domínios da atividade humana, substituiu essa definição em seus estatutos: 'Documentação' é a coleção e armazenagem, classificação e seleção, disseminação e utilização. Por essa alteração na definição, a essência da documentação deixou de ser documento, para ser a 'informação' em si mesma.

Em anexo, temos:

ANEXO I — Formato dos documentos de rotina mais utilizados.

CNAE		CIRCULAÇÃO INTERNA	
De:		Em: / /	
Para:			
			<b>URGENTE</b>
<b>Falar comigo</b>		<b>Informar</b>	
<b>Providenciar</b>		<b>Pesquisar e opinar</b>	
<b>Arquivar</b>		<b>Assinar</b>	
<b>Anotar e retornar</b>		<b>Classificar — Caixa</b>	
<b>Anotar e passar adiante</b>			
<b>Anotar</b>			
Observações:			

FORMATO DE MEMORANDO  
INPE/NÚCLEO DE ANÁLISES DE SISTEMAS

MEMORANDO/71

9.2.1971

De:

Aprovado por: .....

Para:

Assunto:

Cópias:

(TEXTO)



FORMATO DE RELATÓRIO DE VISITA TÉCNICA

RV: NAS/71

Pesq.: .....

Proj.: .....

Destino: .....

Objetivo: .....

Data Saída ..... Data Regresso: .....

Pessoas Contactadas: .....

.....  
.....  
.....  
.....  
.....

Conclusões: .....

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

.....  
Pesquisador

**INPE/NÚCLEO DE ANÁLISE DE SISTEMAS**

DOCUMENTOS DO ARQUIVO  
EM CIRCULAÇÃO

**Documento:** .....

**Pasta:** .....

**Enviado em:** ..... **Retirado em:** .....

ENTREGAR EM: .....

**INPE/NÚCLEO DE ANÁLISE DE SISTEMAS**

DOCUMENTOS DO ARQUIVO  
EM CIRCULAÇÃO

**Documento:** .....

**Pasta:** .....

**Enviado em:** ..... **Retirado em:** .....

ENTREGAR EM: .....

.....  
**ASSINATURA**

**CURRICULUM VITAE**

(Preecher à máquina ou letra de forma)

- 1. NOME COMPLETO .....
- 2. NACIONALIDADE ..... ESTADO CIVIL .....
- 3. NASCIMENTO .../.../... CIDADE ..... ESTADO .....
- 4. CAMPO DE INTERESSE PRINCIPAL: .....
- .....
- 5. RESUMO ESCOLAR DA FORMAÇÃO PROFISSIONAL

INSTITUIÇÃO	DURAÇÃO	CONCL.	TITULO	ESPECIALIDADE

6. EXPERIENCIA PROFISSIONAL

INSTITUIÇÃO E LOCAL	NATUREZA DO TRAB.	DURAÇÃO	INICIO

7. ESTAGIOS E CONCLAVES

INSTITUIÇÃO	ASSUNTO	LOCAL	DUR. ANO

8. PATENTES, TRABALHOS E RELATÓRIOS PUBLICADOS

NATUREZA	TÍTULO	ANO

9. CONHECIMENTO DE IDIOMAS ESTRANGEIROS (Nenhum, Regular, Bom)

IDIOMA	LEITURA	REDAÇÃO	CONVERSAÇÃO	INSTITUIÇÃO
INGLÊS				
FRANCÊS				
ALEMÃO				

10. SOCIEDADES PROFISSIONAIS A QUE PERTENCE

INSTITUIÇÃO	ENCARGO

.....  
ASSINATURA

## BIBLIOGRAFIA

1. COMISSÃO NACIONAL DE ATIVIDADES ESPACIAIS, *Banco de Dados; estudo preliminar — LAFÉ 153*. São José dos Campos, CNAE, mar. 1971.
2. COMISSÃO NACIONAL DE ATIVIDADES ESPACIAIS, *Documentação do Projeto SACI: apresentado no Seminário de Engenharia de Sistemas CNAE/INEP*. São José dos Campos, CNAE, nov.-dez. 1970.
3. BECKER, J.; HAYNES, R. M., *Information storage and retrieval: tools, elements, theories*. New York, John Wiley, 1963.
4. LEFFINGWELL, William H.; ROBINSON, Edwin M., *Text book of office management*. New York, McGraw-Hill [© 1950].
5. PRADO, Heloíse de Almeida, *A técnica de arquivar*. São Paulo, Polígono, 1968.
6. JIMÉNEZ; PLACER, Javier Lasso de la Vega, *Manual de documentación*. Barcelona, Editorial Labor, 1969.
7. MIRANDA, MacDowell dos Passos, *Manual de organização*. São Paulo, Atlas, 1968.



## APÊNDICE I

### *Teoria Geral de Sistemas*

---

O objetivo deste item é dar uma introdução sumária à teoria geral de sistemas (TGS).<sup>36</sup> Embora sejam um tanto diferentes, a TGS tem muitos pontos em comum com a teoria de sistemas (TS)<sup>37</sup>, que é abordada em estreita ligação com sistemas de engenharia. A principal diferença é, provavelmente, que a TGS foi desenvolvida para ser utilizada na estruturação de teorias científicas mais coerentes e unificadas, enquanto que TS é diretamente orientada em aplicações de engenharia.

A TGS parte do princípio de que os fenômenos podem ser explicados considerando-se as entidades envolvidas (organismos, mentes, países, etc.) como sistemas que têm alguma coisa em comum. A caracterização da parte comum (que pode ser feita em linguagem matemática) é o objetivo da TGS, que procura dar uma visão geral das ciências, evitando os problemas de duplicação advindos da crescente especialização das ciências.

O ideal não é a redução de uma ciência em outra, como ocorre na aproximação mecânica, mas construir uma teoria geral que possa conectar ciências existentes.

A TGS poderia também servir para desenvolver princípios unificadores de uma ciência em particular, agrupando leis de uma maneira mais coerente e sistemática. Isto seria útil na simplificação do ensino de várias especialidades.

Como o campo científico tornou-se mais complexo, tem sido bastante difícil dar ao estudante uma visão geral até mesmo de uma ciência em particular, quanto mais na compreensão geral das ciências. Com a unificação das ciências, nós podemos também ter uma correspondente unificação do ensino das ciências, tornando-as mais acessíveis.

A observação de que as leis matemáticas, descobertas em diferentes ciências, eram freqüentemente as mesmas serve de estímulo para o desenvolvimento da TGS. Poderíamos usar essencialmente a mesma

<sup>36</sup> TGS — Teoria Geral de Sistemas — é a formulação lógica e matemática de sistemas gerais.  
<sup>37</sup> TS — Teoria de Sistemas — é a formulação lógica e matemática de sistemas específicos geralmente usados em engenharia.

fórmula matemática, e dar várias interpretações quando aplicada a áreas completamente distintas da ciência. Como exemplo vamos considerar a lei do crescimento exponencial.

Esta lei, na mesma forma matemática, tem sido aplicada com sucesso a diferentes áreas, tais como: O crescimento de células de bactérias; crescimento de população de bactérias, animais, seres humanos; crescimento do número de publicações científicas; extinção de população, etc. Existem muitas outras fórmulas matemáticas com uma diversidade semelhante de aplicações. Uma das teses da TGS é que este fato ocorre, porque as entidades envolvidas representam tipos similares de sistemas.

Um dos principais objetivos da TGS, como já foi mencionado, é especular acerca de uma nova unificação da ciência. Isto seria feito explorando as semelhanças observadas no parágrafo anterior, redundando em uma *teoria matemática de sistemas que proveria* uma boa base comum para toda ciência. Esta parte comum poderia ser usada para restabelecer canais de comunicação entre cientistas de diversas áreas. Isto seria uma vantagem óbvia para a educação científica.

Sobre a criação desta teoria matemática de sistemas, podemos dizer que existem duas correntes. Uma, a corrente indutiva, que consiste em observar vários fenômenos, nas diversas ciências, que possam ser explicados por uma mesma formulação matemática e, depois, generalizar esta formulação para outros fenômenos. Esta corrente tem em Von Bertalanffy um dos seus principais idealizadores.

A outra corrente é a corrente dedutiva, que consiste em, primeiramente, achar uma definição matemática para sistema, na sua maior generalização possível e, daí, deduzir vários teoremas e corolários. Depois, procurar particularizar esta teoria matemática para as diversas ciências. Esta corrente tem em A. Wayne Wymore um dos seus principais idealizadores. Segundo Von Bertalanffy, estas duas correntes tendem a convergir.

A completa formalização da TGS permitirá o estudo, compreensão e análise de qualquer sistema.

## BIBLIOGRAFIA

1. BERTALANFFY, Ludwig von, *General systems theory*. New York, George Braziller, 1968.
2. WYMORE, A. Wayne, *A mathematical theory of systems engineering — the elements*. New York, John Wiley [© 1967].

## APÊNDICE II

### *Como foi conduzido o Projeto MESIS*

---

O Projeto MESIS se desenvolveu em três fases:

**FASE PREPARATÓRIA:** Correspondeu aos meses de janeiro e fevereiro de 1971. No início de janeiro, foi elaborada uma proposta inicial e submetida ao diretor geral do INPE, para aprovação. Em seguida, durante este período, parte do grupo se dedicou à elaboração do Plano Preliminar do MESIS; e parte à leitura de bibliografia de alguns dos aspectos do mesmo, fazendo-se no final de fevereiro uma série de seminários para colocar todo o grupo a par do Projeto.

**FASE I:** Correspondeu aos meses de março, abril e maio. O plano do MESIS distribuiu as tarefas (confeção de partes do Manual) pelos elementos do grupo. No final desta fase, foram feitos seminários que asseguraram realimentação conveniente devido a que foram, então, suscitados debates e críticas; bem como um fluxo de comunicação adequada entre os diversos participantes. Com essa fase, obteve-se o manual em forma preliminar, que foi apresentado ao orientador da equipe Dr. Fernando de Mendonça.

**FASE II:** Com a realimentação obtida na fase I, por parte dos diversos participantes e do orientador, passou-se à fase final em que foi revisto o plano preliminar. Em seguida, foi feita a revisão e posterior integração dos diversos capítulos, com o intuito de possibilitar uma seqüência lógica para o manual e compatibilidade entre os itens.

O planejamento e controle do Projeto MESIS foram executados de acordo com as técnicas descritas neste trabalho. Ao longo do manual, apresentamos exemplos da aplicação destas técnicas no MESIS. Em seguida, reproduzimos o plano preliminar do Projeto MESIS, para dar uma idéia global ao leitor, podendo-se verificar que várias modificações foram realizadas durante o desenvolvimento do Projeto.

Participaram da preparação deste manual os seguintes elementos:



**Orientador:** Dr. Fernando de Mendonça

**Equipe Coordenadora:**

**Líder:** Luiz Roberto Ferreira da Costa  
**Assistente:** João Mello da Silva  
**Membros:** Amâncio Fernandes Pulchério  
Feruccio Bilich  
José Alberto Costacurta de Azevedo  
Marcos José de Aquino Pinto Pacca  
Maria de Lourdes Kamoi  
Wilson Carlos Duarte Delfino

## **PLANO INICIAL DO PROJETO MESIS**

### **INDICE:**

1. Objetivo
2. Requisitos
3. Arvore de Especificações
  - 3.1 Especificações
4. Diagramas de Fluxo de Trabalho
  - 4.1 Projeto MESIS
  - 4.2 Confeção do Capítulo I
  - 4.3 Descrição das Funções do DFT do Projeto MESIS
5. Estrutura Organizacional
  - 5.1 Funcional
6. Cronograma-Mestre

## **1. OBJETIVO**

CONFEÇÃO DE UM MANUAL DE ENGENHARIA DE SISTEMAS APLICADA A ADMINISTRAÇÃO.

## **2. REQUISITOS**

- 2.1 PESSOAS COM CURSO SUPERIOR, MAS NÃO-ESPECIALISTAS NO ASSUNTO, DEVEM PODER FAZER USO DO MESMO.
- 2.2 DEVE CONTER, SEMPRE QUE POSSÍVEL, EXEMPLOS DE APLICAÇÃO DAS TÉCNICAS DE ENGENHARIA DE SISTEMAS NO INPE (EX-CNAE).
- 2.3 DEVE CONTER OS SEGUINTE CAPÍTULOS:
  1. ABORDAGEM DE SISTEMAS
  2. ESTRUTURAS DE ORGANIZAÇÃO
  3. PLANEJAMENTO E CONTROLE DO PROGRAMA
  4. ENGENHARIA DE SISTEMAS
  5. ANÁLISE DE SISTEMAS
  6. TEORIA DE SISTEMAS

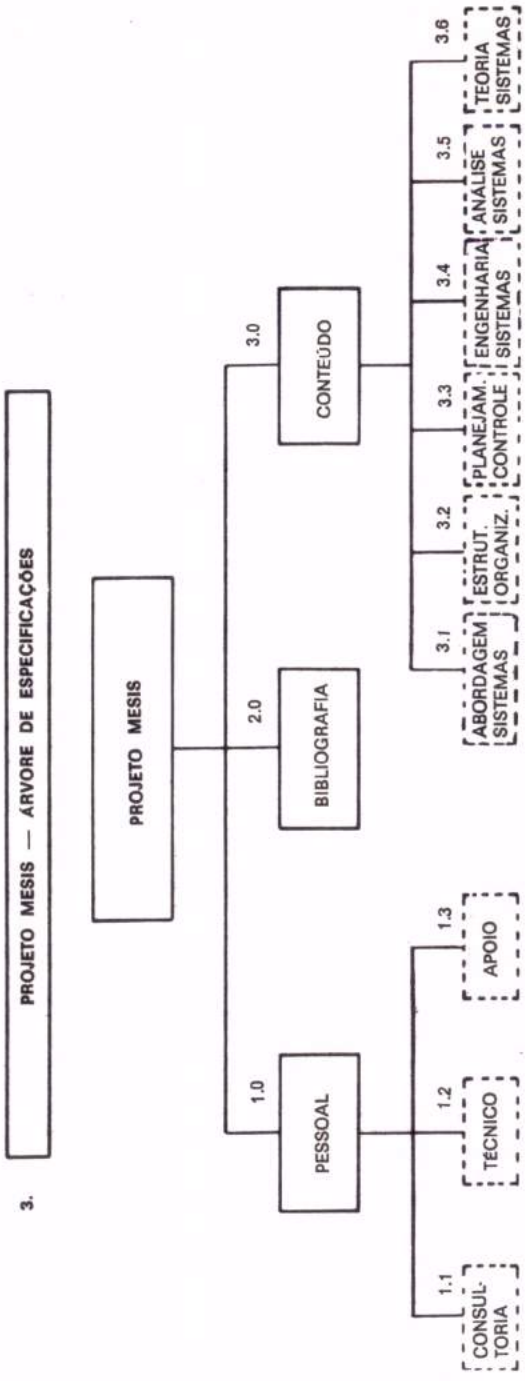
## **3. ÁRVORE DE ESPECIFICAÇÕES**

### **3.1 ESPECIFICAÇÕES**

#### **1.0 ESPECIFICAÇÃO DE PESSOAL**

##### **a. INTRODUÇÃO**

Esta especificação estabelece as características necessárias ao pessoal do Projeto MESIS.





- b. DOCUMENTOS APLICÁVEIS  
Plano preliminar de trabalho do Projeto MESIS (período de adaptação).
- c. FUNÇÕES  
O pessoal terá as funções:
  - consultoria
  - confecção do manual
  - apoio
- d. CARACTERÍSTICAS  
A consultoria será dada por elementos internos ou externos com experiência e conhecimentos nos assuntos abordados no manual.  
A confecção será feita por pesquisadores do NAS alocados no Projeto MESIS ou pesquisadores externos ao NAS, mas participarão na confecção do manual como trabalho de tese.  
O apoio será dado nos trabalhos de datilografia e desenhos do manual, por pessoal alocado no NAS, pelo pessoal da secretaria e da seção de desenho do SEMA.

#### 1.1 ESPECIFICAÇÃO DE PESSOAL DE CONSULTORIA

- a. INTRODUÇÃO  
Esta especificação estabelece as características mínimas necessárias ao pessoal de consultoria de Projeto MESIS.
- b. DOCUMENTOS APLICÁVEIS
  - ASD
- c. FUNÇÕES  
— Dar subsídios para a realização do Manual de Engenharia de Sistemas.
- d. CARACTERÍSTICAS  
O pessoal de consultoria será constituído por elementos internos ou externos à organização, com experiência e conhecimento dos diversos assuntos que serão abordados no Manual (vide requisitos do MESIS). Os consultores externos provavelmente deverão pertencer à organização com as quais o INPE (ex-CNAE) tenha facilidade em estabelecer interfaces, a fim de ser facilitada a obtenção de assessoria quando se fizer necessário.

#### 1.2 ESPECIFICAÇÃO DE PESSOAL TÉCNICO

- a. INTRODUÇÃO  
Esta especificação estabelece as características mínimas necessárias ao pessoal técnico do Projeto MESIS.
- b. DOCUMENTOS APLICÁVEIS
  - Plano preliminar de trabalho do projeto MESIS (período de adaptação).
- c. FUNÇÕES  
O pessoal técnico do Projeto MESIS será o responsável pela realização do Manual de Engenharia de Sistemas.
- d. CARACTERÍSTICAS  
O pessoal técnico será constituído pelos pesquisadores do NAS alocados no Projeto, bem como por possíveis pesquisadores externos ao Núcleo, que participarão do Projeto como trabalho de tese.  
A definição e alocação desse pessoal se encontra no plano de trabalho realizado para o projeto.

#### 1.3 ESPECIFICAÇÃO DE PESSOAL DE APOIO

- a. INTRODUÇÃO  
Esta especificação estabelece as características mínimas necessárias ao pessoal de apoio do Projeto MESIS.
- b. FUNÇÕES

Dar apoio para a realização do Manual de Engenharia de Sistemas.

**c. CARACTERÍSTICAS**

O pessoal de apoio será constituído por secretárias necessárias para os serviços datilográficos do Projeto, bem como desenhistas necessários para a execução dos trabalhos afins (diagramas, gráficos, etc.).

**2.0 ESPECIFICAÇÃO DE BIBLIOGRAFIA**

**a. INTRODUÇÃO**

Esta especificação estabelece as características mínimas necessárias à bibliografia do Projeto MESIS.

**b. DOCUMENTOS APLICÁVEIS**

Memorando NAS 42/71.

**c. CARACTERÍSTICAS**

A bibliografia deve esgotar os assuntos desenvolvidos nos seis Capítulos do manual:

- abordagem de sistemas
- estruturas de organização
- planejamento e controle
- engenharia de sistemas
- análise de sistemas
- teoria de sistemas

**3.0 ESPECIFICAÇÃO DE CONTEÚDO**

**a. INTRODUÇÃO**

Essa especificação estabelece as características mínimas necessárias de conteúdo do manual de Engenharia de Sistemas.

**b. DOCUMENTOS APLICÁVEIS**

Plano preliminar de trabalho no Projeto MESIS (período de adaptação).

**c. CARACTERÍSTICAS**

Os Capítulos serão em número de seis, sobre os assuntos:

- 1 — abordagem de sistemas
- 2 — estruturas de organização
- 3 — planejamento e controle do programa
- 4 — engenharia de sistemas
- 5 — análise de sistemas
- 6 — teoria de sistemas

Cada Capítulo deve conter, no mínimo:

- introdução (resumo do que tratará o Capítulo)
- desenvolvimento do assunto
- exemplos de aplicação ao INPE (sempre que possível)
- bibliografia

**3.1 ESPECIFICAÇÃO DO CAPÍTULO SOBRE ABORDAGEM DE SISTEMAS**

**a. INTRODUÇÃO**

Essa especificação estabelece as características mínimas de conteúdo do Capítulo do manual sobre abordagem de sistemas.

**b. DOCUMENTOS APLICÁVEIS**

ASD

**c. CARACTERÍSTICAS**

Deve conter os itens:

- definições
- por que abordagem de sistemas
- quando surgiu (histórico)
- exemplos de aplicação
- outros

**3.2 ESPECIFICAÇÃO DO CAPÍTULO SOBRE ESTRUTURAS DE ORGANIZAÇÃO**

**a. INTRODUÇÃO**

Essa especificação estabelece as características mínimas necessárias de conteúdo do Capítulo do manual sobre estruturas de organização

**b. DOCUMENTOS APLICÁVEIS**

ASD

**c. CARACTERÍSTICAS**

Deve conter os itens:

- estruturas tradicionais
- departamentos
- comitês
- diagramas
- o que é
- o que não é
- limitações
- exemplos
- estrutura matricial
- conceito
- exemplos
- estudo de uma organização do ponto de vista de sistemas
- diagrama de responsabilidade linear
- diagrama de integração: estrutura organizacional
- tarefas
- exemplos
- outros

**3.3 ESPECIFICAÇÃO DO CAPÍTULO SOBRE PLANEJAMENTO E CONTROLE DO PROGRAMA**

**a. INTRODUÇÃO**

Essa especificação estabelece as características mínimas necessárias de conteúdo de Capítulo sobre planejamento e controle do programa.

**b. DOCUMENTOS APLICÁVEIS**

ASD

**c. CARACTERÍSTICAS**

Deve conter os itens:

- introdução
- o quê
- por quê
- funções
- outros
- Dinâmica da trabalho do PCP
- explicação detalhada de como o PCP faz o controle de tempo, controle de recursos, controle de documentação, definição do trabalho, controle técnico.
- técnicas do PCP
- descrição de cada uma das técnicas usadas na dinâmica de trabalho do PCP
- tempo
- cronogramas
- diagrama de marcos
- PERT (computador)
- controle de relatórios (computador)
- line of balance (LOB)

**3.4 ESPECIFICAÇÃO DO CAPÍTULO SOBRE ENGENHARIA DE SISTEMAS**

**a. INTRODUÇÃO**

Essa especificação estabelece as características mínimas de conteúdo do Capítulo sobre engenharia de sistemas.

**b. DOCUMENTOS APLICÁVEIS**

ASD

c. CARACTERÍSTICAS

Devo conter os itens:

- introdução
- o quê
- por quê
- funções
- outros
- Dinâmica do trabalho do ES
- explicação detalhada de como opera o grupo de ES
- técnica de ES
- objetivos
- requisitos
- árvore de especificações
- especificações
- diagrama de fluxo de trabalho
- folhas de projeto
- folhas de alocação de recursos
- outros
- exemplos
- outros
- recursos
- pessoal
- orçamento
- material
- facilidades
- outros
- documentação
- padronização
- arquivo
- distribuição
- outros
- definição do trabalho
- EDT
- descrição das tarefas
- controle técnico

3.5 ESPECIFICAÇÃO DO CAPÍTULO SOBRE ANÁLISE DE SISTEMAS

a. INTRODUÇÃO

Essa especificação estabelece as características mínimas necessárias de conteúdo do Capítulo sobre Análise de Sistemas.

b. DOCUMENTOS APLICÁVEIS

ASD

c. CARACTERÍSTICAS

Deve conter os itens:

- lógica para uma análise
- critérios e medidas de efetividade
- análise de sensibilidade
- análise custo/efetividade
- simulação
- trade-off
- limitações
- outros

3.6 ESPECIFICAÇÃO DO CAPÍTULO SOBRE TEORIA DE SISTEMAS

Deve conter a formalização matemática dos conceitos da abordagem de sistemas, sendo as referências básicas:

- Wymore: "A Mathematical theory of Systems Engineering — The Elements" — John Wiley — 67.
- Bertalanffy: "General Systems Theory" — George Brasiler — 68.
- Ellys — Ludwig: "Systems Phylosophy" — Prentice Hall — 62.

#### 4. DIAGRAMA DE FLUXO DE TRABALHO

##### 4.1 PROJETO MESIS

##### 4.2 CONFECÇÃO DO CAPÍTULO I

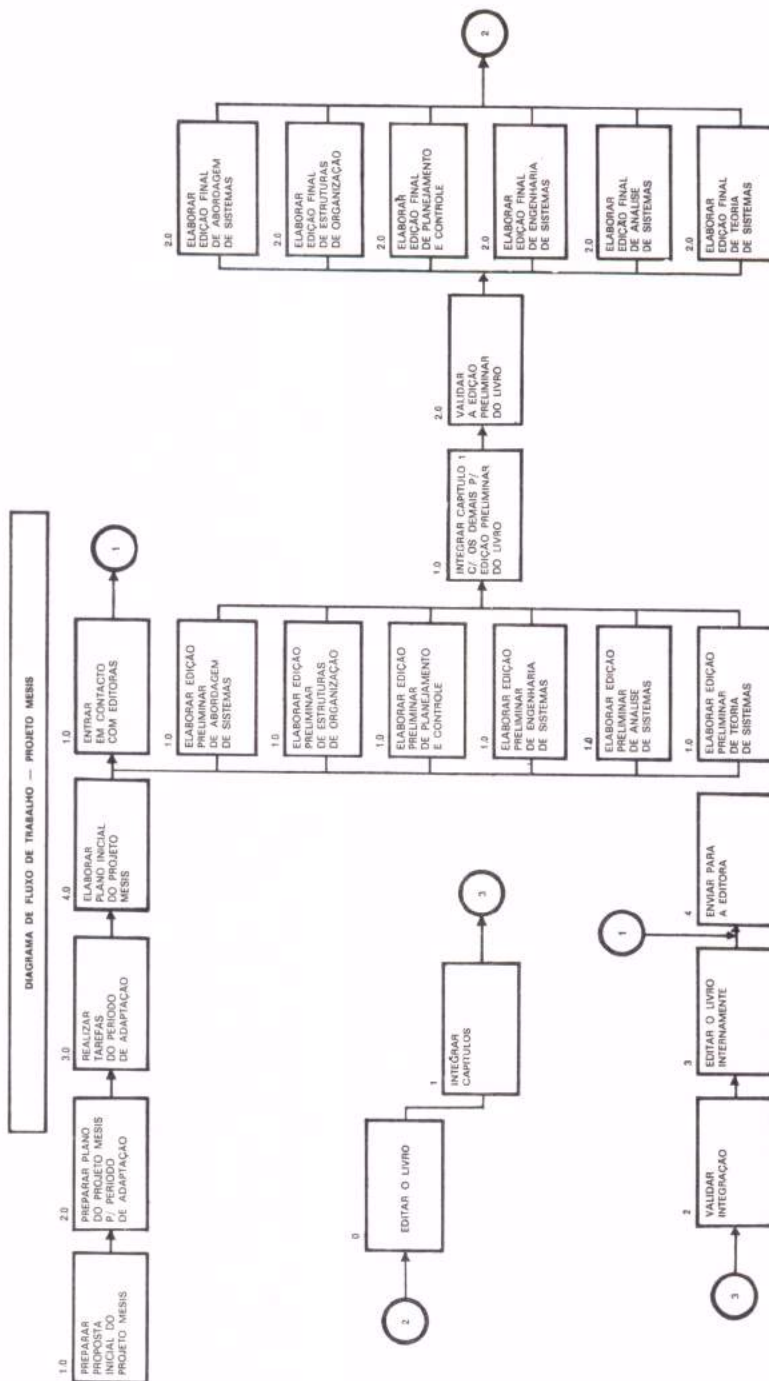
##### 4.3 DESCRIÇÃO DAS FUNÇÕES DO DFT DO PROJETO MESIS

##### I 0 ELABORAR PLANO INICIAL

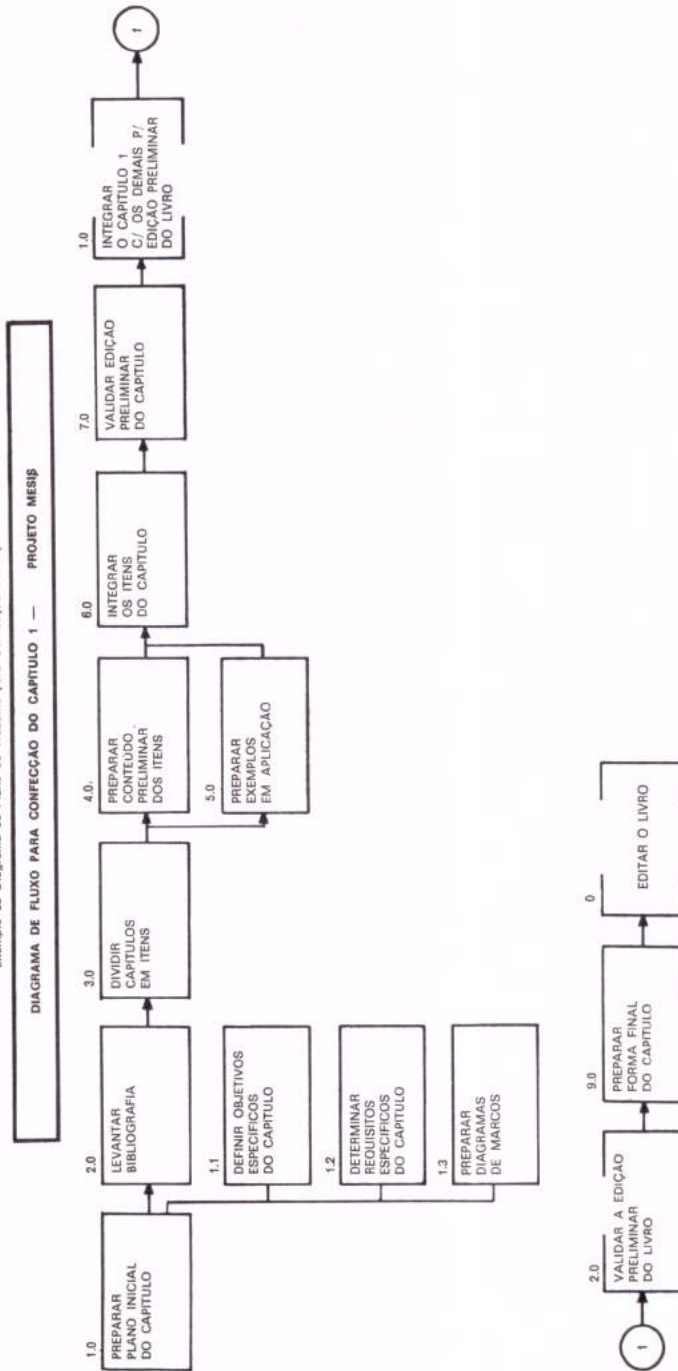
Desenvolver os seguintes itens:

- objetivos
- requisitos
- árvore de especificações
- especificações
- diagramas de fluxo de trabalho
- projeto MESIS
- confecção do Capítulo 1
- descrição das funções do DFT do projeto MESIS
- estrutura organizacional
- funcional
- diagrama de responsabilidade linear
- cronograma mestre





Exemplo de Diagrama de Fluxo de Trabalho para Confecção do Capítulo 1



CE 1.0 *ENTRAR EM CONTACTO COM EDITORAS*

Contacto a ser efetuado logo que a edição preliminar do livro esteja validada, visando saber principalmente:

- preços
- prazos
- detalhes técnicos

AB 1.0 *ELABORAR EDIÇÃO PRELIMINAR DO CAPÍTULO SOBRE ABORDAGEM DE SISTEMAS*

Desenvolver os itens:

- definições
- por que abordagem de sistemas
- quando surgiu (histórico)
- exemplos de aplicação
- outros

EO 1.0 *ELABORAR EDIÇÃO PRELIMINAR DO CAPÍTULO SOBRE ESTRUTURAS DE ORGANIZAÇÃO*

Desenvolver os itens:

- estruturas tradicionais
- departamentos
- comités
- diagramas
- o que são
- o que não são
- limitações
- estrutura matricial
- conceito
- exemplos
- estudo de uma organização do ponto de vista de sistemas
- diagrama de responsabilidade linear
- diagrama de integração: estrutura organizacional — tarefa
- exemplos
- outros

PC 1.0 *ELABORAR EDIÇÃO PRELIMINAR DO CAPÍTULO SOBRE PLANEJAMENTO E CONTROLE*

Desenvolver os seguintes itens:

- introdução
- o quê
- por quê
- funções
- outros
- dinâmica do trabalho do PCP
- explicação detalhada de como o PCP faz o controle de documentação, definição do trabalho, controle técnico.
- técnicas do PCP
- descrição de cada uma das técnicas usadas na dinâmica do trabalho do PCP
- tempo
- cronogramas
- diagrama de marcos
- PERT (computador)
- controle de relatórios (computador)

- line of balance (LOB)
- outros
- recursos
- pessoal
- orçamento
- material
- facilidades
- documentação
- padronização
- arquivo
- distribuição
- outros
- definição do trabalho
- EDT
- descrição das tarefas
- controle técnico

**ES 1.0 ELABORAR EDIÇÃO PRELIMINAR DO CAPÍTULO SOBRE ENGENHARIA DE SISTEMAS**

Desenvolver os itens:

- introdução
- o quê
- por quê
- funções
- outros
- dinâmica do trabalho de engenharia de sistemas
- explicação detalhada de como opera o grupo de ES
- técnicas de ES
- objetivos
- requisitos
- árvore de especificações
- especificações
- diagrama de fluxo de trabalho
- folha de projeto
- folha de alocação de requisitos
- outros
- exemplo
- outros

**AS 1.0 ELABORAR EDIÇÃO PRELIMINAR DO CAPÍTULO SOBRE ANÁLISE DE SISTEMAS**

Desenvolver os itens:

- lógica para uma análise
- critérios e medidas de efetividade
- análise custo/efetividade
- análise de sensibilidade
- simulação
- trade-off
- limitações
- outras

**TS 1.0 ELABORAR EDIÇÃO PRELIMINAR DO CAPÍTULO SOBRE TEORIA DE SISTEMAS**

- Formalizar matematicamente os conceitos da abordagem de sistemas

#### REFERÊNCIAS:

- WYMORE, *A Mathematical theory of systems Engineering the elements*  
— John Wiley, 1967.
- BERTALANFFY, *General systems theory* — George Braziler, 1968.
- WYMORE, *A notebook of systems engineering methodology*.

#### C 1.0 INTEGRAR O CAPITULO 1 COM OS DEMAIS PARA EDIÇÃO PRELIMINAR

Depois de integrar e validar a edição preliminar do Capítulo i, integrá-lo com os outros, de modo a haver consistência no todo.

#### C 2.0 VALIDAR A EDIÇÃO PRELIMINAR DO LIVRO

Após a integração dos Capítulos validá-los, para termos a edição preliminar do livro

#### AB 2.0 ELABORAR A EDIÇÃO FINAL DO CAPITULO DE ABORDAGEM DE SISTEMAS

Idem AB 1.0, agora em forma final

#### EO 2.0 ELABORAR EDIÇÃO FINAL DO CAPITULO DE ESTRUTURAS ORGANIZACIONAIS

Idem EO 1.0, agora em forma final

#### PC 2.0 ELABORAR EDIÇÃO FINAL DO CAPITULO DE PLANEJAMENTO E CONTROLE

Idem PC 1.0, agora em forma final

#### ES 2.0 ELABORAR EDIÇÃO FINAL DO CAPITULO DE ENGENHARIA DE SISTEMAS

Idem ES 1.0, agora em forma final

#### AS 2.0 ELABORAR EDIÇÃO FINAL DO CAPITULO DE ANALISE DE SISTEMAS

Idem AS 1.0, agora em forma final

#### TS 2.0 ELABORAR EDIÇÃO FINAL DO CAPITULO DE TEORIA DE SISTEMAS

Idem TS 1.0, agora em forma final

#### F.0 EDITAR LIVRO

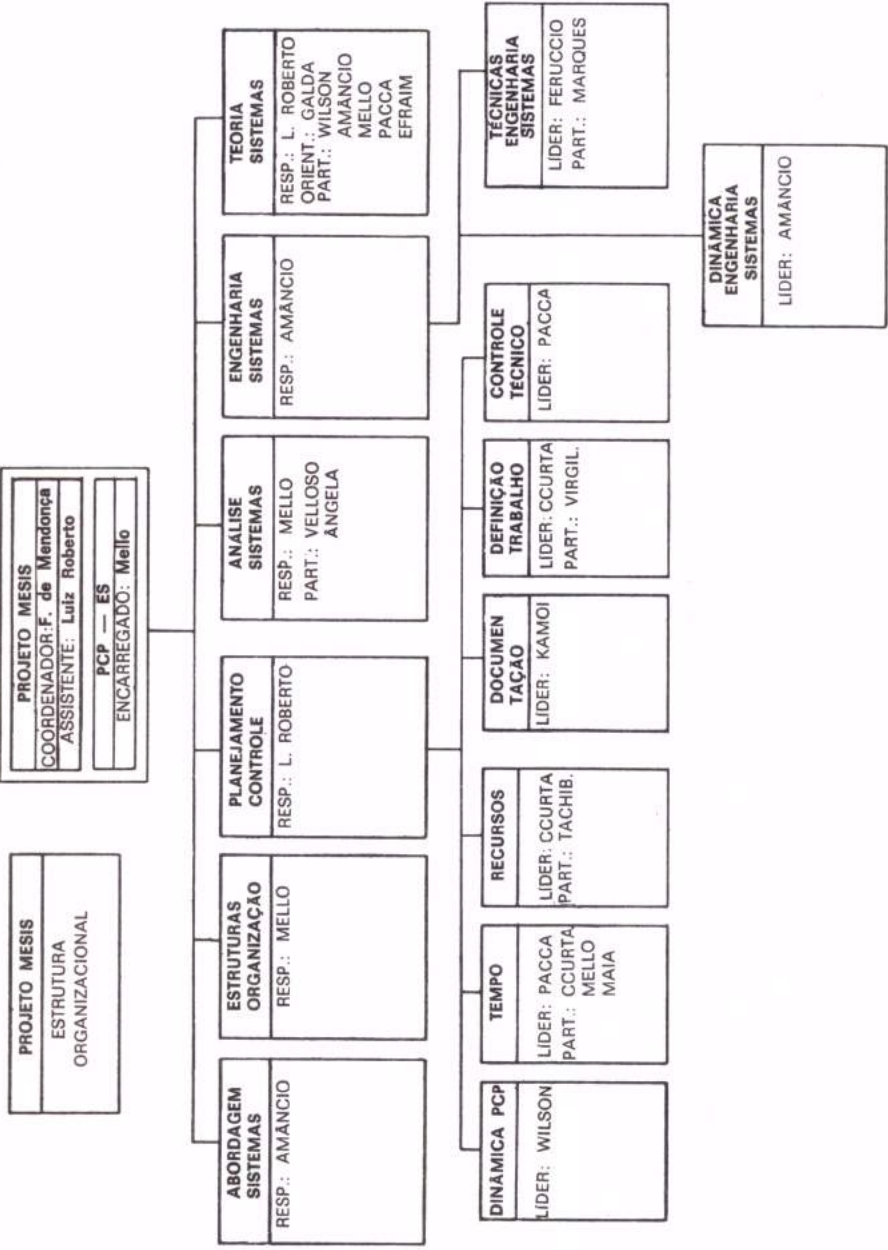
Desenvolver as seguintes subfunções:

- integrar Capítulos
- validar integração
- editar o livro internamente
- enviar para editora

## 5.0 ESTRUTURA ORGANIZACIONAL

### 5.1 ESTRUTURA FUNCIONAL





6. CRONOGRAMA-MESTRE

PROJETO MESIS — CRONOGRAMA-MESTRE											
JANEIRO	FEVEREIRO	MARÇO	ABRIL	MAIO	JUNHO	JULHO	AGOSTO				
8 13	12	5 9	30	14 17 30		5 20	9				
							▲	EDICAO			
								INTERNA FINAL			
								IMPRESSA			
							▲	EDICAO MANUSCRITA			
								VALIDADA			
							▲	CAPITULOS PRONTOS PARA INTEGRAR COM OUTROS			
								▲ TERMINO SEMINARIO PCP			
								▲ INICIO SEMINARIO PCP			
								▲ EDICAO PRELIMINAR DO LIVRO VALIDADA			
								▲ CAPITULOS PRONTOS EM FORMA PRELIMINAR PARA INTEGRAR COM OUTROS			
								▲ PLANO INICIAL DE CADA CAPITULO PRONTO			
								▲ PLANO INICIAL DO PROJETO MESIS VALIDADO			
								▲ TRABALHO DO PERIODO DE ADAPTAÇÃO TERMINADO			
								▲ PLANO DO PROJETO MESIS PARA O PERIODO DE ADAPTAÇÃO APROVADO			
								▲ PROPOSTA INICIAL DO PROJETO MESIS			



## *Sumário*

### **CAPÍTULO I / ABORDAGEM DE SISTEMAS**

<b>1.1 — INTRODUÇÃO</b>	<b>15</b>
Origens e Características	15
Sistemas: Definições	18
Classificação de Sistemas	19
Hierarquia de Sistemas	20
A Escolha de Subsistemas	20
Representação de Sistemas	20
Classificação dos Modelos	21
<b>1.2 — ABORDAGEM DE SISTEMAS E AS DISCIPLINAS RELACIONADAS</b>	<b>22</b>
Ciências de Sistemas: puras e aplicadas	22
Ciências de Sistemas e as demais Disciplinas	24
<b>1.3 — ABORDAGEM DE SISTEMAS APLICADA NO PLANEJAMENTO E EXECUÇÃO DE PROJETOS</b>	<b>26</b>
1.3.1 — Razões do uso da abordagem de sistemas em projetos	26
1.3.2 — Considerações gerais	26
1.3.3 — Definição do projeto	27
1.3.4 — Determinação da solução	33
<i>Bibliografia</i>	36

### **CAPÍTULO II / ESTRUTURAS DE ORGANIZAÇÃO**

<b>2.1 — INTRODUÇÃO</b>	<b>37</b>
2.1.1 — A estrutura de organização e o processo de engenharia de sistemas	37
2.1.2 — Organização	37
2.1.3 — Organização formal e informal	38
<b>2.2 — ADMINISTRAÇÃO DE PROJETOS</b>	<b>38</b>
<b>2.3 — QUANDO USAR ADMINISTRAÇÃO DE PROJETOS: CRITÉRIOS GERAIS</b>	<b>39</b>
<b>2.4 — FLUXO PARA INICIAR UM PROJETO</b>	<b>39</b>
<b>2.5 — ESTRUTURA ORGANIZACIONAL</b>	<b>39</b>
2.5.1 — Elementos de uma estrutura organizacional	40
2.5.2 — Montagem da estrutura "O Jogo das Funções"	42
2.5.3 — Alternativas organizacionais para um projeto	42
<b>2.6 — COMPARAÇÕES</b>	<b>46</b>
2.6.1 — A estrutura organizacional e as abordagens	46
2.6.2 — A estrutura organizacional e as orientações: projeto e funções	47
<b>2.7 — COMENTÁRIOS FINAIS</b>	<b>50</b>
<i>Bibliografia</i>	51

### CAPITULO III / ENGENHARIA DE SISTEMAS

1. — INTRODUÇÃO	53
2. — FINALIDADES DA E.S.	54
3. — GRUPO DE E.S.	54
4. — DIVISÃO DA E.S.	55
4.1 — CARACTERIZAÇÃO DE SISTEMAS	56
4.1.0 — Processos e técnicas de Eng. de Sistemas	56
4.1.1 — Processo de E.S.	56
4.1.1.1 — Fases cronológicas	56
4.1.1.2 — Passos lógicos	59
4.1.2 — Técnicas de Caracterização de sistemas	64
4.1.2.1 — Objetivos	64
4.1.2.2 — Requisitos	66
4.1.2.3 — Árvore de especificações	79
4.1.2.4 — Especificações	81
4.1.2.5 — Diagrama de fluxo de trabalho (DFT)	93
4.1.2.6 — Folhas de alocação de requisitos	96
4.1.2.7 — Folhas de projeto	100
4.1.2.8 — Cronograma-mestre	105
4.1.2.9 — Estrutura da Divisão de Trabalho (EDT)	105
4.1.2.10 — Cronograma de Tarefas	105
4.1.2.11 — Fluxo de Informações	105
4.1.2.12 — Sumário de Documentação	105
<i>Bibliografia</i>	108

### CAPÍTULO IV / ANÁLISE DE SISTEMAS

4.1 — INTRODUÇÃO	109
4.2 — FILOSOFIA DA ANÁLISE DE SISTEMAS	109
4.2.1 — Conceituação	109
4.2.2 — Elementos	110
4.2.3 — Fases	111
4.2.4 — Sequência lógica	112
4.2.5 — A estrutura de uma análise custo/efetividade	116
4.3 — SELEÇÃO DE SISTEMAS	116
4.3.1 — Introdução	116
4.3.2 — Os Parâmetros	120
4.3.2.1 — O custo	120
4.3.2.2 — O tempo	121
4.3.2.3 — A efetividade	123
4.3.3 — As análises	124
4.3.3.1 — A análise custo/efetividade	124
4.3.3.2 — A análise tempo/efetividade	126
4.3.4 — Comparações	128
4.3.4.1 — Efetividade e eficiência	128
4.3.4.2 — A análise custo/efetividade e a análise custo/benefício	128



4.4 —	<b>RELAÇÃO ENTRE ANÁLISE DE SISTEMAS E OUTRAS ANÁLISES</b>	128
4.4.1 —	Relação entre análise de sistemas, a ciência e a engenharia	128
4.4.2 —	A análise de sistemas e a pesquisa operacional	128
4.4.3 —	A análise de sistemas e análise custo-efetividade	129
4.4.4 —	A análise de sistemas e as técnicas de engenharia de sistemas aplicadas à administração	130
4.5 —	<b>SISTEMA DE PLANEJAMENTO E ORÇAMENTO-PROGRAMA (PPBS) UMA APLICAÇÃO DE SISTEMAS</b>	130
4.5.1 —	Introdução	130
4.5.2 —	O que vem a ser PPBS	131
4.5.3 —	Características do PPBS	131
4.5.3.1 —	Característica estrutural	132
4.5.3.2 —	Característica analítica	132
4.5.3.3 —	Característica de informação	132
4.5.3.4 —	Característica de planejamento	133
4.5.3.5 —	Características de avaliação	133
4.5.3.6 —	Documentos básicos dos PPBS	133
4.5.3.7 —	Conclusão	133
	<i>Bibliografia</i>	135

## CAPÍTULO V / PLANEJAMENTO E CONTROLE DO PROJETO (PCP)

5.1 —	<b>DINÂMICA DE PCP</b>	137
5.1.1 —	Introdução	137
5.1.2 —	O que é planejamento e controle do programa	137
5.1.3 —	Por que existe um grupo de PCP?	138
5.1.4 —	Funções de um grupo de PCP	139
5.1.4.1 —	Introdução	139
5.1.4.2 —	Funções principais de um PCP	139
5.1.4.2.1 —	Planejamento da estrutura de organização	139
5.1.4.2.2 —	Planejamento e controle de progresso	140
5.1.4.2.3 —	Planejamento e controle de custos	141
5.1.4.2.4 —	Controle de Documentação	142
5.1.4.2.5 —	Assistência administrativa ao gerente do projeto	142
5.1.4.3 —	Conclusão	143
5.1.5 —	Possível ciclo de ação de um PCP	144
	<i>Bibliografia</i>	146
5.2 —	<b>CONTROLE DE TEMPO</b>	147
5.2.0 —	Introdução geral	147
5.2.1 —	Cronogramas	147
5.2.1.1.0 —	Introdução	147
5.2.1.2.0 —	Tipos de cronograma	148
5.2.1.2.1 —	Cronograma-mestre	148
5.2.1.2.2 —	Cronograma parcial	148
5.2.1.2.3 —	Diagrama de marcos	148
5.2.1.3.0 —	Descrição	148
5.2.2 —	Diagrama de marcos	151
5.2.2.1.0 —	Introdução	151
5.2.2.2.0 —	Descrição	151
5.2.3 —	PERT/CPM	160
5.2.3.1.0 —	Introdução	160
5.2.3.1.1 —	PERT	160
5.2.3.1.2 —	CPM	160
5.2.3.1.3 —	PERT/CPM — Características	160
5.2.3.1.4 —	Escolha entre PERT/CPM	160

5.2.3.1.5 — Fatores básicos	160
5.2.3.1.6 — Sigla PERT/CPM	161
5.2.3.1.7 — Projeto MESIS (Manual de Engenharia de Sistemas)	161
5.2.3.2.0 — Descrição das técnicas	161
5.2.3.2.1 — Definições e representações gráficas	161
5.2.3.2.2 — Montagem da rede	162
5.2.3.2.2.1 — Atividades conhecidas	162
5.2.3.2.2.2 — Atividades não perfeitamente conhecidas	166
5.2.3.2.3 — Estimativa de tempo	168
5.2.3.2.4 — Ordenação da rede	171
a) Montagem da matriz X	172
b) Montagem da matriz Y	172
5.2.3.2.5 — Processamento	173
5.2.3.2.5.1 — Caminho crítico	173
5.2.3.2.5.2 — Cedo e tarde	174
a) Cálculo na rede	180
b) Cálculo por meio de algoritmo	181
5.2.3.2.6 — Algumas vantagens e desvantagens do PERT/CPM	184
5.2.3.3.0 — Acompanhamento	184
5.2.3.3.1 — Diagrama acumulativo de eventos cumpridos	184
5.2.3.3.2 — Controle do caminho crítico (e/ou subcríticos)	185
5.2.3.4.0 — Exemplo de aplicação	192
5.2.3.5.0 — Fases de utilização dos métodos num projeto	203
5.2.3.5.1 — Fases de planejamento	203
5.2.3.5.2 — Fase intermediária	203
5.2.3.5.3 — Fase de operações	203
5.2.4 — Linha de Balanço (LOB)	206
5.2.4.1.0 — Introdução	206
5.2.4.2.0 — Aplicações para operações de produção	206
5.2.4.2.1.1 — Gráfico de objetivos	206
5.2.4.2.1.2 — Plano de Produção	209
5.2.4.2.1.3 — Avaliação do Progresso	209
5.2.4.2.1.4 — Análise de variação	212
5.2.4.3 — Aplicações a controle de progresso de projetos	212
5.2.4.3.1 — Técnicas	213
5.2.4.3.1.1 — Gráficos de objetivos	213
5.2.4.3.1.2 — Cronograma de tarefas	217
5.2.4.3.1.3 — Avaliação do progresso	217
5.2.4.3.1.4 — Linha de Balanço	222
5.2.5 — Lista de itens de ação	224
5.2.6 — Lista de eventos-chaves	226
5.2.7 — Lista de problemas-chaves	227
<i>Bibliografia</i>	228
<b>5.3 — DEFINIÇÃO DO TRABALHO E CONTROLE DE RECURSOS</b>	<b>229</b>
<b>5.4 — NOTAS COMPLEMENTARES</b>	<b>247</b>
<b>5.5 — PROGRAMA DE COMPUTADOR</b>	<b>254</b>
<b>5.6 — DOCUMENTAÇÃO E ARQUIVO</b>	<b>268</b>
5.6.1 — Introdução	
5.6.2 — Finalidades do sistema de documentação e arquivo	268
5.6.2.1 — Sistema de documentação	268
5.6.2.2 — Sistema de arquivo	269
5.6.3 — Critérios de organização e controle	270
5.6.3.1 — Biblioteca departamental do Projeto SACI	270
5.6.3.2 — O sistema de arquivo no NAS	271
5.6.3.2.1 — Arquivo de correspondência	271

5.6.3.2.2 — Arquivo de documentos de projetos	273
5.6.3.2.3 — Arquivo de documentos confidenciais	274
5.6.3.2.4 — Arquivo de pessoal	274
5.6.4 — Fluxo de documentação	274
5.6.5 — Conclusão	277
<i>Bibliografia</i>	284
<b>APÊNDICE I — TEORIA GERAL DE SISTEMAS</b>	<b>285</b>
<i>Bibliografia</i>	286
<b>APÊNDICE II — COMO FOI CONDUZIDA A CONFEÇÃO DESTE MANUAL</b>	<b>287</b>



Este livro foi composto  
e impresso nas oficinas  
gráficas da  
Editora **Vozes** Limitada  
Rua Frei Luís, 100  
Petrópolis, Estado do Rio  
de Janeiro, Brasil.

# INTRODUÇÃO À TEORIA DOS SISTEMAS

*C. West Churchman*

---

O enfoque sistêmico é, hoje, o principal modelo utilizado em ciências sociais, teoria administrativa, economia, etc. Contudo, no Brasil, ainda não é suficientemente conhecido, principalmente, cremos, por ter tido origem na teoria matemática da cibernética.

O presente livro constitui iniciação bastante acessível a esse tipo de "approach" e, o que é mais importante, sem usar o seu aparelhamento matemático.

A aplicação do enfoque sistêmico, no momento considerado o mais global e maleável dos modelos de análise, poderá trazer novas e inesperadas vias para o conhecimento científico, servindo, mesmo, como um primeiro e elementar esboço para a integração das várias ciências e a emergência de novos tipos de pensamento.

Muito se fala em enfoque sistêmico, mas o que realmente se entende por isso? Quais suas aplicações no presente e no futuro? O presente livro abrange desde a noção elementar de sistema até exercícios práticos de enfoque sistêmico nas diversas disciplinas.

---



Rua Frei Luís, 100 - Petrópolis, RJ.

Filiais: Rio: Rua Senador Dantas, 118-I São Paulo: Rua Senador Feijó, 168 Belo Horizonte: Rua Tupis, 85 Porto Alegre: Rua Riachuelo, 1280

Capa: João-Lauro