

TESE

1061

ESCOLA FEDERAL DE ENGENHARIA DE ITAJUBÁ

GESTÃO DAS ATIVIDADES DO PERT /CPM
INTEGRADAS EM CADEIA DE VALOR

Delfino Paiva Teixeira de Freitas

ITAJUBÁ AGOSTO 2000

ESCOLA FEDERAL DE ENGENHARIA DE ITAJUBÁ



Delfino Paiva Teixeira de Freitas

GESTÃO DAS ATIVIDADES DO PERT/CPM INTEGRADAS EM CADEIA DE VALOR

*Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção como requisito parcial à obtenção do título de **Mestre em Engenharia de Produção***

Orientador: Prof. Edson de Oliveira Pamplona, Dr.

Co-orientador: Prof. Eurycibiades Barra Rosa, M.Sc.

Itajubá, agosto de 2000

| | |
|--------|----------------|
| CLASS. | 65.012 (043.2) |
| CLT. | F 862g |
| TOMBO. | 1061 |

FREITAS, Delfino Paiva Teixeira de. *Gestão das Atividades do PERT/CPM integradas em Cadeia de Valor*. Itajubá: EFEI, 2000. 120p. (Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação, em Engenharia de Produção da Escola de Engenharia de Itajubá).

Resumo: Este trabalho tem como principal proposta o uso dos conceitos de Cadeia de Valor - CV para a definição, integração e gestão das atividades que serão programadas pelo método PERT/CPM. Através da análise da CV, soluções simples poderão ser encontradas, adequando os sistemas produtivos às necessidades dos clientes e somando benefícios no tempo, custo e qualidade dos processos. A análise da CV assegura a gestão de um conjunto de atividades, promovendo a compreensão das relações econômicas que existem entre elas e assim define uma seqüência ótima para o fluxo de realização do trabalho. O desenho da CV dos processos empresariais se inicia com o estabelecimento de estratégias corporativas, a partir das informações obtidas junto aos clientes e segue na direção da implementação de acordos e procedimentos operacionais que visam à melhoria contínua dos processos da empresa, através de sistemas integrados de gestão que envolvem tanto os aspectos financeiros, quanto os de desempenho operacional. A Cadeia de Valor dos processos empresariais se tornou uma ferramenta de competitividade. Além do mais, a CV preserva o segredo do sucesso, porque para os concorrentes copiarem um produto ou obterem informações sobre a origem dos recursos, as tarefas se tornaram razoavelmente fáceis, porém, a imitação do *modus operandi* de uma **rede integrada de atividades de valor** ainda é uma tarefa extremamente difícil.

Palavras-Chaves: Atividades, Cadeia de Valor, PERT

ESCOLA FEDERAL DE ENGENHARIA DE ITAJUBÁ

Delfino Paiva Teixeira de Freitas



GESTÃO DAS ATIVIDADES DO PERT/CPM INTEGRADAS EM CADEIA DE VALOR

Dissertação aprovada por banca examinadora em 18 de agosto de 2000, conferindo ao autor o título de *Mestre em Engenharia de Produção*

Banca Examinadora:

Prof. Edson de Oliveira Pamplona, Dr. (Orientador)

Prof. Eurycibiades Barra Rosa, M.Sc.

Prof. Tadeu Antônio da Silva Martins, Dr.

Itajubá, agosto de 2000

*Por singrar em águas calmas, impulsionado pela
sinergia do nosso amor, dedico este trabalho à
minha esposa Stelamaris e às minhas filhas
Renata e Fernanda.*

Agradecimentos

Expresso os meus sinceros agradecimentos às seguintes pessoas e instituições:

Ao Professor Edson de Oliveira Pamplona pela inestimável dedicação, paciente orientação e pelos oportunos incentivos que tornaram possível a realização do presente trabalho;

Ao Professor Eurycibiades Barra Rosa pela colaboração na conclusão do trabalho;

À Escola Federal de Engenharia de Itajubá, através do Departamento de produção, pela oportunidade de capacitação;

A todos funcionários, clientes e fornecedores da Construtora Teixeira de Freitas pela valiosa contribuição e apoio profissional;

A todos os parentes e amigos que de forma direta ou indireta, contribuíram com a realização deste trabalho;

Aos meus pais pelo amor, carinho e pela oportunidade de existir.

Sumário

| | |
|---|-------------|
| Agradecimentos | <i>iii</i> |
| Sumário | <i>iv</i> |
| Abstract | <i>viii</i> |
| Lista de Figuras | <i>ix</i> |
| Lista de Quadros | <i>xi</i> |
| Lista de Abreviaturas | <i>xii</i> |
| | |
| 1 INTRODUÇÃO | 1 |
| 1.1 JUSTIFICATIVA DO TEMA | 1 |
| 1.2 OBJETIVO | 3 |
| 1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO | 3 |
| | |
| 2 USO DA CADEIA DE VALOR PARA DEFINIÇÃO DAS ATIVIDADES DO PERT/CPM | 6 |
| 2.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS | 6 |
| 2.2 A CADEIA DE VALOR | 7 |
| 2.2.1 As Ligações com os Fornecedores | 8 |
| 2.2.2 As Ligações com os Clientes | 9 |
| 2.2.3 As Ligações dos processos dentro da Cadeia de Valor de uma Unidade Empresarial | 10 |
| 2.3 PROCESSOS DE INOVAÇÃO | 12 |
| 2.4 PROCESSOS OPERACIONAIS | 15 |
| 2.5 SERVIÇOS PÓS-VENDAS | 16 |
| 2.6 LIGAÇÕES ATRAVÉS DA CADEIA DE VALOR DA EMPRESA DENTRO DE UMA ORGANIZAÇÃO | 17 |
| 2.7 IDENTIFICAÇÃO E AVALIAÇÃO DAS ATIVIDADES DA CADEIA DE VALOR ATRAVÉS DA ANÁLISE DOS PROCESSOS DO NEGÓCIO (BPA – BUSINESS PROCESS ANALYSIS) | 20 |
| 2.7.1 Desenvolvendo um Modelo de Processo | 20 |

| | | |
|----------|--|-----------|
| 2.7.2 | Desenvolvendo uma definição de processo/atividade e o grau de subdivisão dos processos | 22 |
| 2.7.2.1 | Identificação do Resultado do Subprocesso | 22 |
| 2.7.2.2 | Identificação das Atividades | 24 |
| 2.7.2.3 | Identificação dos Clientes e Fornecedores dos Resultados | 24 |
| 2.7.2.4 | Identificação e a alocação dos Insumos | 25 |
| 2.7.3 | Análise do Valor do Processo (PVA – Process Value Analysis) | 26 |
| 2.7.4 | Desenvolvimento de um plano de Melhoria | 29 |
| 2.8 | CONSIDERAÇÕES FINAIS | 31 |
| 3 | MEDINDO AS ATIVIDADES NA CADEIA DE VALOR | 33 |
| 3.1 | CONSIDERAÇÕES INICIAIS | 33 |
| 3.2 | MEDIDAS DE DESEMPENHO DO PROCESSO DE INOVAÇÃO | 34 |
| 3.2.1 | Medidas para a pesquisa básica e aplicada | 34 |
| 3.2.2 | Medidas para o projeto e o desenvolvimento de produtos | 35 |
| 3.3 | MEDIDAS DE DESEMPENHO DOS PROCESSOS OPERACIONAIS | 37 |
| 3.3.1 | Medidas de performance do tempo de ciclo | 37 |
| 3.3.2 | Medidas da qualidade dos processos | 44 |
| 3.3.3 | Medidas de custo dos processos | 47 |
| 3.4 | MEDIDAS PARA OS SERVIÇOS PÓS-VENDAS | 49 |
| 3.5 | CONSIDERAÇÕES FINAIS | 50 |
| 4 | CONSTRUINDO UMA REDE PERT/CPM COM CONCEITOS DA CADEIA DE VALOR | 51 |
| 4.1 | CONSIDERAÇÕES INICIAIS | 51 |
| 4.2 | ELEMENTOS DA PROGRAMAÇÃO E REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DA REDE PERT/CPM | 53 |
| 4.2.1 | Eventos: Representação e Terminologia Brasileira | 53 |
| 4.2.2 | Atividades: Representação e Terminologia Brasileira | 54 |
| 4.2.3 | Lista de Atividades | 55 |
| 4.3 | TÉCNICAS DE MONTAGEM DA REDE PERT/CPM | 56 |
| 4.3.1 | Critérios básicos | 56 |

| | | |
|----------|--|-----------|
| 4.3.2 | Numeração das Atividades e Eventos | 57 |
| 4.3.3 | Atividades Fantasmas | 57 |
| 4.3.3.1 | A representação de Atividades Paralelas | 57 |
| 4.3.3.2 | A correlação entre Atividades | 59 |
| 4.3.3.3 | Múltipla subordinação | 62 |
| 4.3.3.4 | Atividade de Enlace | 62 |
| 4.4 | DURAÇÃO E O ESTABELECIMENTO DE DATAS PARA A REALIZAÇÃO DO PROGRAMA | 62 |
| 4.4.1 | O Caminho Crítico | 63 |
| 4.4.2 | Cedo de um evento E_j | 64 |
| 4.4.3 | Tarde de um evento E_i | 66 |
| 4.4.4 | Datas de início e término de uma Atividade | 69 |
| 4.4.4.1 | Primeira Data de Início de uma Atividade – PDI | 70 |
| 4.4.4.2 | Última Data de Início de uma Atividade – UDI | 70 |
| 4.4.4.3 | Primeira Data de Término de uma Atividade – PDT | 70 |
| 4.4.4.4 | Última Data de Término de uma Atividade – UDT | 70 |
| 4.4.4.5 | Tempo total disponível- Ttd_{ij} | 70 |
| 4.5 | FOLGAS | 71 |
| 4.5.1 | Folgas de Eventos | 71 |
| 4.5.2 | Folgas de Atividades | 73 |
| 4.5.2.1 | Folga Total – FT | 74 |
| 4.5.2.2 | Folga Livre – FL | 75 |
| 4.5.2.3 | Folga Dependente – FD | 75 |
| 4.5.2.4 | Folga Independente – FI | 75 |
| 4.6 | MEDINDO O DESEMPENHO DAS ATIVIDADES | 75 |
| 4.7 | CONSIDERAÇÕES FINAIS | 77 |
| 5 | AVALIAÇÃO DAS ESTIMATIVAS DE DURAÇÃO DAS ATIVIDADES DO PERT/CPM | 79 |
| 5.1 | CONSIDERAÇÕES INICIAIS | 79 |
| 5.2 | INTRODUZINDO LIMITAÇÕES DE RECURSOS | 80 |
| 5.3 | ESTIMANDO OS TEMPOS DE DURAÇÃO | 88 |
| 5.4 | OBTENDO E ANALISANDO ESTIMATIVAS DE DURAÇÃO | 91 |

| | | |
|----------|--|------------|
| 5.5 | ANALISANDO AS ESTIMATIVAS A PARTIR DO TEMPO DE CICLO | 93 |
| 5.6 | AVALIANDO QUALITATIVAMENTE AS ESTIMATIVAS PELO MÉTODO AHP (<i>ANALYTIC HIERARCHIC PROCESS</i>) | 95 |
| 5.6.1 | O Método AHP | 95 |
| 5.6.2 | Avaliando Estimativas de Tempos de Duração das Atividades pelo Método AHP | 99 |
| 5.7 | CONSIDERAÇÕES FINAIS | 105 |
| 6 | CONCLUSÕES | 107 |
| 6.1 | CONSIDERAÇÕES GERAIS | 107 |
| 6.2 | CONCLUSÃO | 109 |
| 6.3 | SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS | 110 |
| | Anexo A | 111 |
| | Referências Bibliográficas | 116 |
| | Bibliografia Complementar | 119 |

Abstract

The main purpose of this work is the application of concepts of value chain to determine, integrate and manage the activities to be programmed by the PERT/CPM method. Simple solutions may be obtained through the analysis of value chain, thus adjusting production systems to client's needs, resulting in additional time benefit, cost reduction and quality to the processes. The analysis of the value chain assures the management of a set of activities leading to the understanding of economical relationship which takes place among them, defining an optimum sequence for job flow accomplishment. The design of the value chain of business processes starts off with the establishing of corporate strategies, which begin with information obtained from clients and then develops towards the implementation of agreements and operational procedures which are targeted at the continuous improvement of company's processes, by means of integrated management systems which consider financial aspects as well as operational performance ones. The value chain of corporate processes has become a tool of competitiveness. In addition, it preserve the secret of success, because copying a product or obtaining information about the source of resources have become reasonably easy tasks for the competitors too, while imitating the *modus operandi* of an **integrated network of value activities** is still an extremely difficult one.

Lista de Figuras

| Figura | | Página |
|---------------|---|---------------|
| 2-1 | Atividades de valor no processo de armação de ferragens, realizadas pela distribuidora e pela construtora, respectivamente, antes e depois da intervenção na CV | 09 |
| 2-2 | Cadeia de Valor dos Processos Internos | 11 |
| 2-3 | Processos de Inovação na Cadeia de Valor dos Processos Internos | 14 |
| 2-4 | Modelo genérico dos Processos Operacionais | 16 |
| 2-5 | Modelo genérico da Cadeia de Valor do Processo dos Serviços Pós-vendas | 17 |
| 2-6 | Cadeia de Valor na usina de concreto | 19 |
| 2-7 | Resultado do Subprocesso representado no evento do PERT/CPM | 23 |
| 3-1 | Gráfico do Tempo de Equilíbrio | 36 |
| 3-2 | Atividades do Processo Operacional e a definição operacional da Eficiência, Eficácia e Produtividade | 39 |
| 3-3 | Definição Operacional e os Seis Pontos de Verificação de Qualidade na Cadeia de Valor | 46 |
| 3-4 | Como o ABM usa as informações do ABC | 48 |
| 4-1 | Eventos representação gráfica | 54 |
| 4-2 | Representação incorreta de atividades paralelas | 58 |
| 4-3 | Representação correta das atividades paralelas com a inserção de atividade fantasma | 58 |
| 4-4 | Representação de atividades paralelas no diagrama de blocos | 59 |
| 4-5 | Representação incorreta de atividades não correlacionadas | 60 |
| 4-6 | Representação correta de atividades não correlacionadas | 60 |

| | | |
|------|---|----|
| 4-7 | Na diagramação em blocos é dispensada a introdução de atividades virtuais para representar a subordinação das atividades | 61 |
| 4-8 | O caminho crítico representa o caminho mais longo para se alcançar o objetivo final do programa | 63 |
| 4-9 | O evento E_j é atingido pelas atividades | 65 |
| 4-10 | O “cedo” de um evento | 66 |
| 4-11 | O menor valor das atividades que partem de E_i determinam o tarde desse evento | 67 |
| 4-12 | Tarde de um evento | 68 |
| 4-13 | Os cedos e os tardes das atividades e o caminho crítico de um programa, representado no diagrama de blocos | 69 |
| 4-14 | No caminho crítico a folga dos eventos podem ser nulas | 73 |
| 4-15 | As datas cedo e tarde dos eventos que limitam uma atividade determinam as folgas das mesmas | 74 |
| 4-16 | O desempenho das atividades também pode ser medido nas suas respectivas folgas livres (FL) e/ou dependentes (FD) | 76 |
| 5-1 | Exemplo de rede PERT/CPM para alocação de recursos | 82 |
| 5-2 | Reconciliação com os resultados reais | 87 |
| 5-3 | Os tempos de duração médios e as variâncias podem ser somadas para se obter a média e a variância total do projeto | 90 |
| 5-4 | Cálculo da eficiência do tempo de ciclo (EC) para uma estimativa de tempo de ciclo (horas) do processo de compra de materiais | 94 |
| 5-5 | Estrutura hierárquica do problema de classificação de estimativas de tempo de duração das atividades | 96 |

Lista de Quadros

| Quadro | | Página |
|---------------|--|---------------|
| 2-1 | Modelo dos Processos do Negócio com base na análise da Cadeia de Valor | 21 |
| 2-2 | Matriz de ordenação das atividades do subprocesso de conversão para fundações em tubulões a céu aberto | 25 |
| 2-3 | Metodologia para solução de problemas | 30 |
| 4-1 | Representação Gráfica para as Atividades | 55 |
| 5-1 | Matriz de ordenação incluindo as durações, folgas e recursos alocados às atividades | 82 |
| 5-2 | Perfil dos recursos – iteração 1 | 82 |
| 5-3 | Perfil dos recursos – iteração 2 | 83 |
| 5-4 | Reconciliação entre os dados contábeis e os dados reais | 86 |
| 5-5 | Escala de julgamento de importância do método AHP | 97 |
| 5-6 | Matriz de comparação paritária dos critérios de julgamento | 97 |
| 5-7 | Valores de CA (consistência aleatória) em função da ordem da matriz | 99 |
| 5-8 | Matriz de comparações dos critérios C_1 , C_2 , C_3 e C_4 | 102 |
| 5-9 | Matriz de comparação relativa ao critério C_1 ; autovetor e consistência dos dados | 103 |
| 5-10 | Matriz de comparação relativa ao critério C_2 ; autovetor e consistência dos dados | 103 |
| 5-11 | Matriz de comparação relativa ao critério C_3 ; autovetor e consistência dos dados | 103 |
| 5-12 | Matriz de comparação relativa ao critério C_4 ; autovetor e consistência dos dados | 104 |
| 5-13 | Importância relativa (peso) da estimativa para cada critério | 104 |

Lista de Abreviaturas

| | |
|------|--|
| ABC | <i>Activity Based Costing</i> |
| ABM | <i>Activity Based Management</i> |
| ABNT | Associação Brasileira de Normas Técnicas |
| AHP | <i>Analytic Hierarchic Process</i> |
| BPA | <i>Business Process Analysis</i> |
| CA | Consistência Aleatória |
| CER | Consumo Efetivo de Recursos |
| CPM | <i>Critical Path Method</i> |
| CPR | Consumo de Recursos Previsto |
| CV | Cadeia de Valor |
| EC | Eficiência do Tempo de Ciclo |
| ECP | Eficácia do Ciclo de Produção |
| ER | Eficiência da Alocação de Recursos |
| FD | Folga Dependente |
| FI | Folga Independente |
| FL | Folga Livre |
| FT | Folga Total (<i>Slack</i>) |
| IC | Índice de Consistência |
| JIT | <i>Just-in-Time</i> |
| NVA | <i>Non Value Added</i> |
| OE | <i>Output Esperado</i> |
| OO | <i>Output Obtido</i> |
| P&D | Projeto e Desenvolvimento |

| | |
|----------|--|
| PDI | Primeira Data de Início de uma Atividade |
| PDT | Primeira Data de Término de uma Atividade |
| PERT | <i>Program Evaluation and Review Technique</i> |
| PVA | <i>Process Value Analysis</i> |
| QC Story | <i>Quality Control Story</i> |
| RC | Razão de Consistência |
| TCM | <i>Total Costs Management</i> |
| TQC | <i>Total Quality Control</i> |
| UDI | Última Data de Início de uma Atividade |
| UDT | Última Data de Término de uma Atividade |
| VA | <i>Value Added</i> |
| VAC | Ventilação e Ar-Condicionado |

1 Introdução

1.1 Justificativa do Tema

O método para a programação de atividades PERT/CPM (*Program Evaluation and Review Technique/Critical Path Method*), tem sido empregado em diversos setores de serviços, principalmente nos relacionados à engenharia para a execução de obras de construção civil. O método PERT/CPM, além da simplicidade na sua elaboração e por ser de fácil entendimento, oferece ao usuário um perfeito cenário para o estudo e a compreensão do tempo e do relacionamento das atividades que nele são programadas. Porém, devido aos constantes avanços da tecnologia e à globalização da economia, uma nova visão gerencial tem sido preconizada, em que o maior enfoque está sendo direcionado ao estudo das atividades, visando à melhoria dos processos produtivos e à satisfação dos clientes/consumidores finais.

Ao proferir as seguintes palavras: “*O que importa no mercado é a realidade econômica, os custos dos processos econômicos inteiros, não quem possui o quê*”, **Drucker** (1995: 57), referia-se à estratégia de liderança de preços que tem sido praticada por algumas empresas, com o objetivo de conquistar o mercado. O argumento dessas empresas, explica o autor, é o controle e a redução dos custos de produção. Porém, esse controle pode trazer alguns benefícios a longo prazo e, ao mesmo tempo, não cria barreiras contra as pressões de um mercado competitivo e de clientes cada vez mais exigentes.

Novas empresas chegam ao mercado com uma “tremenda vantagem” de custo. Essa vantagem, geralmente em torno de 30%, não é, segundo a visão de Drucker, o resultado tão-somente de um controle rigoroso sobre os custos, nova tecnologia ou estratégias de marketing.

A razão é sempre uma: essas empresas conhecem e gerenciam os custos da cadeia econômica inteira ao invés de seus custos de produção apenas. Desta forma, para que sejam alcançadas tais metas de gerenciamento, não basta, portanto, o controle rigoroso sobre o custo dos produtos. É necessário que as informações de custo, associadas às medidas de performance, sejam utilizadas no gerenciamento e na melhoria contínua das **atividades econômicas que produzem esses produtos**.

Para satisfazer estas condições, com base na análise da Cadeia de Valor, propõe-se a integração de três sistemas de gestão: o sistema de custos baseado em atividades - ABC (*Activity Based Costing*); o sistema de gestão baseado em atividades – ABM (*Activity Based Management*) e o método para a programação de atividades PERT/CPM.

O primeiro, o ABC, através de técnicas que visam a rastrear o consumo de recursos às atividades e destas aos objetos de custeio, via direcionadores de custos, fornece informações ao ABM. E essas informações de custo, associadas às medidas de performance das atividades, são usadas pelo ABM em várias análises, com o objetivo de gerar estratégias com vistas às pressões competitivas, auxiliar nas decisões relacionadas à composição de preços, nos projetos de produtos/processos, na eliminação das perdas dos processos operacionais e, conseqüentemente, para a melhoria contínua dos processos da organização. Assim, em decorrência, qualquer decisão tomada com base nas análises que resultam dessa integração, poderão ser validadas, através das técnicas de programação e de representação gráfica do PERT/CPM.

1.2 Objetivo

O objetivo deste trabalho é propor o gerenciamento das atividades integradas em Cadeia de Valor, considerando as suas características mais relevantes, para serem usadas numa programação em rede PERT/CPM.

1.3 Estrutura do Trabalho

O trabalho está dividido em seis capítulos, que a seguir passam a ser comentados.

O **primeiro capítulo** é destinado à introdução, onde estão apresentadas as justificativas do tema escolhido, o objetivo e a organização do texto.

A análise da Cadeia de Valor é abordada no **segundo capítulo**. Como parte da revisão bibliográfica, são apresentadas as ligações econômicas entre as atividades de valor na cadeia do cliente com a do fornecedor, e as ligações entre os processos econômicos internos da CV da empresa. Também, como parte desta análise são apresentados de forma sistematizada os procedimentos necessários para a identificação e avaliação das atividades na CV, que podem ser efetuadas através da Análise dos Processos do Negócio (BPA - *Business Process Analysis*), possibilitando a elaboração da lista de atividades que serão programadas pelo PERT/CPM. Estes procedimentos estão subdivididos em quatro etapas: *i)* A etapa I trata do desenvolvimento de um modelo para os processos empresariais com base na análise crítica da CV. *ii)* A etapa II promove o desenvolvimento de uma definição do processo/atividade, em que são discutidos o detalhamento das atividades e a identificação dos seus resultados, os seus clientes e fornecedores, incluindo a matriz de ordenação das atividades para uma futura programação no PERT/CPM. *iii)* A análise do valor dos processos (PVA - *Process Value Analysis*) é apresentada da etapa III, conforme foi idealizada por **Beischel** (1990: 53-57). O PVA representa uma das principais fases do BPA, pois, através dos seus procedimentos sistematizados de análise, surgirão as oportunidades de redução de custos e a melhoria contínua das atividades dos processos. *iv)* Finalizando, a etapa IV é destinada ao desenvolvimento de um plano de melhoria contínua dos processos, através da implementação do método para a solução de problemas *QC Story*.

Dando seqüência à análise da Cadeia de Valor e também, como parte da revisão bibliográfica, o **terceiro capítulo** apresenta, como ferramenta de auxílio à gestão da CV, a

medição da performance das suas atividades, segundo os critérios de desempenho das suas características mais relevantes: tempo, custo e qualidade, que constituem em gerenciamento de projetos, de acordo com **Slack et alii** (1997: 70, 516), os principais objetivos de desempenho que deverão ser atingidos pela estratégia empresarial para alcançar vantagem competitiva, apoiada no sistema de produção. Na indicação das políticas e do posicionamento estratégico adequados à organização, a eficácia como um importante critério de desempenho, é proposta neste trabalho como medida inicial para alavancar o desempenho, através do controle e melhoria do tempo de ciclo das atividades. Para as atividades de Inovação, especialmente, são apresentadas neste capítulo algumas medidas, que podem ser efetuadas para indicar a performance do ciclo do desenvolvimento de pesquisas básicas/aplicadas e do desenvolvimento de projetos para novos produtos/processos. Considerando que a Inovação, através da criatividade e do cultivo das necessidades dos clientes, representa na organização a primeira fase da geração de valor. Também está apresentada neste capítulo a integração dos sistemas ABC/ABM, como ferramentas fundamentais para o processo de melhoria contínua da organização e como apoio aos gerentes na tomada de decisões.

O **quarto capítulo** é destinado à construção da rede PERT/CPM, com base nos conceitos da CV. Inicialmente estão apresentados alguns detalhes históricos a respeito da criação do método e suas variações. Em seguida, com dados obtidos por intermédio de pesquisas bibliográficas, incluindo as normas existentes, serão apresentados os elementos da programação e a representação gráfica do PERT/CPM. Esse capítulo também apresenta uma proposta de estudo do relacionamento econômico entre as atividades de valor, em relação ao que elas representam numa programação PERT/CPM. Finalmente, serão abordados outros detalhes técnicos que envolvem a montagem, a representação gráfica da rede, bem como, o estabelecimento de datas para a realização do programa.

No **quinto capítulo**, são abordados assuntos referentes à determinação da duração de uma atividade, considerando fatores relacionados às suas características mais relevantes para a obtenção e a avaliação das estimativas, como as limitações de recursos, o valor agregado, as incertezas que são causadas pela competitividade e o custo decorrente. São utilizados nessa abordagem métodos que consideram vários aspectos da duração de uma atividade e para estimativa desta, com o objetivo de se alcançar melhores resultados na implantação do método PERT/CPM. A abordagem metodológica, através do método de decisão multicriterial,

proposta por Saaty (1991), é utilizada para a avaliação da duração de uma atividade, através da quantificação de suas características, frente às alternativas de estimativas existentes.

O **sexto e último capítulo** é destinado à conclusão e, também, à recomendação para futuros trabalhos.

2 Uso da Cadeia de Valor para definição das atividades do PERTCPM

2.1 Considerações iniciais

O principal objetivo deste capítulo é propor a identificação e a especificação das atividades que poderão ser programadas pelo método PERT/CPM (*Program Evaluation Review Technique/Critical Path Method*), bem como para serem utilizadas em outros programas de melhoria do processo de execução das obras da construção civil, através da *Análise da Cadeia de Valor*.

Através da análise da Cadeia de Valor, podem-se identificar as atividades que agregam valor e as que não agregam valor, as atividades que podem ser eliminadas, as atividades que podem ser transferidas, ou as que devem ser exploradas ao máximo, a fim de se obter, como resultado no final do programa, produtos com altos índices de competitividade. Para tanto, neste capítulo propõe-se a análise da CV em duas fases.

Na primeira fase é apresentada e analisada a estrutura genérica da Cadeia de Valor para os negócios empresariais, incluindo as ligações entre os processos/atividades e como estes podem se relacionar economicamente, numa perspectiva cliente/fornecedor. Também, serão apresentadas as relações entre os processos/atividades dentro da CV da empresa, donde poderão ser extraídas as atividades a serem gerenciadas. Finalmente, serão apresentadas as ligações entre os processos/atividades de valor da empresa dentro do mercado organizado, que podem fornecer elementos para o posicionamento político/estratégico da empresa, para a conquista de mercado.

Também é apresentado neste capítulo numa segunda fase de análise da Cadeia de Valor, o uso das técnicas de análise dos processos do negócio – BPA (*Business Process Analysis*) como forma de identificar e avaliar as atividades propriamente ditas, nos processos econômicos da empresa.

2.2 A Cadeia de Valor

Para o sucesso de qualquer sistema de gerenciamento é necessário que se obtenha o entendimento dos processos pelos quais a empresa deverá passar na busca do mesmo. Sucesso hoje abordado num sentido mais amplo, e que deverá ser alcançado por todos aqueles que contribuíram com a construção da cadeia de valor dos negócios empresariais (Freitas e Pamplona, 1999: 2).

Seguindo a delineação de **Porter** (1986), *...uma empresa é uma série de processos inter-relacionados denominada Cadeia do Valor*. Assim, para se compreender a empresa, é necessária a efetiva compreensão das relações entre os processos que a compõem, e também reconhecer que uma empresa deve ser vista dentro do contexto de uma cadeia global de atividades, onde é gerado o “valor”.

Considerando que uma das principais metas de qualquer empresa é o crescimento da rentabilidade de seus produtos, até por uma questão natural de sobrevivência, a empresa pode, segundo a visão de **Shank e Govindarajan** (1997: 59-71), aumentar a lucratividade não apenas compreendendo sua própria cadeia de valor, do projeto à distribuição, mas também compreendendo como suas atividades de valor se encaixam nas cadeias de valor dos fornecedores e dos clientes.

Estruturalmente, a CV de uma unidade empresarial é composta por atividades estratégicas que são exercidas por seus respectivos componentes funcionais, incluindo desde os fornecedores das matérias-primas básicas, até os consumidores finais. Portanto, compreender as atividades estratégicas, pelo menos as mais relevantes dentro da CV, levará à compreensão dos custos e à fonte de diferenciação dos produtos, em relação aos concorrentes (Shank e Govindarajan, 1997: 51-79). E, para que uma empresa possa alcançar metas de melhoria de desempenho e, conseqüentemente, um aumento significativo na sua lucratividade, ela deve dentro, de uma perspectiva estratégica, a partir do conceito de CV, analisar quatro áreas fundamentais de melhoria: as ligações com os fornecedores e clientes, os processos

dentro de uma unidade empresarial e as ligações através da cadeia de valor da unidade empresarial dentro da organização

2.2.1 As Ligações com Fornecedores

De acordo com **Shank e Govindarajan** (1997: 51-79), não se deve iniciar uma análise do relacionamento com fornecedores considerando-se tão-somente o valor das compras, porque desta forma poderão ser descartadas quaisquer possibilidades de serem exploradas as relações econômicas que existem entre os processos. Explorar as ligações com os fornecedores também não significa que o relacionamento econômico entre a empresa e o fornecedor seja um jogo nulo. A ligação deve ser administrada de tal forma que as partes envolvidas obtenham benefícios com a negociação. Para isso é necessário que sejam identificadas quais as atividades e onde essas atividades do fornecedor (ou vice-versa) se encaixam na cadeia de valor da empresa. Para **Freitas e Pamplona** (1999: 3), no decorrer dessa análise, também pode ser constatado que algumas atividades que não agregam valor, portanto, são NVA (*Non Value Added*) dentro da empresa, podem perfeitamente adicionar valor sob o ponto de vista do cliente, na cadeia do fornecedor. Por exemplo:

Os fabricantes e distribuidores de aço para a construção civil, devido à segmentação do mercado têm se empenhado em melhorar o atendimento às construtoras, fornecendo o aço para construção, já trabalhado, isto é, já devidamente cortado e dobrado nas dimensões previstas para um projeto específico.

Essa intervenção no processo de fornecimento do aço transfere a responsabilidade pelo controle e reaproveitamento das sobras, para as indústrias siderúrgicas e/ou para seus distribuidores, minimizando os custos nos canteiros de obras e adicionando benefícios para ambas as partes.

Conforme se pode observar na figura 2-1, a transferência da atividade de corte do aço para a distribuidora acarreta a transferência de 6 (seis) outras atividades pertinentes ao processo que podem ser melhor executadas no depósito, ou então já fazem parte do processo do fornecedor. Também propicia a reorganização do fluxo do processo de forma adequada, melhorando a qualidade do serviço, barateando o custo das obras e aumentando a lucratividade com a venda do aço trabalhado, pois as sobras de aço, que até então constituíam entulho nos canteiros de obras, passaram a ter valor para o distribuidor, uma vez que

representam a matéria prima fundamental para o mesmo (Freitas e Pamplona, 1999: 3-5).

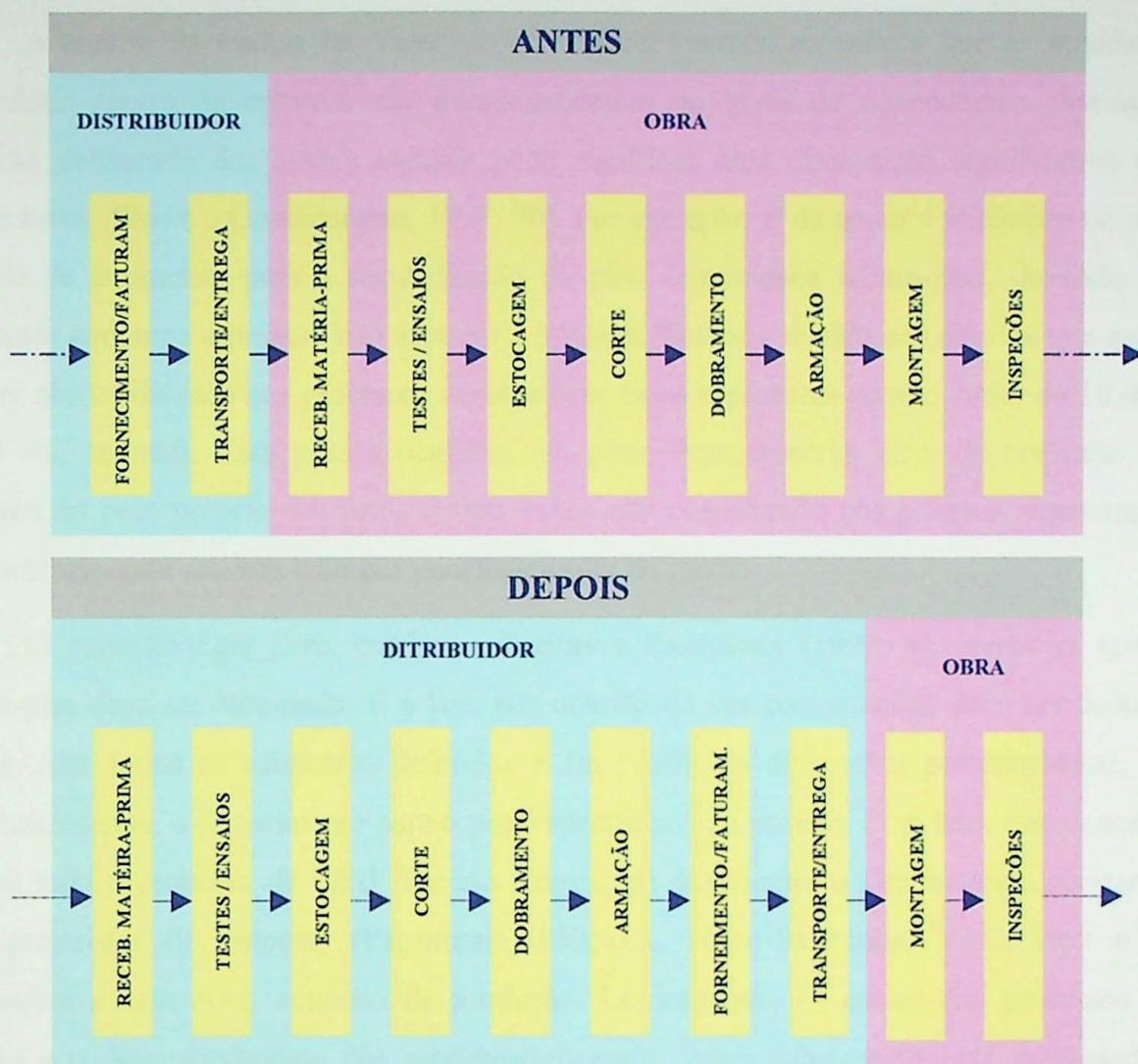


Figura 2-1 – Atividades de valor no processo de armação de ferragens, realizadas pela distribuidora e pela construtora, respectivamente, antes e depois da intervenção na CV.

2.2.2 As Ligações com os Clientes

Da mesma forma, as ligações com os clientes devem adicionar benefícios mútuos. Existem muitos casos em que as ligações com os clientes podem ser exploradas, adicionando vantagens para ambas as partes.

No exemplo anterior, o distribuidor, analisando a cadeia de valor do cliente (construtora), conseguiu determinar onde suas atividades de valor poderiam adicionar benefícios para o cliente e vice-versa.

2.2.3 As Ligações dos processos dentro da Cadeia de Valor de uma Unidade Empresarial

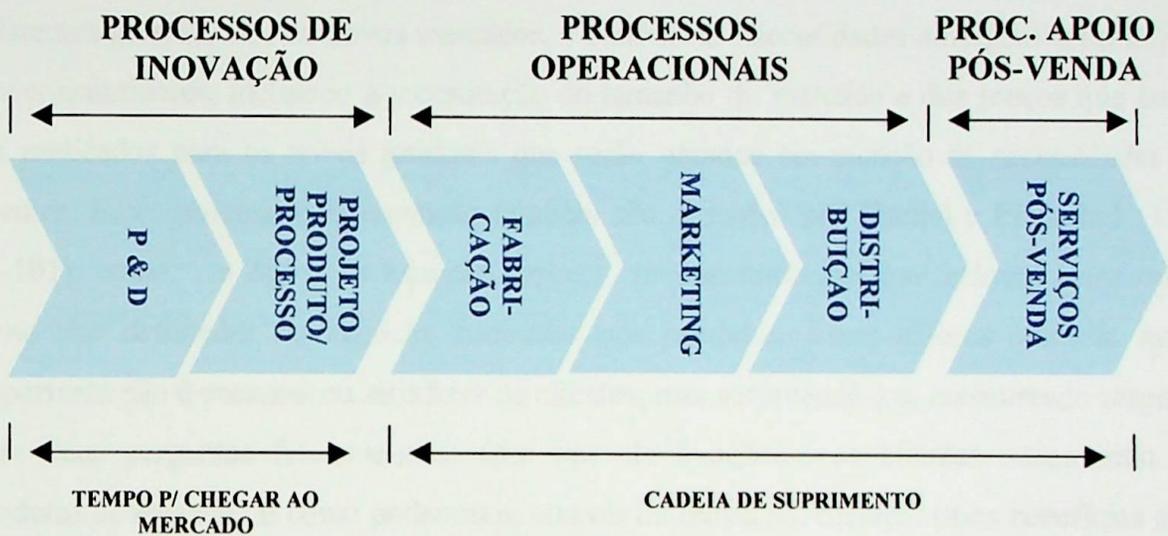
A análise da Cadeia de Valor dos processos internos reconhece que as atividades individuais dentro da empresa são interdependentes ao invés de dependentes. Assim, o aumento deliberado dos custos parciais pode significar uma diminuição significativa dos custos totais (Shank e Govindarajan, 1997: 70). Por exemplo: É de praxe a utilização de uma camada de argamassa para a regularização do piso denominada contra-piso, devendo ser executada com uma espessura não superior a 3,00 cm. Todavia, devido aos desvios que quase sempre são verificados nos processos construtivos, essas espessuras podem variar de 10,00 a 12,00 cm, ou mais. Essa prática ocasiona um gasto desnecessário, além de provocar um aumento no peso próprio dos pisos muitas vezes não considerado nos projetos, acarretando conseqüentemente maiores esforços para a estrutura do prédio.

O conceito *Laje Zero*, conforme **Freitas e Pamplona** (1999: 6), preconiza que o contra-piso deve ser eliminado. E a laje, por ocasião da sua concretagem, deve ser deixada pronta, com todos os caimentos definidos e em condições de receber posteriormente, ou simultaneamente, o revestimento para o piso especificado no projeto. Com isso, esse conceito alterou todo o processo de P&D /Projeto (Inovação) das empresas construtoras, obrigando seus projetistas de sistemas (Estruturais, Elétricos, Hidro-Sanitários, VAC, etc.) a se adequarem a esse novo conceito de produção. Logicamente, os custos dos processos de projeto e o desenvolvimento dos produtos/processos foram substancialmente aumentados, mas, indubitavelmente, os custos totais dos produtos foram minimizados, além de maximizarem a qualidade e reduzirem o tempo de ciclo com a eliminação de uma atividade que não agregava valor nenhum.

De forma semelhante, os fabricantes japoneses puderam reduzir os preços dos videocassetes de US\$1.300 em 1977 para US\$298 em 1984, ao enfatizarem o impacto de um passo anterior da cadeia (projeto do produto), em um passo posterior (produção), através de uma drástica redução no número de peças do videocassete (Herget e Morris, 1989: 88-175).

Igualmente a meta de zero defeitos do sistema *just-in-time* de produção, a Laje Zero é uma meta que segundo **Kaplan e Norton** (1997: 124), *...talvez nunca seja alcançada, mas que vale a pena ser buscada*. Tem-se notícia que as construtoras têm conseguido executar a LAJE +1,00 cm.

Cada empresa pode utilizar um conjunto específico de processos para gerar valor a seus clientes e produzir resultados financeiros. Porém, numa visão genérica, pode-se adotar, conforme está ilustrado na figura 2-2, o seguinte modelo para a Cadeia de Valor dos processos internos, no qual, estão inclusos os três principais processos: Inovação, Operações e Serviços pós-venda.



- PROCESSOS DO NEGÓCIO - (Processos e Subprocessos)

| PROCESSOS DE INOVAÇÃO | PROCESSOS OPERACIONAIS | PROCESSOS DE APOIO PÓS-VENDA |
|---|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Criação do Produto; • Desenvolvimento do Produto; • Projeto do Produto; • Projeto do Processo. | <ul style="list-style-type: none"> • Fabricação; • Marketing; • Distribuição, etc. | <ul style="list-style-type: none"> • Atendimento ao Cliente; • Treinamento do Usuário; • Faturamento, cobrança e solução de divergências. |

Figura 2-2 – Cadeia de Valor dos Processos Internos.
Adaptado de Kaplan e Norton (1997: 102)

2.3 Processos de Inovação

Os processos de Inovação conforme estão ilustrados pela figura 2-3, têm como principal meta a identificação das necessidades atuais e futuras dos clientes, e desenvolver novos produtos/serviços em atenção a essas necessidades. Para **Kaplan e Norton** (1997: 97-130), os processos de Inovação são considerados como a *onda longa da criação de valor*, e por isso dividem o processo de Inovação da empresa em duas principais componentes de processo. A primeira efetua a pesquisa básica no sentido de identificar as oportunidades existentes no mercado, ou novos mercados, e cultivar as necessidades emergentes ou latentes dos consumidores, incluindo a mensuração do tamanho do mercado e dos preços que podem ser praticados para os novos produtos que serão gerados em atenção às necessidades dos clientes. Esses processos de inovação também são descritos por **Hamel e Prahalad** (1994: 84-101), como: *...a busca de espaços vazios..., as oportunidades que existem entre ou em torno das definições do negócio, baseados nos produtos*. Esses autores afirmam que o importante não é encantar ou satisfazer os clientes, mas surpreendê-los, encontrando respostas para duas perguntas fundamentais: Que tipo de benefícios os clientes encontrarão nos produtos de amanhã? E como poderemos, através da Inovação, oferecer esses benefícios antes dos concorrentes?

As informações sobre mercados e clientes servem de subsídio para a realização dos processos de projeto e desenvolvimento de produtos/serviços (P&D), os quais representam a segunda componente do processo de Inovação. Nessa fase, as equipes de P&D da empresa devem estar empenhadas em realizar: Pesquisas necessárias para o desenvolvimento de produtos/serviços realmente novos e que agreguem valor aos clientes, pesquisas aplicadas para explorar a tecnologia existente a fim de criar a próxima geração de produtos/serviços, e tomar iniciativas focalizadas no desenvolvimento para lançar novos produtos/serviços.

Sob o ponto de vista do fluxo dos processos internos, os processos de Inovação estão dispostos estrategicamente no início da Cadeia de Valor, conforme está ilustrado na figura 2-2, a fim de nortear os demais processos (operacionais e serviços pós-vendas) da organização na direção dos cinco principais objetivos de desempenho da estratégia empresarial de manufatura, preconizados por **Slack et alii** (1996: 70): a qualidade, a rapidez, a confiabilidade, a flexibilidade e os custos.

- Ao cultivar as necessidades dos clientes, a Inovação dirige a empresa no sentido de

- executar as coisas certas, sem erros, e explorando as oportunidades do mercado. Isto quer dizer satisfazer os clientes com o fornecimento de bens e serviços, isentos de erros e adequados aos seus propósitos. Assim, se a produção for bem sucedida, será proporcionada à empresa a vantagem de competir com *qualidade* no mercado;
- A Inovação estimula a corrida contra o tempo, com o propósito de fornecer produtos novos, de acordo com os requisitos dos clientes, todavia, antes dos concorrentes. Nestas condições, a empresa, ao desenhar seus processos, procurará em atenção à criação e ao desenvolvimento da nova geração de produtos, a adequação da tecnologia existente aos de processos de manufatura e de distribuição, visando a minorar o tempo a ser transcorrido entre a solicitação e a entrega de produtos/serviços aos clientes. Fazendo isto, a empresa estará adquirindo a vantagem de competir com *rapidez* (velocidade) na produção e entrega de bens e serviços;
 - As equipes de P&D, ao desenhar os processos de produção para os novos produtos, contemplam um elemento fundamental de satisfação do cliente: a entrega eficiente, regular e pontual dos bens ou serviços requeridos. Então, se estas condições forem satisfeitas, a empresa adquirirá a vantagem de competir com *confiabilidade* nos prazos projetados para a realização dos processos de produção;
 - Os processos de Inovação, enfocam preferencialmente o lançamento de produtos novos, todavia adequados aos propósitos dos clientes. E, por meio desta perspectiva, são adequados a tecnologia e os recursos existentes à produção e à entrega de produtos nos prazos pactuados, satisfazendo, inclusive, às necessidades dos clientes, tanto em qualidade, quanto em diversidade e volume de produção. Assim, a Inovação privilegia a *flexibilidade* de produção;
 - Tanto **Shank e Govindarajan** (1997: 231), quanto **Kaplan e Norton** (1997: 103) alertam para a importância da Inovação, salientando que é nessa fase que a maioria dos custos incidentes aos produtos poderá ser predeterminada e minorada. A partir dessa fase, no momento em que os produtos chegarem à fase de produção, as margens operacionais brutas poderão ser bastante altas, e as oportunidades de redução de custos também poderão ser limitadas. Observa-se, entretanto, que todos os objetivos apóiam o parâmetro custo, ou seja, para que o objetivo de desempenho

custo seja alcançado, todas as condições e objetivos supra mencionadas deverão ter sido alcançadas. O custo dos produtos é um indicador de resultado do progresso que foi obtido nos processos. E essas informações poderão ser de grande valia quando utilizadas no aperfeiçoamento permanente deles próprios.



- COMPONENTES DO PROCESSO -
- Subprocessos e Atividades

PESQUISA

- Identificar o potencial do mercado e necessidades preferenciais dos clientes (tamanho e preços para os produtos).

PROJETOS E DESENVOLVIMENTO

- Realizar pesquisas básicas p/ desenvolver produtos e serviços radicalmente novos que agreguem valor aos clientes,
- Realizar pesquisas aplicadas p/ explorar as tecnologia existentes a fim de criar a próxima geração de produtos e serviços,
- Tomar iniciativas focalizadas de desenvolvimento p/ lançar novos produtos e serviços no mercado.

Figura 2-3 – Processos de Inovação na Cadeia de Valor dos Processos Internos.

Adaptado de **Kaplan e Norton** (1997: 104).

2.4 Processos Operacionais

Os processos operacionais ilustrados na figura 2-4 representam, segundo a visão de **Kaplan e Norton** (1997: 97-130), a onda curta da geração de valor em uma empresa. Eles têm início com a entrada dos pedidos e produção dos bens/serviços e terminam com a entrega desses bens aos consumidores finais. Esses processos enfatizam a entrega eficiente, regular e pontual aos clientes. As operações tendem a ser repetitivas, permitindo que as técnicas da administração científica sejam aplicadas a fim de melhorar o recebimento e o processamento dos pedidos existentes, os processos de suprimento, a produção e a entrega dos produtos acabados. Tradicionalmente, são monitorados pelas medidas financeiras básicas, tais como, o custo padrão, orçamento e variações de custo. Entretanto, com o tempo, o foco excessivo em medidas financeiras como a eficiência da mão-de-obra, a eficiência das maquinarias e as variações dos preços das compras, deram origem a ações totalmente disfuncionais, como por exemplo: ocupar a mão-de-obra e as máquinas com a produção para estoques não relacionados aos pedidos dos clientes, ou mudar de fornecedores, em busca de preços mais baixos, mas, ignorando os custos dos pedidos de baixo volume, a má qualidade, além de processos de pedido, recebimento, faturamento e cobrança desconexos entre fornecedores de baixo preço e o cliente. *Os problemas associados ao uso de medidas tradicionais de contabilidade de custos no ambiente atual, de ciclos rápidos, alta qualidade e foco no cliente já foram amplamente documentados* (Kaplan e Norton, 1997: 110).

A influência recente dos sistemas de gestão da qualidade total e da competição baseada no tempo, praticada pelas empresas japonesas, levaram muitas empresas a complementar as medidas de custos e finanças, com medidas de qualidade e tempo de ciclo. As medidas de qualidade e tempo de ciclo têm sido muito discutidas nos últimos quinze anos. Porém, cumpre salientar que, além dessas medidas, devem ser adotadas outras que avaliem o mix de produtos e processos da empresa, medidas que avaliem a flexibilidade do sistema de produção para as características específicas dos produtos/serviços e que gerem valor para os clientes. As medidas de desempenho dos processos operacionais serão assunto a ser abordado no próximo capítulo.

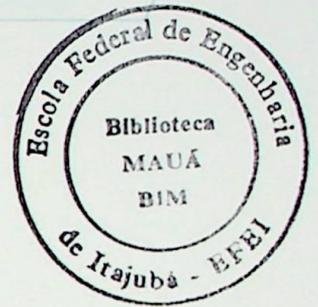
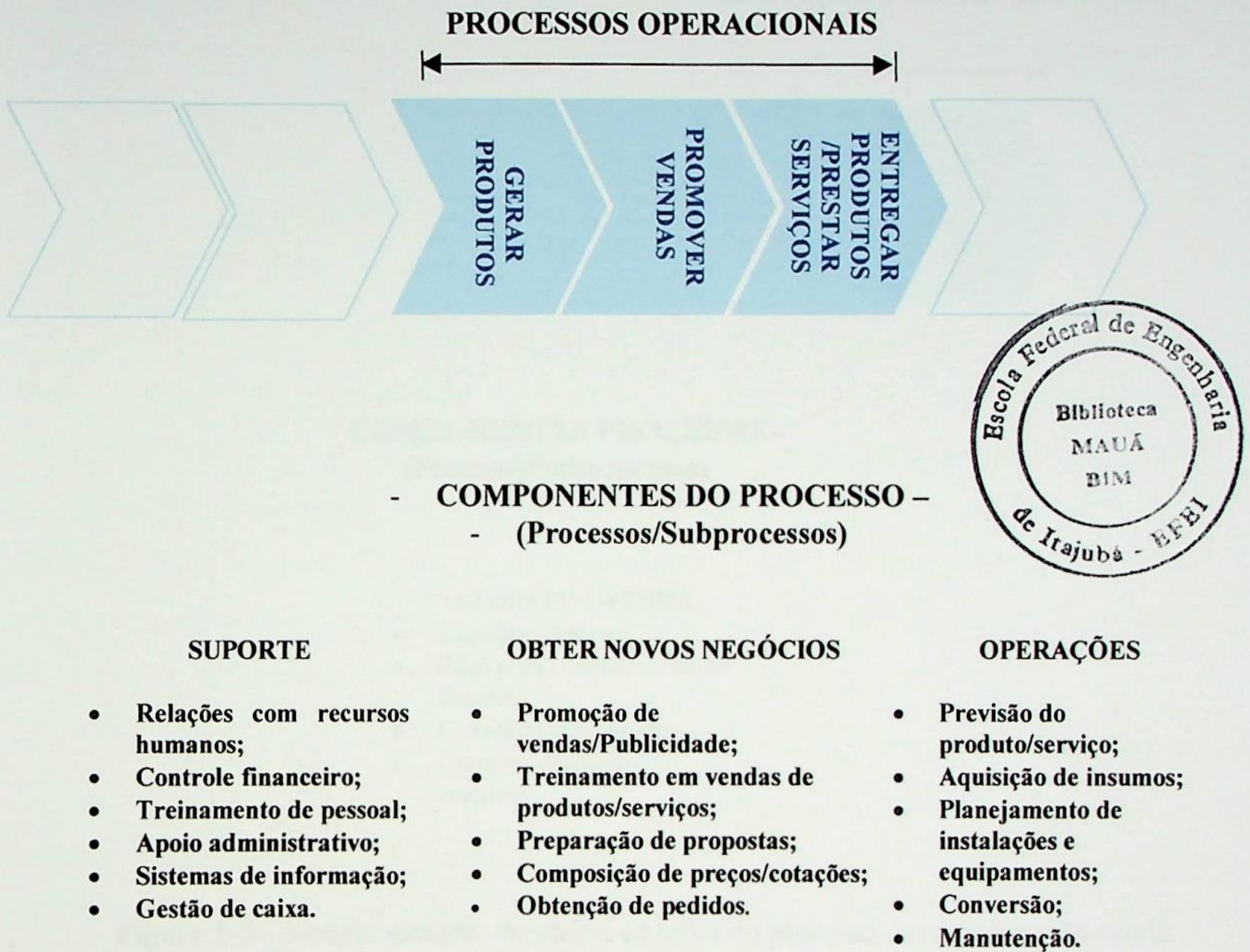


Figura 2-4– Modelo genérico dos Processo Operacionais (com subprocessos).
Adaptado de Kaplan e Norton (1997: 110)

2.5 Serviços Pós-Venda

A fase final da cadeia de valor dos processos internos, conforme está ilustrado na figura 2-5, são os Serviços Pós-Venda. Esse processo inclui as atividades que têm por objetivo proporcionar a garantia, o conserto, a correção de defeitos e o processamento de pagamento dos clientes. Também pode estar incluso nessa fase do processo o treinamento do usuário. Esse treinamento normalmente abrange toda a parte de utilização e manutenção do produto.



APOIO PÓS-VENDA

- Logística externa,
- Educação / treinamento de clientes,
- Consultas dos clientes,
- Peças de reposição / conserto.

Figura 2-5 - Modelo genérico da cadeia de valor do processo dos serviços pós-venda (com subprocessos). Adaptado de **Kaplan e Norton** (1997: 112)

2.6 Ligações através da Cadeia de Valor da empresa dentro de uma Organização

De acordo com **Shank e Govindarajan** (1997: 70), a análise da *CV* também reconhece o potencial de lucro que pode ser obtido, explorando as ligações existentes entre as atividades de valor da empresa e aquelas dentro da organização do mercado.

A exploração dessas ligações estimula a prática do escambo, que pode trazer grandes benefícios quando bem gerenciada e custeada adequadamente. É comum empresas de engenharia trocarem seus produtos por outros que fazem parte da sua lista de materiais e/ou

serviços, necessários à execução do empreendimento.

Conforme está mostrado na figura 2-6, supõe-se que o concorrente *A* é uma empresa totalmente integrada (verticalizada). Ao calcular o retorno sobre os ativos em cada estágio da cadeia e comparar seus preços com os níveis do mercado competitivo, podem-se destacar áreas potenciais na sua *CV*, onde comprar pode ser melhor do que produzir (escolha estratégica entre comprar ou produzir) (Shank e Govindarajan, 1997: 64). Produzir significa arcar com a responsabilidade de custear e gerenciar todas as atividades que compõem o processo para a realização do bem/serviço.

As empresas *B*, *C*, *D*, *E*, *F* e *G* percorrem apenas parte da cadeia de valor. Com isso, detêm a vantagem de possivelmente implementar uma estratégia de avançar ou retroceder convenientemente as necessidades momentâneas do mercado. Para um mercado potencializado por clientes isolados, consumidores de pequenas quantidades de concreto em pedidos únicos, seria necessário para o atendimento dessa demanda que a empresa fornecedora, ao analisar a *CV* cliente, identificasse onde o valor para o cliente estaria sendo aumentado, com a utilização do concreto usinado.

Caso o valor estivesse sendo aumentado no tempo de fornecimento por exemplo, a empresa poderia adotar o posicionamento estratégico de avançar na cadeia dos fornecedores adentro, porém, transformando-os em concorrentes, devido à integração dos seus processos. O problema para a empresa é que o valor adicionado ao produto em decorrência dessa estratégia pode resultar em produtos com preços acima dos praticados no mercado, além de ocasionar uma possível retaliação dos recém-transformados concorrentes, mas em benefício da qualidade e dos prazos de fornecimento, de acordo com as necessidades do cliente. Esse desequilíbrio entre as forças no mercado pode ocasionar uma tremenda confusão, resultando na perda de competitividade da empresa ou na perda de mercado pelo produto, mesmo que fornecido por qualquer outra empresa, desta forma, obrigando o cliente a procurar outras alternativas de fornecimento ou outros produtos alternativos, pois, um cliente com tais características, provavelmente não estaria disposto a pagar preços mais altos. Para isto estaria disposto a assumir a responsabilidade de produzir o concreto na obra, adquirindo os agregados e aglomerantes diretamente dos fornecedores especializados e contratando uma equipe para o lançamento e cura do concreto. Neste contexto, a usina de concreto poderia, ao invés de optar pela integração, numa filosofia *just-in-time*, adotar metodologias

organizacionais inovadoras, a fim de potencializar suas parcerias nos processos ante e pós sua cadeia de valor, possibilitando assim, a sua participação num mercado mais competitivo.

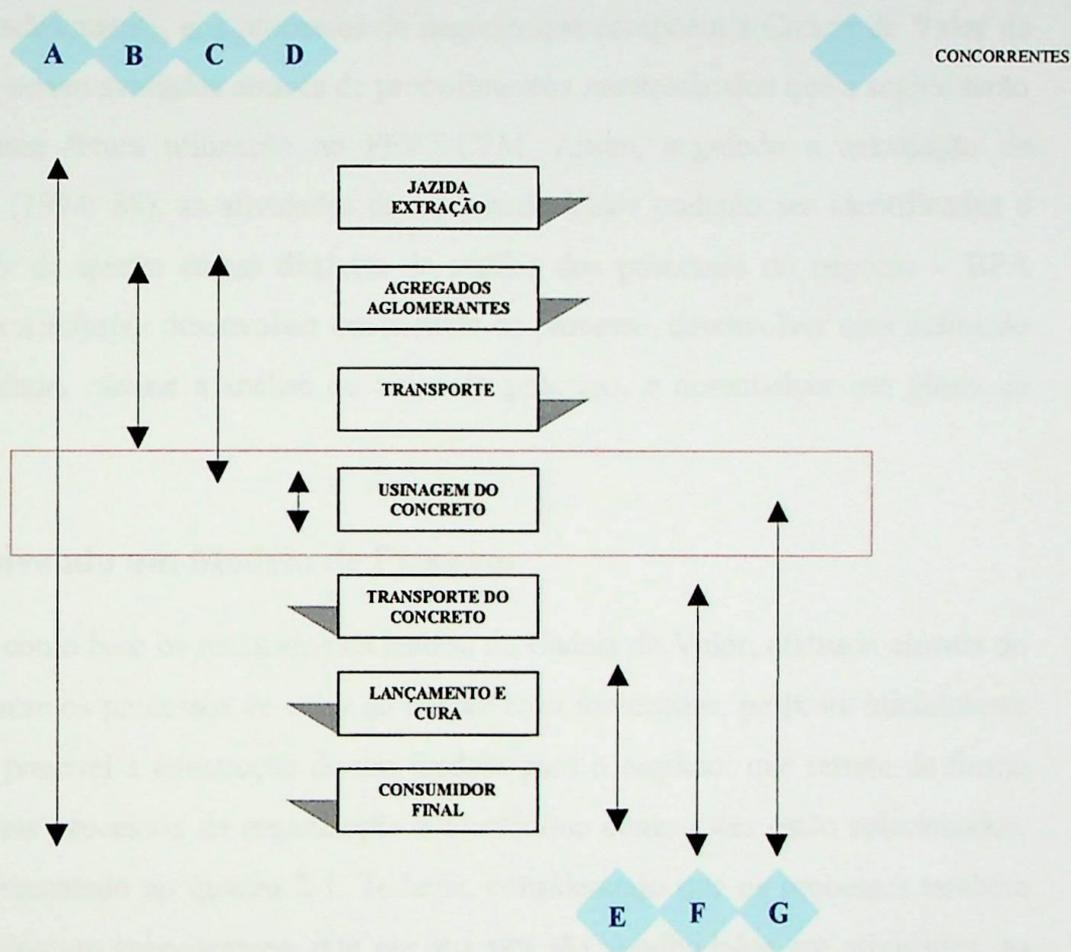


Figura 2-6 – Cadeia de Valor na usina de concreto, adaptado de Shank e Govindarajan – “A Revolução dos Custos”

2.7 Identificação e avaliação das atividades da Cadeia de Valor através da Análise dos Processos do Negócio (BPA – *Business Process Analysis*)

O primeiro passo para a elaboração de uma rede PERT/CPM é a construção de uma lista de atividades. Para tanto, faz-se necessário que as atividades sejam identificadas e selecionadas cuidadosamente, nos processos de negócio que compõem a Cadeia de Valor da empresa, além de serem avaliadas através de procedimentos sistematizados que a seguir serão descritos, para uma futura utilização no PERT/CPM. Assim, seguindo a orientação de **Ostrenga et alii** (1994: 88), as atividades da Cadeia de Valor poderão ser identificadas e avaliadas, a partir de quatro etapas distintas de análise dos processos do negócio – BPA (*Business Process Analysis*): desenvolver um modelo do processo, desenvolver uma definição de processo/atividade, efetuar a análise do valor do processo, e desenvolver um plano de aperfeiçoamento.

2.7.1 Desenvolvendo um Modelo de Processo

Tomando como base os resultados da análise da Cadeia de Valor, efetuada através do relacionamento entre os processos de valor do cliente e do fornecedor, proposta inicialmente neste capítulo, é possível a construção de um modelo para o negócio, que retrate de forma global os principais processos da organização e identifique como estes estão relacionados, conforme está apresentado no quadro 2-1. Todavia, considerando que os processos também podem ser divididos em subprocessos, que por sua vez são subdivididos em atividades, as quais serão o foco principal desta análise e que serão tratadas adiante detalhadamente, devido à sua grande importância.

| PROCESSOS DO NEGÓCIO | COMPONENTES DO PROCESSO (PROCESSOS) | SUBPROCESSOS |
|-----------------------------|-------------------------------------|---|
| <i>Inovação</i> | P&D | <ul style="list-style-type: none"> • Identificar as necessidades dos Clientes; • Pesquisas de mercado (oportunidades); • Criação da nova geração de Produtos; • Desenvolvimento de novos Produtos. |
| | Projetos | <ul style="list-style-type: none"> • Projeto do Produto; • Projeto do Processo. |
| <i>Operacionais</i> | Suporte | <ul style="list-style-type: none"> • Relações c/ recursos humanos; • Controle financeiro; • Treinamento de pessoal; • Apoio administrativo; • Sistema de informação; • Gestão de caixa. |
| | Obter novos negócios | <ul style="list-style-type: none"> • Promoção de vendas/publicidade; • Treinam. vendas de produtos/serviços; • Preparação de propostas; • Composição de preços/cotações; • Obtenção de pedidos. |
| | Operações | <ul style="list-style-type: none"> • Previsão de produto/serviço; • Aquisição de insumos; • Planej. de instalações/equipamentos; • Conversão; • Manutenção. |
| <i>Serviços Pós – Venda</i> | Apoio Pós – Venda | <ul style="list-style-type: none"> • Logística externa; • Educação/Treinamento de clientes; • Consultas dos clientes; • Peças de reposição/Conserto. |

Quadro 2-1 – Modelo dos Processos do Negócio incluindo Processos e Subprocessos, com base na análise da Cadeia de Valor. Adaptado de **Pamplona** (1997: 31).

2.7.2 Desenvolvendo uma definição de processo/atividade e o grau de subdivisão dos processos.

Construído o modelo básico para os processos/subprocessos, o passo seguinte é o detalhamento das atividades em questão. Para isso, faz-se necessária a identificação do resultado esperado dos subprocessos (os produtos/serviços), os clientes e fornecedores dos subprocessos, o trabalho executado e os insumos consumidos pelos subprocessos.

2.7.2.1 Identificação do resultado do Subprocesso

Selecionado um subprocesso, o primeiro passo para a definição das atividades é a identificação do resultado esperado desse subprocesso. O resultado descrito por **Ostrenga et alii** (1994: 91) é qualquer produto/serviço originário do processo, incluindo transações, informações e até mesmo documentos gerados ao longo do caminho.

Para os efeitos de uma programação em rede, como o PERT/CPM (vide capítulo IV), e para o custeio de suas atividades, o resultado deve ser alcançado a partir de um evento de subprocesso, a fim de facilitar o controle, definindo o nível de subdivisão dos processos do empreendimento. Por exemplo: As fundações de um prédio podem ser o produto esperado do subprocesso de conversão que, por sua vez, é parte do processo de operações do empreendimento. Desta forma, o produto (resultado do subprocesso) denominado *fundações*, será alcançado a partir do evento *término das fundações* do PERT/CPM, juntamente com todas as informações de tempo, custo e qualidade, relativas às atividades que contribuíram para esse acontecimento (evento). Assim, numa perspectiva estratégica de programação, os eventos predestinados a marcos (*milestone*) de controle devem representar os subprocessos do empreendimento, conforme está ilustrado na figura 2-7.

Também, especial atenção deve ser dirigida a alguns subprocessos que podem gerar a criação de produtos múltiplos, como é caso dos subprocessos de apoio administrativo, principalmente se o custeio dos objetos do sistema de custos ABC (*Activity Based Costing*) em dois estágios (vide capítulo III – item 3.3.3), for uma das metas da gestão (Ostrenga et alii, 1994: 91).

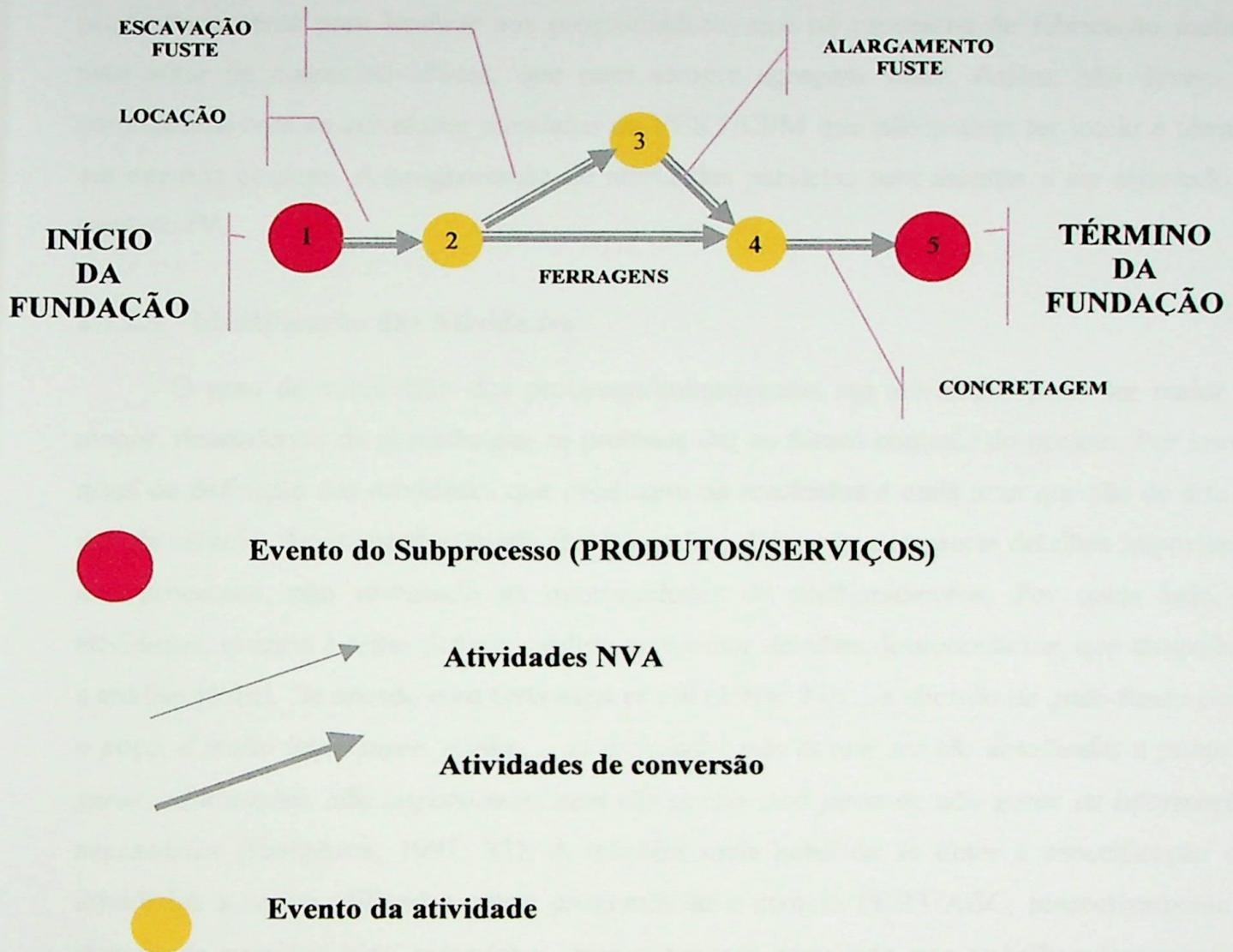


Figura 2-7: Resultado do Subprocesso representado no evento do PERT/CPM. (Fundações – Tubulão a céu aberto)

Na figura 2-7, está ilustrado como os subprocessos podem ser identificados numa rede PERT/CPM para que fiquem claramente definidos os objetivos de controle, principalmente o custeio dos objetos (resultados dos subprocessos) previstos no ABC. As setas largas representam as atividades diretas, como as de conversão, e que normalmente servem de base para a elaboração da rede PERT/CPM. As setas finas representam as atividades que não

agregam valor (NVA) ao processo, como a fila, a espera, o retrabalho, os transportes horizontal/verticais, e outras. Portanto, fazem parte do fluxo do trabalho e foram ali colocadas propositalmente para lembrar aos programadores que os processos de fabricação incluem uma série de outras atividades, que nem sempre agregam valor. Assim, não devem ser confundidas com as atividades *paralelas* do PERT/CPM que não podem ter início e término em eventos comuns. A programação de atividades paralelas será assunto a ser abordado no capítulo IV.

2.7.2.2 Identificação das Atividades

O grau de subdivisão dos processos/subprocessos em atividades pode ser maior ou menor, dependendo da precisão que se pretende dar ao futuro controle do projeto. Por isso, o nível de definição das atividades que produzem os resultados é mais uma questão de arte do que de ciência. As atividades muito amplas podem deixar de apresentar detalhes importantes dos processos, não revelando as oportunidades de melhoramentos. Por outro lado, as atividades, quando estritas demais, podem apresentar detalhes desnecessários, que atrapalham a análise global. De acordo com **Ostrenga et alii** (1994: 94): *...a decisão de quão fundo cavar o poço, é muito importante. Assim, ...as atividades não devem ser tão detalhadas a ponto de gerar informações não importantes, nem tão gerais, sob pena de não gerar as informações necessárias* (Pamplona, 1997: 32). A maneira mais hábil de se obter a especificação das atividades a serem utilizadas numa programação e custeio PERT/ABC, respectivamente, é através de reuniões e/ou entrevistas, com o pessoal envolvido nos trabalhos (engenheiros, mestres, encarregados, oficiais, ajudantes, etc.).

2.7.2.3 Identificação dos Clientes e Fornecedores dos Resultados

A identificação dos clientes e fornecedores é uma parte muito importante na análise dos processos, porque identifica como os resultados estão atendendo aos requisitos dos processos e mostra como a relação cliente/fornecedor está sendo administrada dentro da CV. Para Ostrenga et alii, a identificação dos clientes internos e externos para os resultados dos subprocessos, é fundamental para se avaliar dentre as atividades que estão sendo executadas quais estão de acordo com as exigências dos clientes (portanto são VA), ou quais as atividades que estão sendo executadas por motivos alheios à satisfação dos clientes (e portanto são NVA). Assim, descendo ao nível das atividades, também será possível, com base

na identificação dos clientes e fornecedores dos resultados dos subprocessos, listar as atividades e criar a matriz de ordenação (Quadro 2-2), onde estarão designadas as atividades imediatamente antes (predecessoras) e imediatamente depois (sucessoras) das atividades que produzem os resultados dos subprocessos, para a futura programação no PERT/CPM.

| FORNCEDORES => ATIVIDADES => CLIENTES | | |
|--|-------------------------|--------------------------------------|
| IMEDIATAMENTE ANTES (PREDECESSORAS) | DESIGNAÇÃO | IMEDIATAMENTE DEPOIS (SUCESSORAS) |
| Início das Fundações | A- Locação da Obra | (B), (D) |
| (A) | B- Escavações do Fuste | (C) |
| (B) | C- Alargamento do Fuste | (D) |
| (A), (C) | D- Ferragem | (E) |
| (D) | E- Concretagem | Término das Fundações |

Quadro 2-2 Matriz de ordenação das atividades do subprocesso de conversão para fundações em tubulões a céu aberto, baseada em **Boiteux** (1985: 77).

2.7.2.4 Identificação e a alocação dos Insumos

Para que as atividades gerem valor e produzam resultados necessitam de recursos. Os recursos consumidos pelas atividades podem corresponder de várias maneiras a máquinas e equipamentos; dados em horas máquinas, mão-de-obra de diversas especialidades; dados em homens/hora, capitais; dados em \$/dia, transporte; dados em ton/km ou m³/dam, energia disponível; dados em kw/h, etc. Esses dados podem ser obtidos por meio de análises de fichas técnicas, entrevistas com funcionários e/ou através de consultas a procedimentos idênticos, realizados em experiências anteriores. Porém, a identificação dos recursos tão-somente não resolve o problema da alocação destes às diversas atividades que estejam sendo executadas simultaneamente ou em diversos projetos que estejam em andamento ao mesmo tempo. Por isso, a utilização dos recursos é um dos argumentos de duração da atividade, que será discorrida no capítulo V.

2.7.3 Análise do Valor do Processo (PVA – *Process Value Analysis*).

Embora os autores **Shank e Govindarajan** (1997: 67-68) considerem que o conceito de valor agregado seja restrito, ao afirmarem: *...começa muito tarde, e termina muito cedo...*, cumpre esclarecer que esta afirmação se deve a uma perspectiva puramente estratégica, dentro dos conceitos de Cadeia de Valor. A análise do valor dos processos é parte integrante de qualquer metodologia para a análise dos processos empresariais, porque tem como principais objetivos a identificação das atividades VA e NVA, a depuração dos processos internos da empresa e, conseqüentemente, a melhoria do desempenho desses processos.

De acordo com **Beischel** (1990: 53-57), o PVA quando, aplicado com critério e um conhecimento básico dos processos do negócio, é a base para outros tipos de ferramentas de análise e gerenciamento de custos, incluindo o custeio baseado em atividades – ABC. Neste trabalho, também é incluído o PERT/CPM, por ser uma ferramenta de planejamento e controle de projetos, que também está embasada nas atividades dos processos do negócio.

O PVA é uma abordagem sistemática que visa ao entendimento dos processos de manufatura e à melhoria destes, utilizando-se dos procedimentos descritos adiante, conforme proposto por Beischel, passo a passo.

Passo 1: Elaboração de diagramas de fluxo

A análise do valor dos processos (PVA) inicia-se com a elaboração de diagramas de fluxos para representar cada fase do processo. O objetivo desses diagramas é proporcionar uma imagem visual de como o produto/serviço, ou a matéria-prima se movimenta pelo local, onde os trabalhos são realizados. Nessa oportunidade, também devem ser registrados o tempo médio em que cada parte do produto/serviço ou matéria-prima permanece em cada etapa do processo, que servirá de base para a obtenção das durações (tempos operatórios) do ciclo das atividades que compõem o processo produtivo. As estimativas de tempos (duração) das atividades serão a abordagem do capítulo V.

Passo 2: Definição das atividades que são VA ou NVA.

Esta fase da análise do valor dos processos requer muita sensibilidade e cuidados extraordinários por parte dos analistas. Naturalmente, um trabalhador não admite que seu labor seja classificado como não valor agregado. Então, as palavras mal colocadas e as projeções de futuras decisões deverão ser evitadas.

Sob a óptica do conceito de valor agregado, atividades com valor agregado (VA – *Value Added*) são aquelas em que os clientes estão dispostos a pagar por elas, e as atividades sem valor agregado (NVA – *Non Value Added*) são aquelas que, se eliminadas dos processos, não prejudicam o funcionamento da organização, a qualidade, e tampouco são percebidas pelos clientes/consumidores. Acontece que, sob essa óptica, a engenharia pode estar empenhada somente na redução de custos da mão-de-obra direta, na automação e no aumento da velocidade das atividades de conversão, que são melhorias que almejam as atividades que nitidamente são classificadas como VA. Por outro lado, as atividades indiretas, como de apoio, melhoria da qualidade e outras, que não são claramente percebidas pelos clientes, mas que contribuem com o funcionamento da organização e, portanto, não podem ser eliminadas, são pouco contempladas pelos programas de melhoria ou pela a atenção dos gerentes e podem estar sendo executadas ineficientemente. Assim, o conceito de valor agregado pode ser substituído ou entendido, segundo **Kaplan e Cooper** (1998: 175), por um conceito muito mais robusto: *...as oportunidades de redução de custo e melhoria do processo*. Desta forma, admite-se que, mesmo depois que todas as atividades NVA forem eliminadas dos processos, as oportunidades de redução de custos ainda continuam com a melhoria da performance das atividades VA.

Além da classificação das atividades sob a óptica exclusiva dos clientes externos, Kaplan e Cooper, sugerem a classificação das atividades em quatro outras categorias, em relação ao valor agregado:

- i. *Uma atividade necessária à fabricação do produto ou melhoria do processo – a atividade não pode ser melhorada, simplificada ou ter seu escopo reduzido nessa etapa. (VA+);*
- ii. *Uma atividade necessária à fabricação do produto ou melhoria do processo - a atividade pode ser melhorada, simplificada ou ter seu escopo reduzido.(VA-);*
- iii. *Uma atividade desnecessária à fabricação do produto ou melhoria do processo – a atividade pode acabar sendo eliminada por meio da modificação do processo ou procedimentos da empresa. (NVA-); e*
- iv. *Uma atividade desnecessária à fabricação do produto ou melhoria do processo – a atividade pode ser eliminada a curto prazo, por meio de modificação do processo ou procedimentos da empresa. (NVA+).*

Salienta-se que, seguindo este esquema, a repugnância natural que existe pelo trabalho em atividades que agregam pouco valor pode ser evitada. Pois os esforços dos funcionários e gerentes estarão direcionados às atividades das categorias *iii* e *iv*, visando à melhoria dessas. E as ferramentas de gerenciamento que visam a melhoria, como o PERT/CPM e o ABC/ABM, podem garantir o seu sucesso, através das propagandas e da mobilização da força de trabalho. Identificando-se as atividades NVA, segundo o esquema proposto, também podem surgir as oportunidades de transferências estratégicas dessas, transformando-as em VA sob a óptica do cliente na CV do fornecedor.

Os passos seguintes somente serão mencionados para não se perder a seqüência no PVA proposto por Beischel. Todavia, serão abordados oportunamente no decorrer deste capítulo.

Passo 3: Identificar as causas raízes.

O principal objetivo deste procedimento é identificar a causa fundamental da existência de cada atividade, ou seja, o motivo da realização de cada atividade no processo da empresa.

Passo 4: Aplicação dos custos dos departamentos às atividades do processo de fabricação.

Segundo o entendimento de **Beischel** (1990: 53-57), este procedimento é mais uma questão de arte do que de ciência. Por isso, deve ser executado sempre com a participação dos gerentes e supervisores dos departamentos. O custeio das atividades será assunto a ser abordado no decorrer deste trabalho, especialmente o que trata da atribuição dos custos que será motivo de discussão no capítulo V item 5.1 – Introduzindo limitações de Recursos.

Passo 5: Aplicação dos custos aos produtos.

Este procedimento consiste na aplicação dos custos aos produtos com base nos custos das atividades que foram consumidas por esses produtos. Entretanto, de acordo com **Pamplona** (1997: 36), especial atenção deve ser direcionada à diferenciação das atividades que realmente são requeridas pelos produtos, a fim de possibilitar a redução ou a eliminação dos custos das atividades que não agregam valor.

Passo 6: Resumir os processos e custos da fabricação para a administração.

O principal objetivo deste procedimento é fornecer informações claras e concisas à administração, para que ela possa reconhecer de imediato o problema, sem se perder em detalhes. Para tanto, o autor sugere que as atividades sejam previamente separadas em movimentação, espera, conversão, embalagens e armazenagem, acompanhadas da classificação VA ou NVA, respectivamente.

Passo 7: Identificação das alternativas e desenvolvimento de planos de ação.

O último procedimento proposto por esta análise refere-se à identificação das alternativas e à sugestão de planos de ação que visem à melhoria e às de redução dos custos dos processos, sem reduzir a satisfação dos clientes.

2.7.4 Desenvolvimento de um Plano de Melhoria

De acordo com **Pamplona** (1997: 36), a partir do PVA, pode-se caminhar na direção do desenvolvimento de um plano de melhoria para os processos. O principal objetivo desse plano é a solução dos problemas (resultados indesejáveis), através do combate a suas causas básicas, e definindo uma metodologia. Para isso, **Campos** (1992: 60) propõe um método para a solução de problemas, o *QC Story*, o qual é constituído por uma seqüência lógica de procedimentos sistematizados, usados no Controle da Qualidade Total (TQC – *Total Quality Control*), conforme está apresentado no quadro 2-3. que tem como objetivo a eliminação das causas básicas, utilizando as seguintes ferramentas na sua implementação:

- Estratificação do problema,
- Diagrama de causa e efeito,
- Diagrama de Pareto, e
- Lista de verificações (*check list*)

| ETAPAS | OBJETIVOS |
|-------------------------------------|--|
| 1. Identificação do problema | Definir claramente o problema e reconhecer sua importância |
| 2. Observação do problema | Investigar as características específicas do problema com uma visão ampla e sob vários pontos de vista |
| 3. Análise do problema | Descobrir as causas fundamentais |
| 4. Plano de ação | Conceber um plano para bloquear as causas fundamentais |
| 5. Ação | Bloquear as causas fundamentais |
| 6. Verificação | Verificar se o bloqueio foi efetivo. (Se não, volte para a etapa 2) |
| 7. Padronização | Prevenir contra o reaparecimento do problema |
| 8. Conclusão | Recapitular todo o processo de solução do problema para trabalho futuro |

Quadro 2-3 Metodologia para solução de problemas – *QC Story*, adaptado de Campos (1992: 211)

As informações provenientes das etapas 2.7.2 e 2.7.3 (definição das atividades e o PVA, respectivamente) da análise dos processos empresariais são, segundo **Ostrenga et alii** (1997: 130), particularmente úteis para a descoberta de muitos problemas. Os mais comuns são: as lacunas, o desperdício, a ineficiência e a instabilidade.

- A existência de lacunas no atendimento às necessidades dos clientes externos ou internos causa insatisfação. Os consumidores dos resultados dos processos, incluindo os processos administrativos, normalmente são muito sensíveis ao atendimento de suas necessidades. As lacunas podem ser identificadas a partir da comparação dos resultados com as exigências dos clientes.
- A presença de atividades NVA nos processos pode significar, conseqüentemente, a ocorrência de resultados indesejáveis, como o desperdício. Contudo, vale lembrar que para a validação de tais suposições, é necessário que se tenha verificado a contribuição do cliente na definição das suas necessidades para então se definir claramente quem é cliente e quem é fornecedor, dentro dos critérios da CV e, somente após tais definições, identificar as lacunas e os desperdícios reais dos processos.

- A ineficiência pode surgir como resultado de processos complexos e com ciclos de trabalho prolongados. Mesmo que todas as atividades sejam de valor agregado à falta de eficácia, pode tornar ineficiente o processo global. A melhor maneira de identificar a ineficiência é examinando o fluxo do trabalho e, efetuando medições do tempo de ciclo de suas atividades (ver capítulo IV).
- A constante variação de insumos, tempos e qualidade pode indicar a presença de instabilidade nos processos. Um processo moroso, geralmente é custoso, porque sempre exige recursos gerenciais adicionais no planejamento e controle das suas atividades. A instabilidade de um processo pode ser verificada através do exame do fluxo de trabalho, bem como do questionamento da constância de insumos, resultados e tempos, além do esperado.

Uma vez identificados os problemas, a fase seguinte é a identificação das causas básicas correspondentes e a elaboração de um plano de ação. Para **Pamplona** (1997: 38), se as causas básicas forem removidas, a economia será de longo prazo. Não basta, portanto, a simples redução de custos, mas sim a administração das atividades que consomem os recursos. Isso se chama gestão baseada em atividades (*ABM - Activity Based Management*), que será assunto a ser abordado no próximo capítulo.

2.8 Considerações finais

Através da análise da *CV*, é possível compreender as ligações entre os processos e como essas podem ser exploradas, somando benefícios. Assim, o programador do PERT/CPM adquire um entendimento de como as atividades podem ser programadas estrategicamente, transformando as atividades NVA (não agregadoras de valor), que estão sendo executadas dentro da cadeia de processos da empresa, em atividades que agregam valor (VA). Quando transferidas para *CV* do fornecedor (a atividade é a mesma, só muda o observador). Existe em cada processo uma série de atividades que podem ser melhor executadas fora da cadeia de valor da empresa e podem contribuir para o sucesso quando bem gerenciadas. Assim, pode-se, a partir deste conceito de relacionamento econômico, que transforma as atividades na Cadeia de Valor do cliente/fornecedor, e analogamente, explorar estrategicamente tais transferências de atividades NVA e transformá-las em VA, nas relações de precedências das atividades do PERT/CPM.

A identificação e a avaliação das atividades da Cadeia de Valor, através das técnicas de análise dos processos do negócio (BPA) são fundamentalmente importantes para a compreensão, a análise e o aperfeiçoamento do desempenho da organização.

A análise dos processos do negócio enfoca as necessidades dos clientes, através da definição das atividades VA e NVA e da análise do valor dos processos (PVA). Ela identifica as causas básicas dos problemas e orienta para a elaboração de um plano de ataque a essas e, assim explicita as oportunidades de redução de custos e melhoria permanente dos processos.

Atualmente, no contexto de um mercado cada vez mais competitivo, em que a concorrência é acirrada e os clientes são mais exigentes, a empresa pode estar empenhada em reduzir os custos de seus produtos, porém, mantendo os mesmos níveis de satisfação dos clientes. Mas, como reduzir custos dos produtos, sem organizar o trabalho que produz esses produtos? Assim, a análise da *CV* é proposta como o primeiro passo para o entendimento e a melhoria dos processos que compõem os negócios empresariais.

Sob a óptica do fluxo do trabalho, ao invés da estrutura organizacional, o BPA especifica e avalia as atividades, que servirão de base para a implementação de sistemas de contabilização de custos como o ABC, sistemas de gestão baseados nas atividades como o ABM e técnicas de planejamento e controle de projetos como as do PERT/CPM.

Após a análise da *CV* da empresa, pode-se concluir que o tempo pode ser considerado como o um dos principais fatores de satisfação do cliente, principalmente em obras da construção civil. Administrar o tempo adequadamente pode significar um ganho considerável no custo e na diferenciação do produto em relação ao concorrente, porque, atendendo às necessidades dos clientes com presteza, fazem-se realçar todas as qualidades do produto e o custo mais baixo dos processos.

Se uma empresa pode ou não conquistar vantagem competitiva através da análise da cadeia de valor, depende da forma com que ela gerencia a sua cadeia de valor em relação ao seu concorrente. Entretanto, ela deverá inovar seus processos para fornecer o melhor pelo menor preço e num período mínimo de tempo.

3 Medindo as atividades na Cadeia de Valor

3.1 Considerações Iniciais

O que se espera de um sistema organizacional bem estruturado é que realize atividades que representem pelo menos os três principais processos internos da Cadeia de Valor (Inovação, Operacionais e Serviços Pós-Venda). A maneira de identificar e avaliar essas atividades de valor foi vista no capítulo anterior. No entanto, a forma de gerenciá-las a partir das informações obtidas com a medição da performance, será objeto de estudo deste capítulo.

Os processos de Inovação têm como principal função num sistema organizacional, o balizamento das idéias criativas geradas a partir de pesquisas realizadas junto aos clientes, visando a atendê-los em suas necessidades mais prementes. A Inovação estimula a criatividade e promove mudanças no sistema organizacional, orientando os processos subseqüentes na Cadeia de Valor (operacionais e serviços pós-venda), na direção dos objetivos de desempenho de produção (rapidez ou velocidade, confiabilidade, flexibilidade, custo e qualidade). Diante da grande importância desses processos é proposta deste capítulo, algumas medidas de desempenho possíveis de serem obtidas e, conseqüentemente, em termos das quais a Inovação também poderá ser julgada.

Para o gerenciamento de projetos através das técnicas de programação e controle do PERT/CPM, os parâmetros de desempenho das atividades também podem ser estabelecidos considerando os objetivos supra citados. Segundo **Slack et alii** (1997: 516), em gerenciamento de projeto apenas a convenção é que difere: Primeiro, a flexibilidade é vista como dada, pois em muitos projetos que, por definição, são, em alguma medida, únicos.

Segundo, a velocidade e a confiabilidade podem ser comprimidas em um objetivo composto, o qual é expresso pelo tempo. Desta forma, resulta nos três principais objetivos de gerenciamento de projeto – *tempo, custo e qualidade*. Que a seguir passam a ser comentados, propondo a medição e o controle do desempenho das atividades como ferramentas fundamentais para a gestão e assuntos relacionados à tomadas de decisão.

3.2 Medidas de desempenho do Processo de Inovação

Para o gerenciamento dos processos de Inovação é necessário que se desenvolvam os seus indicadores de desempenho. Normalmente, é difícil conseguir efetuar a medição da conversão de insumos em produtos acabados na área de P&D. Contudo, para **Kaplan e Norton** (1997:106), não se deve cair na armadilha do: *se não for capaz de medir o que quer, aprenda a querer o que é capaz de medir*. Os autores sugerem alguns indicadores possíveis de serem obtidos através da medição das atividades de Inovação.

3.2.1 Medidas para a pesquisa básica e aplicada

- Percentual de vendas gerado por novos produtos;
- Percentual de vendas gerado por produtos proprietários (vendas de produtos exclusivos por produtos também fabricados pelos concorrentes);
- Lançamento de novos produtos versus lançamento de produtos dos concorrentes;
- Lançamento de novos produtos em comparação ao planejado;
- Capacidade técnicas do processo de produção (nº de lajes concretadas no período);
- Tempo de desenvolvimento para a próxima geração de produtos;
- O quociente entre o lucro operacional e o custo do desenvolvimento serve para alertar os engenheiros de projeto e desenvolvimento que a meta das atividades de P&D não se restringe apenas a produtos tecnicamente sofisticados e inovadores. Mas, também a produtos com potencial de mercado que compensarão com sobras os gastos de desenvolvimento.

Tais medidas geralmente são mais eficazes nos setores onde as mudanças tecnológicas são muito rápidas, como é caso das indústrias eletrônicas. Entretanto, a Inovação, conforme o

próprio autor recomenda, não deve se restringir tão-somente aos setores com produtos tecnicamente sofisticados e inovadores, mas, principalmente a produtos com potencial de mercado.

3.2.2 Medidas para o projeto e o desenvolvimento de produtos

Para **Kaplan et Norton** (1997: 108), uma medida viável que pode ser usada como critério de desempenho de eficácia do tempo de ciclo de P&D, é o *tempo de equilíbrio*. O tempo de equilíbrio é o tempo transcorrido, desde os trabalhos de desenvolvimento do produto, até que este gere lucros suficientes para pagar os investimentos efetuados no processo de inovação. O tempo de equilíbrio reúne três principais elementos do processo de desenvolvimento do produto, em uma única medida, como segue:

- **Tempo de recuperação do investimento.** - Para que exista equilíbrio no processo de P&D é necessário que o investimento no processo seja recuperado. Por isso, o tempo de equilíbrio incorpora, além dos resultados de desempenho do processo de desenvolvimento do produto, os custos do processo, e cria incentivos para a melhoria deste;
- **A lucratividade.** – O tempo de equilíbrio dá ênfase à lucratividade, incentivando a união do pessoal de marketing ao pessoal de P&D, para que, juntos, desenvolvam produtos que atendam às necessidades reais dos clientes, incluindo a oferta destes produtos em canais de vendas eficazes e com preços atraentes. Nestas condições, esses produtos também deverão ser produzidos a um custo que realmente permita a geração de lucros que cubram os investimentos no desenvolvimento;
- **A corrida contra o tempo.** – O tempo de equilíbrio estimula também a corrida contra o tempo para o lançamento de novos produtos antes dos concorrentes, a fim de aproveitar as oportunidades de maiores vendas num menor espaço de tempo, e com isso, proporcionar um retorno do investimento feito no desenvolvimento, também mais rápido.

A Figura 3-1, ilustra como o tempo de equilíbrio pode ser obtido, considerando todo o ciclo de P&D até o efetivo lançamento do produto e o tempo necessário para o equilíbrio após o lançamento até que as vendas dos produtos gerem lucros suficientes para pagar os investimentos. Com o resultado obtido, pode-se então avaliar o envolvimento do pessoal

responsável pelos projetos e o desenvolvimento e o pessoal responsável pelas vendas dos produtos. Porque, na fase de inovação é preciso que os departamentos da empresa estejam integrados, e que os esforços sejam somados no sentido de vencer a corrida contra o tempo em relação à concorrência, visando à obtenção de lucros com as vendas, também num espaço mínimo de tempo.

Contudo, existem algumas desvantagens na utilização do tempo de equilíbrio como medida de desempenho. Entre elas destaca-se o lançamento de projetos incrementais ao invés de inovadores. Os projetistas, via de regra, têm conseguido reduzir o tempo de equilíbrio de alguns produtos apenas incrementando produtos/processos já existentes, em detrimento da inovação. Outra desvantagem do tempo de equilíbrio é que a obtenção dos dados reais necessários para o cálculo do indicador pode ocorrer muito após a conclusão do processo de desenvolvimento do produto. Por isso, alguns autores acham que, embora o tempo de equilíbrio seja uma medida de desempenho interessante, funciona melhor como medida de sinalização para um comportamento desejado do que como medida de resultado.

Na opinião de **Patterson (1993)**: *Trata-se de uma medida muito boa para descrever o comportamento desejado que uma empresa está procurando estimular seu processo de desenvolvimento de produtos. Além disso, é amplamente utilizada dentro da HP (Hewlett-Packard) para avaliar a viabilidade de projetos específicos antes que todo o Staff seja alocado.*

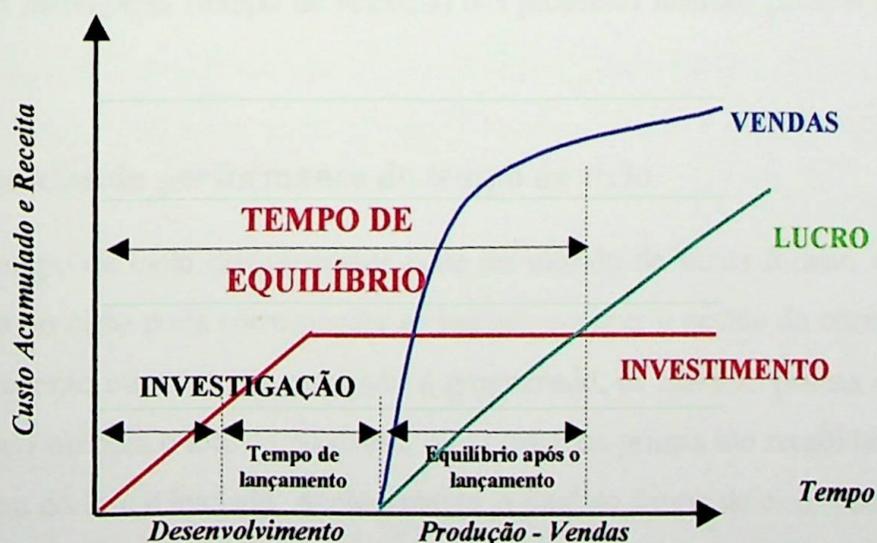


Figura 3-1 – Gráfico do tempo de equilíbrio adaptado de Charles H. House e Raymond, “The Return Map: Tracking Product”

Fonte: Kaplan e Norton (1997)

3.3 Medidas de desempenho dos Processos Operacionais

Segundo Kaplan e Norton (1997: 122) a maioria dos clientes quase sempre dá grande importância ao tempo de ciclo curto (medido desde o momento que o pedido é colocado até o momento que o produto/serviço é recebido). Eles também valorizam a confiabilidade dos prazos de desenvolvimento, medidos pela entrega do produto dentro dos prazos. Assim, as empresas podem adotar duas formas para encurtar e/ou acelerar os prazos:

- i* Produzir e manter grandes estoques para garantir o pronto atendimento aos pedidos dos clientes, ou
- ii* garantir a qualidade dos processos de produção e processamento de pedidos, com eficiência, confiabilidade, sem defeitos e com ciclos curtos, capazes de atender rapidamente aos clientes.

A primeira alternativa, porém, leva a custos elevados, transporte de estoques e obsolescência, tornando a empresa incapaz de atender rapidamente a pedidos de itens que não existam no estoque, porque os processos de produção estão ocupados, gerando estoques de itens já estocados. A Segunda alternativa, indubitavelmente, leva a custos mais baixos e a uma maior capacidade para atender aos clientes com mais presteza, e dentro dos prazos pactuados.

Como a grande maioria das empresas está abandonando a primeira forma (produzir grandes lotes para estoques e utilizá-los somente em caso de necessidade) e está aderindo à segunda (produzir lotes mínimos apenas para atender aos pedidos, *just-in-time*), a redução do ciclo ou do *throughput* (tempo de resposta) dos processos internos passa a ser um objetivo crítico.

3.3.1 Medidas de performance do tempo de ciclo

O tempo de ciclo dos processos pode ser medido de várias formas, considerando-se que o início do ciclo pode corresponder ao instante em que: o pedido do cliente é recebido, o pedido do cliente ou o lote de produção é programado, as matérias-primas são requisitadas para o pedido ou para o lote de produção, ou as matérias-primas são recebidas ou a produção do pedido ou do lote é iniciada. Analogamente, o final do tempo de ciclo pode corresponder: ao instante em que produção do pedido foi concluída, o lote está estocado na forma de bens acabados prontos para serem despachados e recebidos pelo cliente, etc..

Todavia, de acordo com **Kaplan et alii** (1997: 121), a escolha dos pontos de início e término é determinada pelo alcance do processo operacional, com o objetivo de redução de ciclo. Numa definição mais ampla, o ciclo corresponderia ao atendimento total do pedido. Teria início com o recebimento do pedido e finalizaria com o recebimento do produto (resultado do processo) pelo cliente. Por outro lado, para uma definição mais estrita, em que se observa somente o fluxo físico dos materiais em processamento, por exemplo, poder-se-ia adotar como início o momento em que o lote entra na produção e finaliza quando a produção é concluída. Contudo, qualquer que seja a definição utilizada, a empresa deve medir continuamente os ciclos e fixar metas para a redução destes, bem como, a redução dos tempos totais, a partir dos parâmetros de medição da performance dos processos operacionais.

Conforme está ilustrado na figura 3-2, a *Eficácia* e a *Eficiência* são apresentadas como principais critérios de medição e de avaliação da performance, em relação ao que eles representam operacionalmente, segundo a visão sistêmica de **Sink e Tuttle** (1993: 166-178), para uma organização.

A *Eficácia* está do lado dos *outputs* (saídas) e resultados dos processos, cuja definição operacional é: a realização das coisas “certas”. Os autores esclarecem que o conceito que envolve a palavra “certa”, está sempre sujeito a interpretação, critério, julgamento e percepção do pessoal envolvido nos processos. Desta forma, os quesitos: Será que fizemos as coisas certas? Conseguimos que elas fossem feitas?, são dúvidas relacionadas aos processos e que podem ser esclarecidas pela avaliação dos resultados, segundo o critério eficácia.

Preferencialmente, deve-se utilizar de dois atributos básicos para se definir a eficácia: a pontualidade e a qualidade. Assim, a definição operacional da eficácia, tornar-se-ia: *a realização das coisas certas, pontualmente e com os requisitos da qualidade especificados* (Sink e Tuttle, 1993: 166-178).

A medida operacional da eficácia é representada pela relação existente entre o *output* obtido (OO) e o *output* esperado (OE). Então,

$$\text{Eficácia} = \text{OO/OE} \quad (3.1)$$

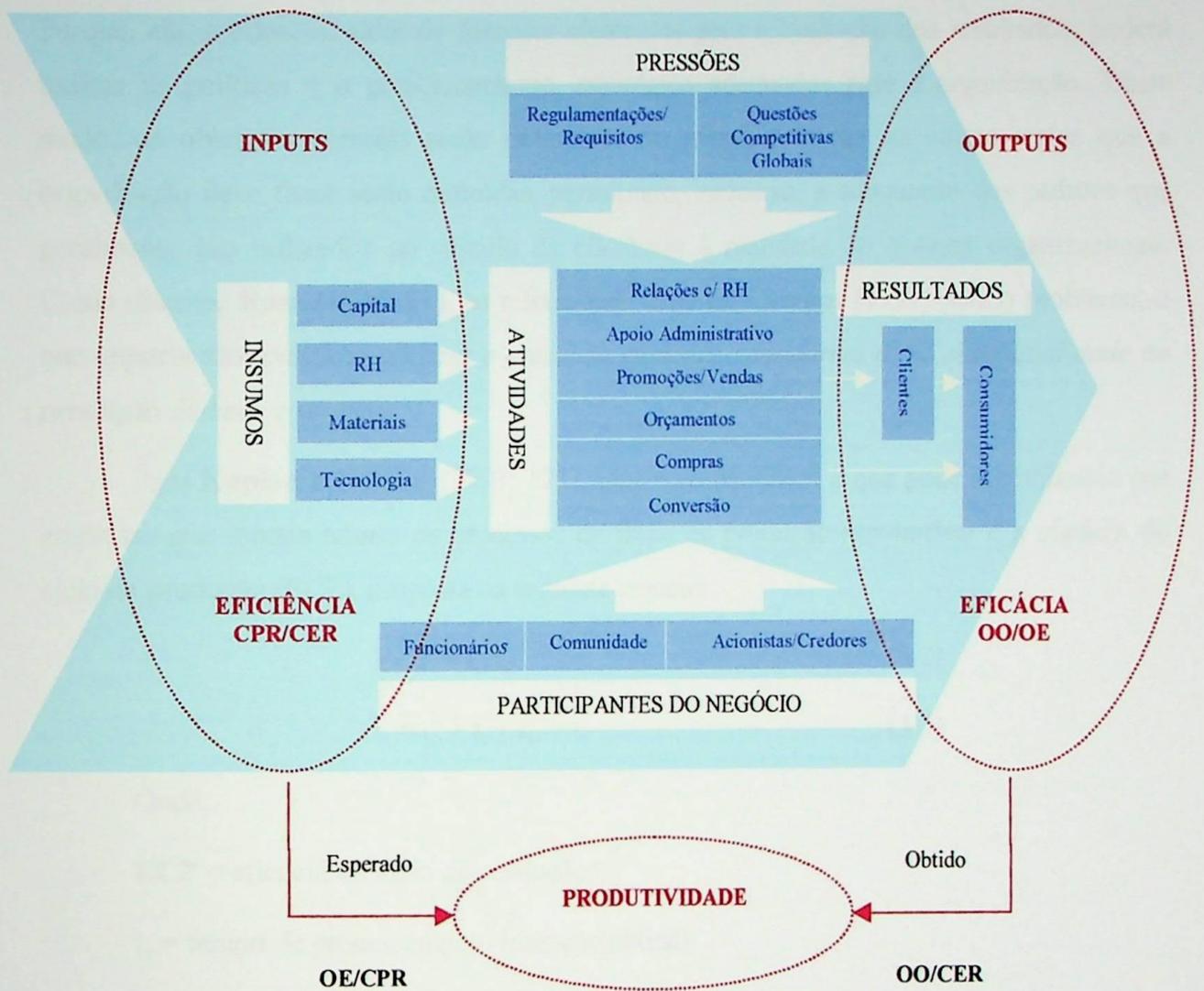


Figura 3-2: Atividades do processo operacional e a definição operacional da eficiência, da eficácia e da produtividade, adaptado de **Ostrengra (1993)** e **Sink e Tuttle (1993)**.

Observa-se, entretanto, que os resultados das atividades normalmente estão envolvidos por um elevado grau de incerteza. Conforme está ilustrado na figura 3-2, a existência de pressões competitivas, regulamentações, participantes do negócio, etc., refletem o fato de que as atividades são condicionadas por fatores externos a elas próprias. Por isso, o ambiente competitivo, o mercado, desempenham importante papel na determinação da eficácia. Daí, a importância da constante avaliação dos níveis de eficiência e eficácia dos processos da empresa, a partir das relações econômicas que existem entre suas atividades.

O ideal seria que as pessoas responsáveis e interessadas pela melhoria do desempenho do sistema organizacional iniciassem sua pesquisa pela medição da eficácia das atividades. Porque, ela, a eficácia, além de fornecer elementos para a avaliação dos resultados, poderá indicar as políticas e o posicionamento estratégico adequados para a organização. Deste modo, os objetivos corretos serão definidos, em outras palavras, as coisas certas que a organização deve fazer serão definidas, permitindo, inclusive, a adequação dos padrões que geralmente são utilizados no cálculo da eficiência à realidade do sistema organizacional. Como discorre **Rosa** (1996: 21), ao referir-se à visão de **Campos** (1992) para o problema, o que importa são: *políticas eficazes e execução eficiente como forma de se obter qualidade na produção de bens e serviços*.

Para **Kaplan e Norton** (1997: 123), uma medida viável e que pode ser utilizada por empresas que tentam adotar os processos de fluxo de produção *just-in-time* é a eficácia do ciclo de produção (ECP), proposta da seguinte maneira:

$$\text{ECP} = t_p/t_t \quad (3.2)$$

$$t_t = t_p + t_i + t_m + t_e \quad (3.3)$$

Onde,

ECP = eficácia do ciclo de produção

t_p = tempo de processamento (duração obtida)

t_t = tempo de *throughput* (tempo de ganho, tempo de resposta, tempo que a atividade utiliza para produzir os resultados esperados pelos clientes, o que vale dizer que o tempo de *throughput* representa a duração planejada de uma atividade, porque, além do tempo de processamento, ela engloba também todos os tempos previstos com as perdas inevitáveis de sua realização).

t_i = tempo de inspeção

t_m = tempo de movimentação

t_e = tempo de espera, tempo de estoque de matérias-primas básicas, produtos inacabados, etc.

O autor afirma que o cociente resultante mais provável é menor que 1.

Quando a empresa se depara com tempos de processamento muito inferiores ao tempo de *throughput* significa que do tempo total planejado, apenas uma pequena parcela é consumida por atividades que realmente agregam valor ao cliente, como as atividades de transformação, e o restante do tempo é consumido por espera, movimentação, transporte, estoque, inspeção, preparação de máquinas, etc..

Para um processo de fluxo de produção *just-in-time* (JIT), que tem como meta “zero defeitos”, se o tempo de processamento for igual ao tempo de *throughput*, neste caso, o cociente (ECP) seria igual a 1 (Kaplan e Norton, 1997: 124).

A teoria existente por trás do *ECP* é que todo o tempo consumido por atividades, além das existentes no processamento (inspeção, movimentação de itens de um processo para outro, espera, etc.), é um tempo desperdiçado (desperdício), ou não agrega valor nenhum, pois, a forma física do produto não está sendo aperfeiçoada, e a entrega do produto (o resultado esperado) ao cliente sofre atrasos, sem agregar valor.

Outra medida usada para indicar a performance dos processos de forma semelhante à de eficácia, é o cociente de *Utilização*, que conforme **Slack et alii** (1996: 353-355), *...representa a proporção da capacidade projetada que foi usada para produzir bens ou serviços de valor adicionado*. Embora as medidas relacionadas com a capacidade e o volume de produção, geralmente representem a escala das operações, uma vez incorporada a dimensão *tempo* para o uso adequado dos ativos, podem indicar também a capacidade de processamento, cuja definição segundo Slack et alii, seria: “...é o máximo nível de atividade de valor adicionado em determinado período de tempo, que o processo pode realizar.....”. Assim,

$$\text{Utilização} = \text{Volume de produção real} / \text{Capacidade de projeto} \quad (3.4)$$

Onde,

$$\text{Capacidade de projeto} = \text{velocidade do volume de produção} \times \text{tempo operatório}$$

$$\text{Volume de produção real} = \text{Capacidade de projeto} - \text{Perdas inevitáveis (perdas planejadas)} - \text{Perdas evitáveis}$$

$$\text{Perdas inevitáveis} = \text{Perdas planejadas (set-up, manutenção preventiva regular, qualidade, etc.)}$$

Perdas evitáveis = Perdas não planejadas (paradas para manutenção, falta de material/pessoal, filas, movimentação, retrabalho, etc.).

Os autores justificam que a importância da *Utilização* está no reconhecimento que qualquer perda de tempo de produção poderia ter sido usada para produzir mais produtos que gerariam mais lucro (Isto é chamado de argumento de “custo de oportunidade”).

Nestas condições, quando o cociente *ECP* e/ou *Utilização*, começarem a se aproximar de 1, sinalizarão que o tempo gasto com atividades que não agregam valor foi minorado, e a capacidade de atender rapidamente as necessidades dos clientes (tanto em volume, quanto em diversidade de produtos) foi aumentada.

A *Eficiência*, conforme está ilustrado na figura 3-2, está do lado dos *inputs* (entradas), porque trata dos assuntos relativos aos insumos que são consumidos pelas atividades. Para **Sink e Tuttle** (1993: 166-178), a eficiência é definida pela relação entre o consumo previsto de recursos (CPR) e o consumo efetivo de recursos (CER). Então,

$$\text{Eficiência} = \text{CPR/CER} \quad (3.5)$$

Na maioria das empresas, a previsão do consumo de recursos é elaborada pelo pessoal da engenharia, ou outros ligados aos processos operacionais, tendo como base para suas estimativas, os objetivos e/ou metas de planejamento. Por isso, seguindo a visão Sink e Tuttle, *...o consumo de recurso que esperávamos consumir tem relação com os resultados que esperávamos obter*. Então, o CPR está ligado ao OE. Por outro lado, o consumo efetivo de recursos, bem como os resultados efetivamente obtidos, vêm dos sistemas de medição e controle da empresa, como a contabilidade de custos, a controladoria, etc.. Conforme descrevem **Rosa et alii** (1996: 2), *...o resultado obtido é também uma função da quantidade efetiva de recursos consumida pelo próprio sistema, ou seja, a produtividade*.

Para os autores, a *produtividade* é uma relação entre os resultados que foram gerados pelo sistema e os recursos que foram disponibilizados para gerar esses resultados. A produtividade é o *output* dividido pelo *input*. O conceito de produtividade como um importante critério de desempenho, engloba outros parâmetros, como a eficiência, a eficácia e a qualidade. Por isso, ele pode ser ampliado. A figura 3-2, mostra a definição operacional da produtividade, cuja a medida pode ser obtida a partir da seguinte expressão:

$$P = OO/CER \quad (3.6)$$

ou

$$P = \text{Eficiência} \times \text{Utilização} \quad (3.7)$$

onde,

P = produtividade

Nota-se que os parâmetros de eficiência e eficácia estão inter-relacionados, através da relação entre os resultados e o consumo de recursos, o que pode ser indicado pela produtividade (efetiva ou esperada). Porém, o tempo é o fator dessa correlação. Por isso, para medição do desempenho, é necessário que sejam obedecidas as metas de planejamento, principalmente as relacionadas à duração prevista para a realização das atividades, para que não haja confusão entre o significado e o valor da proporção, pois, existe uma grande semelhança na forma de medir os parâmetros *eficiência e eficácia*. Para facilitar o entendimento de tal hipótese, propõe-se o seguinte exemplo: Supondo que *Q* e *q* sejam as quantidades de serviços previstas e executadas, respectivamente, num período de tempo predeterminado (D_x) para a atividade *X* em função do tempo padrão consumido por unidade a ser produzida (t_p), utilizado. Assim,

$$D_x = t_p \times Q \Rightarrow Q = D_x / t_p \text{ (produção esperada)} \quad (3.8)$$

$$D_x = t_{ef} \times q \Rightarrow q = D_x / t_{ef} \text{ (unidades efetivamente produzidas)} \quad (3.9)$$

onde,

D_x = duração da atividade **X**

Q = a quantidade de serviços a ser executada num dado período de tempo (resultado previsto).

q = a quantidade de serviços efetivamente executada num período de tempo (resultado obtido).

t_p = tempo padrão por unidade de produção da atividade **X**

t_{ef} = tempo efetivo por unidade de produção da atividade **X**

Da definição, têm-se:

$$\text{Eficácia} = \text{OO/OE} \Rightarrow \text{Eficácia} = q/Q$$

$$\text{Eficiência} = \text{CPR/CER} \Rightarrow \text{Eficiência} = t_p/t_{ef}$$

$$\text{Eficácia} = q/Q = \frac{D_x / t_{ef}}{D_x / t_p} = t_p/t_{ef}$$

como,

$$\text{Eficiência} = t_p/t_{ef} \Rightarrow \text{Eficiência} = \text{Eficácia}$$

Conforme está demonstrado, as proporções obtidas através da medição dos parâmetros *eficiência* e *eficácia*, podem ser as mesmas e até serem obtidas de forma semelhante. Porém, os significados são diferentes. A proporção, segundo o critério *eficácia* indica a relação entre os resultados obtidos e os planejados e, a da *eficiência* indica qual o esforço que foi requerido pelo sistema para alcançar tais resultados. Se a proporção for maior que um, o sistema foi mais eficiente do que se esperava, uma vez que consumiu menos recursos que o previsto. Se menor que um, o sistema foi menos eficiente (Rosa et alii, 1996: 2). Os parâmetros de desempenho são, ou pelo menos devem estar, inter-relacionados. Mas, não são dependentes entre si (interdependentes). Uma organização pode ser eficiente e não ser eficaz, ser eficaz e não eficiente, ou nenhum dos dois e, mesmo assim sobreviver (Sink e Tuttle, 1993: 166-178). Contudo, se uma empresa for eficiente, eficaz e obtiver qualidade em seus processos, possivelmente a produtividade virá e alcançará a excelência do crescimento e sobrevivência no futuro.

3.3.2 Medidas de qualidade dos processos:

Atualmente, a maioria das empresas já lançou iniciativas e programas para a Qualidade. A medição é parte fundamental para a manutenção de programas desse tipo. Assim, a maioria desses indicadores já é familiar: Taxas de defeitos em peças por milhão (por processo), índice de acertos (cociente de itens corretos produzidos em relação aos itens corretos processados), desperdício, perdas, retrabalho, devoluções, e percentual de processos sob controle estatístico, etc..

As empresas de serviços normalmente devem identificar os defeitos de seus processos internos que passam a afetar negativamente os custos e a capacidade de resposta, ou o nível de satisfação dos clientes.

Para **Sink e Tuttle** (1993: 177), a qualidade num sistema organizacional é difusa, porque representa um importante critério de desempenho em todos os estágios do ciclo de vida do fluxo de recursos e gerenciamento de um sistema. Por isso, os autores preferem definir a qualidade operacionalmente, através de cinco pontos de verificação no sistema (Q_1 , Q_2 , Q_3 , Q_4 e Q_5), conforme está mostrado na figura 3-3.

- *Ponto de verificação da Qualidade 1:* é definido operacionalmente pelos autores, como a seleção e o gerenciamento de sistemas à montante, compreendendo nesta fase o gerenciamento de todas as atividades de Inovação e seleção dos sistemas de fornecimento de insumos necessários à realização dos processos operacionais.
- *Ponto de verificação da Qualidade 2:* verifica se o sistema organizacional considerado está recebendo os insumos e informações de que necessita, que espera e merece. Os autores descrevem este ponto de verificação como sendo o ponto de controle/garantia da qualidade daquilo que chega ao processo. Observando que neste ponto podem ser usados os métodos de solução de problemas (ver capítulo II), que seguem a aplicação de procedimentos estatísticos, pois o que completa a gestão é a ação que decorre da constatação de problemas no processo.
- *Ponto de verificação da Qualidade 3:* é a parte do gerenciamento da qualidade total que enfoca a criação de qualidade no produto ou serviço. Por intermédio da criatividade dos participantes do negócio e balizados pela Inovação, o “valor” nas atividades operacionais é gerado. **Sink e Tuttle** (1993: 179) reconhecem a importância dos procedimentos estatísticos neste ponto de verificação, contudo esclarecem que: *o êxito, aqui, depende muito mais daquilo que os princípios orientadores do sistema organizacional refletem e daquilo que os sistemas de medição e os de recompensa comunicam do que estarem ou não instalados e funcionando perfeitamente os procedimentos estatísticos.*
- *Ponto de verificação da Qualidade 4:* refere-se à garantia do que está sendo gerado pelo sistema organizacional. Se satisfaz às especificações e aos requisitos estabelecidos. Este procedimento de verificação não significa absolutamente que o

controle da qualidade do produto garante que a qualidade das atividades que produzem estes produtos foi aumentada. A qualidade já foi criada, está lá, antes de qualquer inspeção (Sink e Tuttle, 1993: 181).

- *Ponto de verificação da Qualidade 5:* enfoca os sistemas à jusante. Compreende a verificação do modo pelo qual os requisitos e as especificações dos clientes estão sendo atendidos, através dos produtos/serviços que estão sendo fornecidos. Neste ponto se verifica basicamente o nível de satisfação dos clientes.

Os autores sugerem a inserção de mais um ponto de verificação da qualidade, o *Ponto de verificação da Qualidade 6*, que está relacionado ao gerenciamento da qualidade, ou seja, à coordenação e ao gerenciamento global do processo de qualidade.

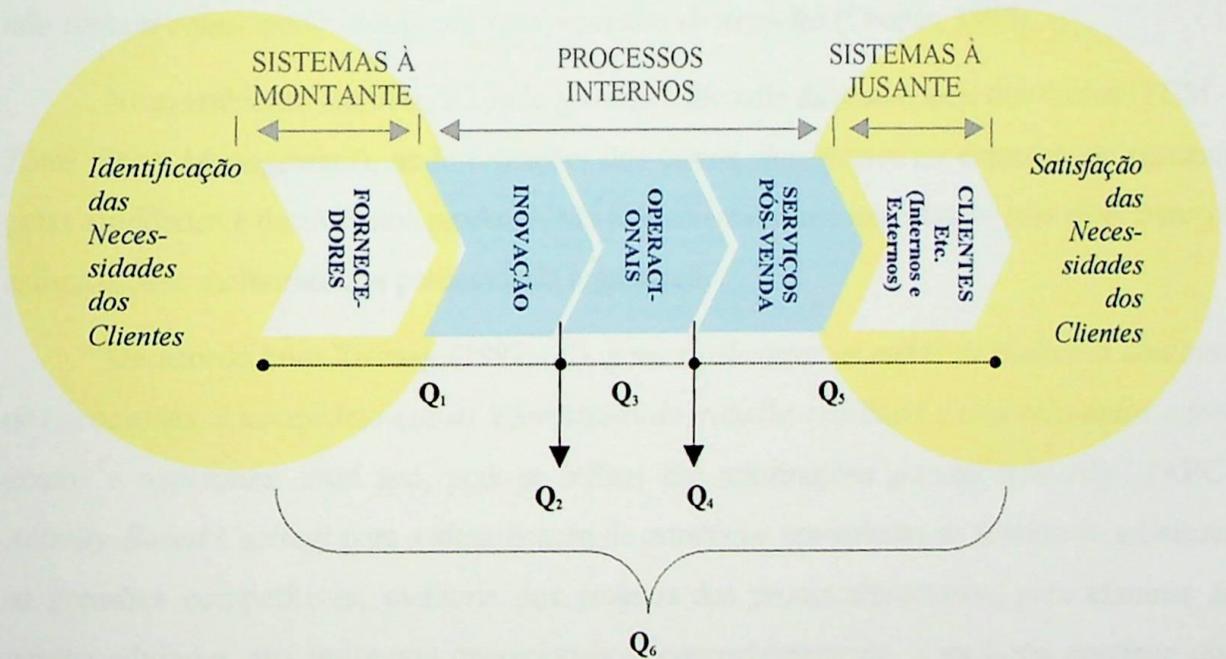


Figura 3-3: Definição operacional e os seis pontos de verificação de Qualidade na Cadeia de Valor.

Adaptado de Sink e Tuttle (1993) e Kaplan e Norton (1997).

Observa-se, entretanto, na ilustração da figura 3-3, que os pontos de verificação de qualidade Q_1 e Q_5 têm finalidades distintas, porém ambos estão focados nas necessidades dos

clientes. Isso significa que os clientes são sistemas à montante e à jusante e desempenham papel importante no projeto, desenvolvimento e especificações do lado do *input* e do lado do *output* do que é executado pelos processos operacionais. Os processos de Inovação através do cultivo das necessidades dos clientes e pesquisas de mercado fazem, sob o ponto de vista de qualidade, o elo de ligação entre os processos operacionais e os sistemas à montante, por outro lado, os processos de Serviços Pós-Venda fazem a ligação entre os processos operacionais e os sistemas à jusante.

3.3.3 Medidas de custo dos processos:

Os sistemas tradicionais de custeio medem as despesas e a eficiência das tarefas realizadas em departamentos isolados, através de centros de custos, mas não medem o custo dos processos. Normalmente, processos como processamento de pedidos, compras ou planejamento e controle da produção, utilizam-se de recursos e atividades de vários centros de responsabilidade. *Antes do advento do sistema de custeio baseado em atividades, os gerentes não tinham como medir o custo de seus processos de negócios* (Cooper, 1993).

Num ambiente empresarial onde permeia a filosofia da gestão total dos custos (TCM – *Total Costs Management*), as informações dos custos, decorrentes do consumo de recursos pelas atividades e destas pelos produtos, são fundamentalmente importantes para direcionar os esforços para melhorias dos processos da organização.

De acordo com **Turney** (1992: 20), *para se alcançar as metas de melhoria contínua dos processos, é necessário que as informações do trabalho realizado e seus resultados sejam exatas e oportunas*. Para isto, pode-se utilizar das informações geradas pelo ABC (*ABC-Activity-Based Costing*) para a identificação de estratégias apropriadas no sentido de satisfazer as pressões competitivas, melhoria dos projetos dos produtos/processos, para eliminar as perdas advindas dos processos operacionais e, conseqüentemente, a melhoria contínua dos processos da organização.

A utilização das informações de custos geradas pelo ABC para a melhoria do negócio é também conhecida como gestão baseada em atividades (*ABM – Activity-Based Management*).

O ABC e o ABM, na visão de Turney, foram feitos um para o outro, porque são ferramentas de gestão, essenciais para a realização do TCM, bem como no auxílio à tomada de decisão.

A figura 3-4 ilustra como os dois sistemas de gestão se relacionam por intermédio das informações de custos. O ABC fornece as informações para o ABM que as utiliza em várias análises a fim de implementar a melhoria continua na organização.

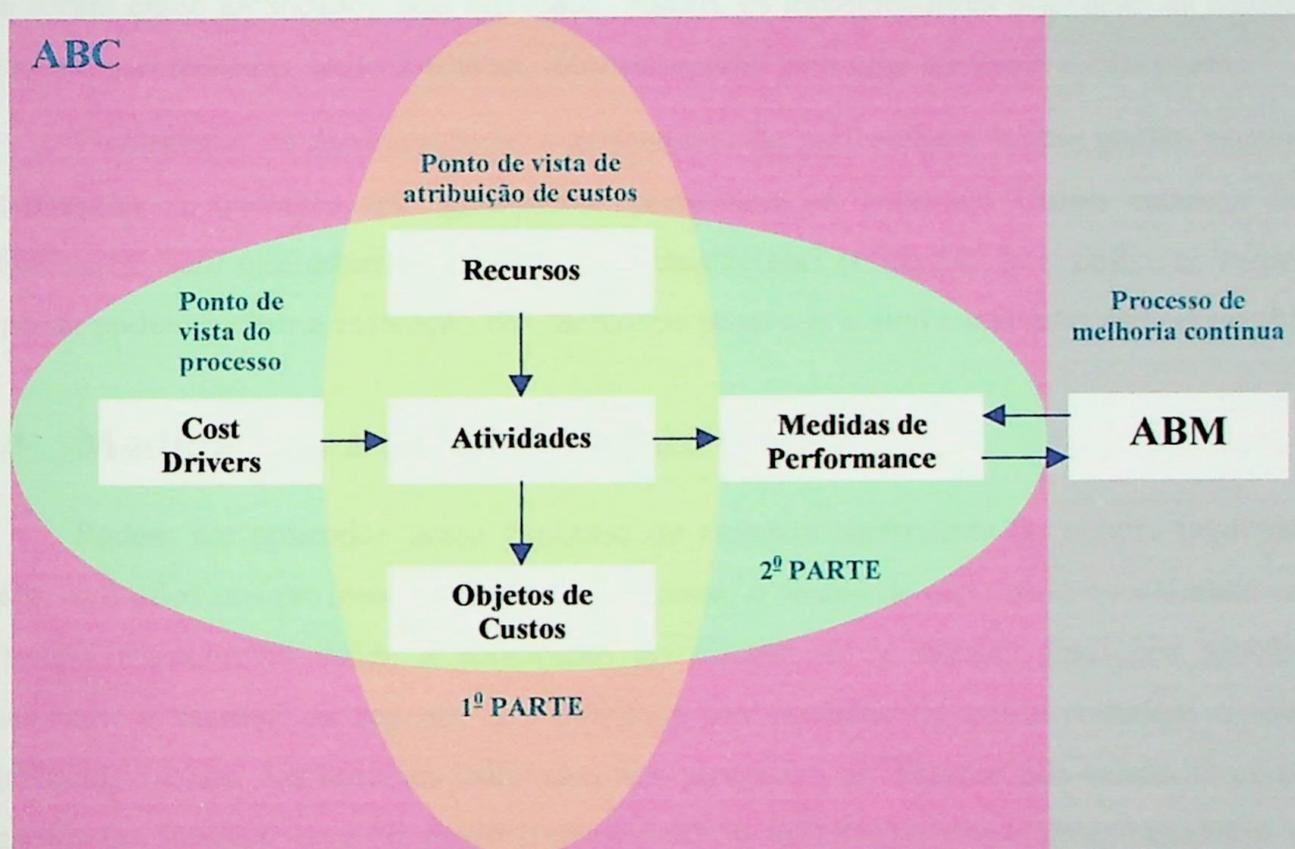


Figura 3-4: Como o ABM usa as informações do ABC. Adaptado de Turney (1992: 20)

O modelo do ABC, apresentado na figura 3-4, está dividido em duas partes, entretanto, cada uma delas exerce um papel crítico no ABM. A primeira parte representa como o ABC efetua o rastreamento dos custos dos recursos às atividades e dessas aos objetos de custeio, via direcionadores de custos de primeiro e segundo estágio, respectivamente. E, do ponto de vista da atribuição dos custos, ele, o ABC, é usado na tomada de decisões relacionadas à

composição de preços, informações sobre produtos, decisões sobre projetos de produtos/processos e no estabelecimento de prioridades para os esforços de melhoria.

A segunda parte enfoca o problema do ponto de vista do processo. No entanto, isso reflete a necessidade de uma nova categoria de informações a respeito das atividades e que podem ser geradas pelos *cost drivers* (direcionadores de custos), associados às medidas de performance. Os direcionadores de custos são fatores que, além de informar como a atividade é realizada, indicam também qual causa e o esforço está sendo requerido para executar o trabalho. As medidas de performance descrevem como o trabalho é efetuado e os resultados que foram então alcançados pela atividade. Assim, os direcionadores informam as causas do trabalho, e as medidas de performance informam quão bem uma atividade é executada.

Finalmente, os direcionadores e as medidas de performance juntos podem responder prontamente a questões que geralmente perturbam os gerentes: Como estamos indo? (eficiência). Será que estamos fazendo as coisas certas? (eficácia). Isto posto, as respostas também podem incluir a indicação das melhorias possíveis e qual o caminho para alcançá-las.

3.4 Medidas para os Serviços Pós-Venda

Podem ser aplicados nesse processo os mesmos parâmetros de tempo, qualidade e custo, aplicados nos processos operacionais. Assim, o tempo de ciclo seria considerado como o tempo transcorrido desde a solicitação do cliente até a solução final dos problemas (mediriam a rapidez de reposta aos defeitos). As medidas de custo poderiam avaliar a eficiência, o custo dos recursos utilizados nos processos de serviços pós-venda. O nível de atendimento imediato poderia medir o percentual de solicitações dos clientes atendidos, com uma única visita ao serviço, sem exigir várias outras para resolver um problema.

As empresas de engenharia, principalmente as ligadas à construção civil, devem adotar medidas críticas de desempenho, relacionadas aos impactos no meio ambiente que podem advir com as mudanças do ecossistema (desmatamentos, contaminação dos lençóis freáticos, contribuição nos esgotos sanitários, etc.). Medidas como desmatamento x reflorestamento, densidade demográfica x tratamento de esgotos sanitários podem ser mais significativas pela minoração dos impactos ao meio ambiente do que pelo ligeiro aumento do custo de produção.

3.5 Considerações Finais

Devido à função de transferência de “valor” das atividades na cadeia de valor, é necessária a certificação de que o que está sendo passado adiante atende aos requisitos dos clientes internos/externos e/ou atividades subseqüentes, pelo menos no que se refere aos parâmetros de performance, relacionados ao tempo, ao custo e à qualidade dos bens e/ou serviços fornecidos. Assim, de acordo com os critérios de desempenho preestabelecidos, o programador do PERT/CPM poderá gerenciar as atividades que possivelmente serão utilizadas na elaboração da rede, explorando as ligações com suas antecessoras e sucessoras, incluindo, os tempos e os recursos, respectivos e necessários, à sua duração. A duração das atividades pode ser estimada com acurácia a partir da oportunidade de ganho existente no tempo de *throughput* (tempo de resposta). Todavia, deverá ser verificada e controlada através do cociente de eficácia do ciclo de produção (ECP) e/ou da utilização da capacidade fornecida. Desta maneira, serão considerados todos os tempos das atividade paralelas, das correlacionadas e das subordinadas que serão programadas. O tempo de *throughput*, conforme anteriormente demonstrado, inclui os tempos esperados das atividades que não agregam valor (inspeção, retrabalho, movimentação de itens, espera, estocagem, etc.), que representam as perdas nos processos. Tais atividades devem ser controladas, excluídas ou melhoradas, com objetivos de melhoria contínua, que serão alcançadas por intermédio de um sistema de gestão que também esteja baseado nas atividades dos processos, como o ABM (*Activity Based Management*).

O ABM, conforme já foi dito, além de ter como objetivo a melhoria da operações, efetua um estudo analítico e dirige seus esforços no sentido de adaptar as estratégias, com vistas às pressões competitivas e participantes do negócio, a partir das medidas de performance e das informações de custos de cada atividade que compõe a estrutura do processo empresarial, fornecidas pelo sistema de custos ABC (*Activity Based Costing*).

Numa rede de programação do tipo PERT/CPM, que tem como princípio explorar as relações entre a atividades, sucessoras/antecessoras (clientes ou fornecedoras, da atividade em análise), é fundamentalmente importante a verificação constante do desempenho das atividades e usá-las no gerenciamento a fim para garantir o sucesso do projeto.

4 Construindo uma rede PERT/CPM com conceitos da Cadeia de Valor

4.1 Considerações Iniciais

Uma das ferramentas mais utilizadas para auxiliar os gerentes no controle e planejamento dos projetos é o Gráfico de Barras (Gráfico de Gantt). Apesar dessa técnica também possibilitar a compreensão do tempo, através visualização das atividades, incluindo suas respectivas durações, não oferece ao usuário o necessário entendimento da relação que existe entre elas. De acordo com **Ertas** (1996: 64), o diagrama de barras mostra quando as atividades vão ocorrer, mas não mostra como elas estão relacionadas entre si.

Suprindo essa deficiência do diagrama de barras, em meados dos anos 50, surgiram as técnicas de programação em redes, para auxiliar os gerentes no planejamento e condução de projetos. Essas técnicas de análise são oriundas, segundo **Stanger** (1974: 4), de resultados práticos obtidos a partir da teoria dos grafos, que é uma importante parte da teoria dos conjuntos. Para **Motta** (1976: 19), tais técnicas estão baseadas no princípio de que qualquer conjunto de atividades tem uma seqüência ótima. Assim, procura-se um meio de determiná-la. Essa seqüência ótima, no entanto, pressupõe a existência de um critério de julgamento, que é a duração, sendo a seqüência ótima aquela que levar ao término do projeto no menor tempo.

Os mais conhecidos desses métodos de análise de redes são: a técnica PERT de avaliação e revisão de programa (PERT – *Program Evaluation and Review Technique*) e o método do caminho crítico (CPM – *Critical Path Method*).

Não se sabe ao certo qual dos dois métodos surgiu primeiro, ou qual deles é derivado do outro. Contudo, a diferença básica que existe entre eles é que o CPM considera as durações das atividades como determinísticas. Portanto, podem ser prefixadas por meio de experiências anteriores em trabalhos idênticos. Por outro lado, o PERT reconhece que a duração das atividades e o custo em gerenciamento são probabilísticos, permitindo, assim, que a teoria da probabilidade seja utilizada para fazer estimativas (Slack, 1997: 538).

A combinação das técnicas do Gráfico de Barras (Gráfico de Gantt) e as do PERT/CPM, deu origem ao diagrama ao método dos potenciais (diagrama de blocos), que, segundo **Boiteux** (1985: 78), é também conhecido como PERT/CPM/ROY, em homenagem ao seu precursor, o Prof. B. Roy.

Essa técnica para a programação de projetos consiste basicamente na inserção de flechas orientadas, para representar a seqüência lógica das atividades, resolvendo o problema da representação das relações de interdependência no Gráfico de Gantt. Assim, em virtude da fácil visualização e entendimento da ocorrência das atividades, o Diagrama de Barras se transformou numa importante ferramenta para auxiliar do método PERT/CPM.

O método dos potenciais idealizado por Roy também modificou sobremaneira a representação das atividades no PERT/CPM, passando a representá-las nos *nós*, enquanto, eram representadas nos *arcos* do grafo, tradicionalmente, ao qual também adicionou vantagens, porque facilitou a elaboração das redes, permitindo a representação das atividades paralelas sem a necessidade da inserção de atividades fantasmas (virtuais).

Apesar das inovações verificadas nas técnicas de montagem e representação do PERT/CPM, a gestão das atividades que são a base fundamental do método não foram contempladas pelos constantes avanços tecnológicos. O custeio de suas atividades ainda continua sendo efetuado pelos sistemas de custos tradicionais. Assim, é proposta deste capítulo a utilização conjunta dos conceitos de Cadeia de Valor, dos sistemas de custeio e gestão ABC/ABM, para programação de atividades em redes PERT/CPM.

4.2 Elementos da Programação e Representação Gráfica da Rede PERT/CPM:

4.2.1 Eventos: Representação e Terminologia Brasileira.

Os eventos no PERT/CPM representam as extremidades de início e término de uma atividade. Portanto, não representam a execução da atividade. Por isso, os eventos não consomem tempo e recursos, embora, estejam vinculados a datas. Os eventos são marcos significativos de um programa e podem também ser interpretados como marcos da realização de objetivos parciais/finais do projeto. De acordo com **Stanger** (1974: 17), *...um programa é constituído por um conjunto de operações, e tem como eventos os pontos desse grafo.*

Dentre os vários tipos de eventos existentes, a seguir estão listados alguns, conforme o projeto da norma **ABNT** (P-TB-134/1972) para a terminologia brasileira do PERT/CPM, em registro:

- *Evento - início de atividade*:- É aquele que caracteriza o início da execução da atividade;
- *Evento inicial*:- É aquele que caracteriza o início da primeira ou das primeiras atividades de um empreendimento;
- *Evento – fim de atividade*:- É aquele que caracteriza o final da execução de um atividade;
- *Evento final*:- É aquele que caracteriza o término das últimas atividades de um empreendimento;
- *Evento amarrado*:- É aquele que deverá ocorrer em data não passível de alteração;
- *Evento de decisão alternativa*:- É aquele cuja ocorrência exige decisão na escolha de várias outras atividades subseqüentes;
- *Evento de interface (enlace)*:- É aquele que cuja ocorrência estabelece continuidade entre dois diagramas diferentes.

Além dos eventos acima listados, existem os *Marcos*, que segundo a mesma norma são, eventos com características especiais. Esses eventos podem representar numa rede PERT/CPM integrada aos conceitos da CV, os subprocessos do empreendimento, a fim de

possibilitar a identificação das etapas de controle do projeto e viabilizar o custeio das atividades/objetos de custeio em dois estágios (custeio das atividades e custeio dos objetos) pelo sistema de custos ABC, conforme está ilustrado na figura 3-1 do capítulo III.

A figura 4-1 ilustra a forma básica de representação gráfica dos eventos, atendendo aos requisitos da ABNT.

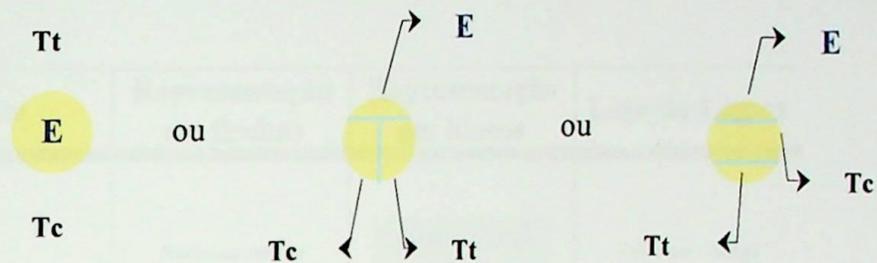


Figura 4-1: Eventos representação gráfica
Fonte: ABNT (P-TB-134/1972)

4.2.2 Atividades (operações ou tarefas): Representação e Terminologia Brasileira.

Seguindo as prescrições da terminologia brasileira, da norma da ABNT (P-TB-134/1972), também são caracterizadas alguns tipos de atividades:

- *Atividade de interface (enlace):*- É aquela cuja execução estabelece a continuidade entre diagramas diferentes;
- *Atividade de espera:*- Representação que indica o retardamento do início da atividade em relação ao término de suas precedentes;
- *Atividades em paralelo:*- São aquelas que são representadas simultaneamente;

- *Atividades precedentes*:- Aquelas que devem ser realizadas imediatamente antes de outra, ou outras, tomadas como referência;
- *Atividades em série*:- São aquelas que se realizam em seqüência; e
- *Atividades subseqüentes*:- Aquelas que devem ser realizadas imediatamente após a outra, ou outras, tomadas com referência.

O quadro 4-1 ilustra a representação gráfica das atividades, segundo a ABNT

| Nome | Representação em flechas | Representação em blocos | Ligação Lógica | | | | | | | | | | | | |
|------------------|--------------------------|--|----------------|--|--|----------------|---|----------------|----------------|----------------|----------------|----|--|-----|--------------------------|
| ATIVIDADE | Nome ou código → | <table border="1"> <tr> <td colspan="3">Nome ou Código</td> </tr> <tr> <td>T_c</td> <td>D</td> <td>T_c</td> </tr> <tr> <td>T_f</td> <td>F_f</td> <td>T_f</td> </tr> <tr> <td>In</td> <td></td> <td>Fim</td> </tr> </table> | Nome ou Código | | | T _c | D | T _c | T _f | F _f | T _f | In | | Fim | -----> Nome ou Código |
| Nome ou Código | | | | | | | | | | | | | | | |
| T _c | D | T _c | | | | | | | | | | | | | |
| T _f | F _f | T _f | | | | | | | | | | | | | |
| In | | Fim | | | | | | | | | | | | | |

Quadro 4-1:- Representação Gráfica para as Atividades
Fonte: ABNT (P-TB-134/1972)



4.2.3 Lista de Atividades

A lista das atividades a serem programadas no PERT/CPM, conforme já foi demonstrado nos capítulos anteriores (II e III), pode ser obtida através da análise simultânea da CV e da análise da estrutura desdobrada dos processos empresariais. As atividades devem ser especificadas e preparadas nessas fases, com vistas a uma futura programação em rede. O resultado dessa análise deve indicar o relacionamento entre os processos, bem como as ligações que existem entre eles, para a elaboração da matriz de ordenação das atividades, conforme está proposto no capítulo II.

As atividades que compõem os processos devem ser especificadas detalhadamente, identificando quais são os clientes e quais são os fornecedores da atividade em designação. O motivo dessa fase inicial de análise é permitir em termos práticos a medição e avaliação

rotineira das entradas (*inputs*) e saídas (*outputs*) das atividades do fornecimento das matérias-primas básicas até o produto final acabado, ou até mesmo aos clientes e consumidores finais dos produtos resultantes.

Os procedimentos para a obtenção e a avaliação da lista de atividades na cadeia de valor estão detalhados nos capítulos II e III.

4.3 Técnicas de montagem da rede PERT/CPM

4.3.1 Critérios básicos

Obtida a lista de atividades e a respectiva matriz de ordenação, pode-se passar direto à construção da rede PERT/CPM, observando-se, entretanto, as seguintes regras básicas propostas por **Slack** (1996: 532):

- *Regra 1:* Um evento não pode ser atingido até que todas as atividades que nele desembocam estejam completas;
- *Regra 2:* Nenhuma atividade pode ser iniciada até que o evento em sua cauda tenha sido atingido;
- *Regra 3:* Duas atividades quaisquer não podem ter os mesmos eventos cabeça e cauda.

Observa-se que na representação gráfica da rede, não se utiliza nenhuma escala ou proporção para representar a ordenação ou o tempo de duração das atividades. As flechas, além de representarem a própria atividade, como é o caso no diagrama de flechas, dão uma idéia da seqüência lógica do fluxo do trabalho. Por isso, nenhuma preocupação se deve ter com respeito à posição das atividades ou eventos. *Quem indica a precedência (ordenação) são as setas, estejam elas voltadas para qualquer sentido* (Boiteux, 1985: 84).

Segundo a norma **ABNT** (P-TB-134/1972), chamam-se atividades precedentes aquelas cujo fim coincide com o início da atividade considerada e, aquelas cujo o início coincide com o fim da atividade considerada são denominadas atividades subseqüentes.

Doravante, sempre que for necessário, serão mencionados os dois métodos mais utilizados para a representação gráfica das atividades na rede PERT/CPM: a representação em flechas (atividades nos arcos) e a representação em blocos (atividades nos nós).

4.3.2 Numeração das Atividades e Eventos

Na representação em *blocos*, as atividades devem ser numeradas obedecendo à relação de precedência, o que equivale a dizer que não deve existir uma atividade com número superior dirigindo-se a uma atividade de número inferior. Normalmente a numeração das atividades deve ser efetuada sempre da esquerda para a direita, e de cima para baixo. Na representação em *flechas*, numeram-se primeiramente os eventos, obedecendo, também, à regra das precedências. Assim, não se numera nenhum evento sem que se tenha numerado todos os eventos precedentes. De forma semelhante às atividades da rede de blocos, não deve existir nenhuma flecha (atividade) saindo de um evento de numeração superior para um evento de numeração inferior.

Esta forma de numeração de atividades/eventos é também conhecida como o Método da Progressão, porque, parte do início e vai na direção do objetivo final do projeto.

4.3.3 Atividades Fantasmas

As atividades fantasmas/virtuais são usadas simplesmente para os efeitos construtivos das redes de programação. Por isso essas atividades não correspondem a tempo ou trabalho, ou seja, não consomem qualquer tipo de insumo. Portanto, podem ser definidas como uma representação sem atributo.

Segundo **Boiteux** (1985: 87-95), a introdução de atividades fantasmas num programa, faz-se necessária, apenas para resolver os problemas de interdependência entre as atividades nos seguintes casos particulares de representação: na ocorrência de atividades paralelas, no estabelecimento da correlação entre as atividades, na ocorrência de múltipla subordinação e na ocorrência de atividades de enlace.

4.3.3.1 Caso 1: A representação de Atividades Paralelas.

Identifica-se a ocorrência de atividades paralelas num programa quando são necessárias providências simultâneas para a realização de uma determinada atividade. Esse trabalho adicional requerido geralmente resulta na geração das atividades indiretas, como as de apoio administrativo, suprimentos, etc. Tais atividades no PERT/CPM, são conhecidas como as atividades que são realizadas em paralelo (atividades paralelas) às atividades de conversão.

Mas, a representação dessas atividades no *diagrama de flechas*, principalmente quando se pretende estabelecer uma relação entre datas dos eventos e/ou interdependências entre atividades, torna-se impossível, pois contraria a regra básica de construção da rede que determina: *Não pode existir mais que uma atividade com início e término entre eventos comuns*. Para satisfazer esta regra, utiliza-se o artifício da inserção de atividades fantasmas, lembrando sempre que tais atividades não consomem tempo e/ou recursos, portanto a elas não concernem as características naturais das atividades (duração). A figura 4-2, mostra um caso típico de atividades paralelas representadas incorretamente. Supondo que as atividades *b* e *c* sucedam a atividade *a*, bem como, precedam a atividade *d*. Na figura 4-3, ilustra-se como as atividades paralelas podem ser representadas no diagrama de flechas corretamente, introduzindo-se uma atividade virtual (atividade *v*), cuja representação faz-se por uma flecha tracejada.

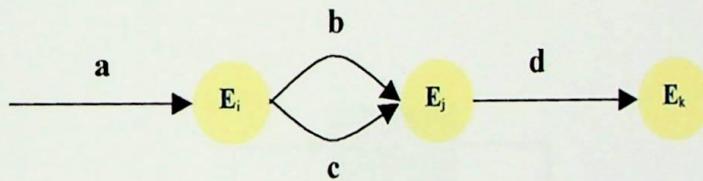


Figura 4-2: Representação incorreta de atividades paralelas
Fonte: : Stanger (1974: 20)

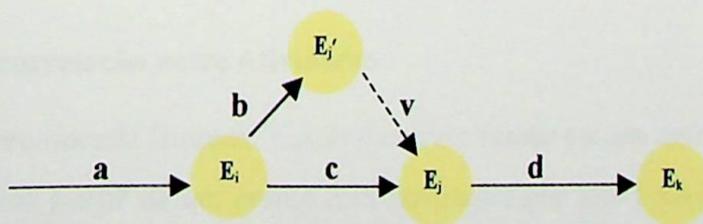


Figura 4-3: Representação correta das atividades paralelas com a inserção de atividade fantasma
Fonte: Stanger (1974: 21)

No *diagrama de blocos*, a representação das atividades paralelas torna-se mais fácil, pois, esse diagrama dispensa a inserção de atividades fantasmas. De cada bloco podem sair quantas atividades forem necessárias para estabelecer a precedência entre as atividades, uma vez que as flechas são meros elementos de ligação. (Boiteux, 1985: 87-95)

Muitas vezes esta particularidade do diagrama de blocos pode ser de grande importância na escolha do método de representação. Por exemplo, considerando que os custos indiretos representam cada vez mais uma parcela maior dos custos totais dos produtos, torna-se necessária a inclusão das atividades indiretas nas redes de programação, a fim de gerenciá-las. Por isso, o diagrama de blocos atualmente é muito utilizado como forma de representação do PERT/CPM. Aproveitando do exemplo proposto por Stanger da figura 4-3, na figura 4-4 está ilustrado como seria a representação daquelas atividades, migrando do *diagrama de flechas* para o *diagrama de blocos*.

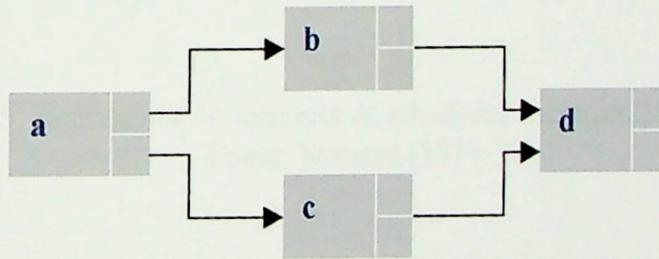


Figura 4-4: Representação de atividades paralelas no diagrama de blocos

4.3.3.2 Caso 2: A correlação entre Atividades

Conforme recomenda Boiteux:*não é correto reunir em um único evento atividades não correlatas e nem partir de um evento com atividades que não tenham nada a ver umas com as outras.*

Para facilitar o entendimento, suponha-se que no *diagrama de flechas* mostrado na figura 4-5, a atividade *c* seja sucessora das atividades *a* e *b*, da mesma forma com que *d*

sucedam *a* e *b*. Contudo, a relação de precedência representada, não garante a relação de dependência entre as atividades (interdependência). A atividade *c*, pode ser dependente de *a* e independente de *b*, ou dependente de ambas e independente de *d*, embora o evento-início de *c* e *d* e fim de *a* e *b* coincidam no tempo. Por isso, não é correto o agrupamento de atividades não correlatas em um único evento. Para resolver esse problema de falsa relação, é inserido no programa um evento adicional para cada atividade virtual (*v*), conforme está representado na figura 4-6.

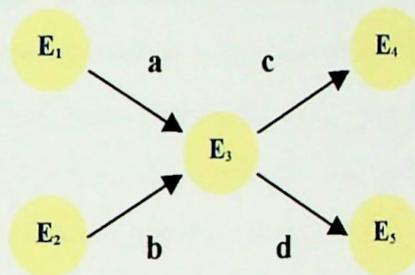


Figura 4-5: Representação incorreta de atividades não correlacionadas
Fonte: Stanger (1974: 21)

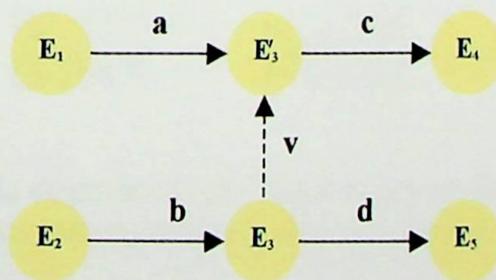


Figura 4-6: Representação correta de atividades não correlacionadas
Fonte: Stanger (1974: 21)

O *diagrama de blocos* também facilita a representação das atividades não correlacionadas, dispensando as atividades virtuais pelos mesmos motivos descritos no caso das atividades paralelas (figura 4-7). Entretanto, o conceito de correlação deve permanecer em qualquer uma das formas de representação, principalmente se o objetivo do sistema for a utilização da dimensão *custo* no gerenciamento das atividades. O grau de correlação, será muito importante na formação dos grupos de atividades, em que os custos incorridos, correspondentes ao consumo de recursos pelas atividades, poderão ser rastreados aos objetos de custeio (no PERT/CPM, resultados dos subprocessos), via um único direcionadores de custos, comum a cada grupo de atividade, sem causar grandes distorções e minorando o custo da própria contabilidade, conforme está descrito em **Pamplona** (1997: 49-71). Além disso, uma rede de programação onde as atividades estão bem correlacionadas, mostra para os engenheiros residentes e mestres-de-obras, o arranjo físico possível e adequado, para as instalações dos canteiros de obras numa perspectiva dos processos em CV, propiciando uma melhor eficiência na alocação dos recursos e redução das perdas (desperdícios), através da eliminação das atividades NVA (armazenagem, movimentação, transporte horizontal/vertical, filas, etc.), ou da exploração das relações econômicas que existe entre as atividades de valor na cadeia do cliente ou fornecedor (ver capítulo II).

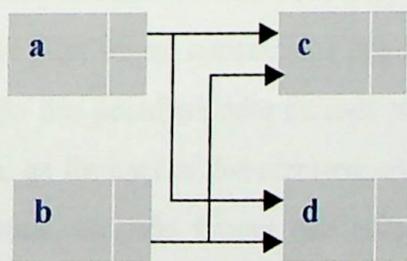


Figura 4-7: Na diagramação em blocos é dispensada a introdução de atividades virtuais para representar a subordinação das atividades.

4.3.3.3 Caso 3: Múltipla subordinação.

Os casos de múltipla subordinação basicamente ocorrem quando se deseja ligar uma atividade à mais de um evento. Para isso, utilizam-se tantos quantos forem necessários os eventos adicionais para cada atividade virtual introduzida no programa. O *diagrama de blocos* também dispensa a inserção de atividades fantasmas nos casos de múltipla subordinação.

4.3.3.4 Caso 4: Atividade de Enlace (interface).

As atividades de enlace servem para estabelecer a ligação, ou a continuidade entre diagramas diferentes. Entretanto, segundo **Boiteux** (1985: 90), no *diagrama de flechas* deve-se dirigir especial atenção para esses tipos de ligações, porque, muitas vezes esse artifício pode levar ao estabelecimento de relações de dependência completamente fora da realidade.

4.4 Duração e o estabelecimento de datas para a realização do programa.

A obtenção da duração das atividades é, sem dúvida, uma das fases mais importantes a ser percorrida na construção de uma rede PERT/CPM. A duração das atividades está relacionada e é condicionada por uma série de fatores internos ou externos à organização do trabalho. A duração é um atributo de atividade (ABNT, P-TB-134), cujas características, além de incluir a dimensão tempo, também envolvem a combinação de uma série recursos que deverão estar disponíveis para serem consumidos pelas atividades, entretanto, em maior ou menor escala, dependendo das peculiaridades de cada projeto e do contexto em que este será realizado. Desta maneira, as limitações dos recursos, os intempéries, o mercado competitivo, as políticas governamentais, etc. são fatores que influenciam na realização do trabalho, e condicionam o cálculo das estimativas de duração das atividades.

A análise e a avaliação das estimativas de duração das atividades é proposta do próximo capítulo V. Por hora, detêm-se ao estudo do estabelecimento das datas para a realização do programa. Todavia, cumpre esclarecer que na metodologia do PERT/CPM, a palavra *data* aplica-se aos eventos. O sentido de data no PERT/CPM está relacionado ao tempo, entretanto, nada tem a ver com o calendário (Motta, 1976: 35).

4.4.1 O Caminho crítico

O caminho crítico para a realização de um programa é o caminho mais longo que se deve percorrer na conquista do objetivo final programado.

Conforme **Stanger** (1974: 31), num mesmo programa podem existir vários caminhos, cuja soma dos respectivos tempos operatórios poderá ser inferior à soma dos tempos operatórios do caminho mais desfavorável entre os eventos E_1 e E_n . Esse caminho, é denominado *caminho crítico*. Este enunciado, pode ser verificado no exemplo ilustrado pela figura 4-8. Nota-se que são necessárias 14 unidades de tempo para que o evento E_3 seja atingido, dando tempo suficiente para que todas as atividades sejam realizadas. Vale lembrar que para que um evento seja considerado como atingido é necessário que todas as atividades que para ele convergem estejam concluídas. Portanto, para calcular a data final do programa, se calcula no grafo o caminho mais longo, ou seja, o caminho crítico.

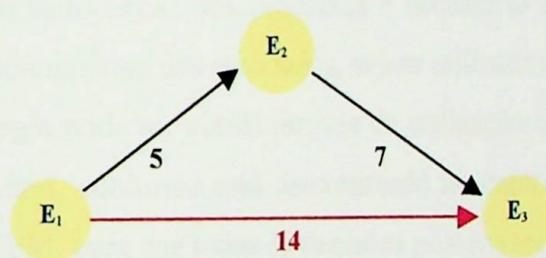


Figura 4-8: O caminho crítico representa o caminho mais longo para se alcançar o objetivo final do programa.

Fonte: **Stanger** (1974: 31)

De acordo com **Hirschfeld** (1987: 71), um ponto importante é que: *...se todas as durações das atividades do caminho crítico permanecerem constantes e houver atraso em apenas em uma delas, haverá, conseqüentemente, atraso igual no final do programa. Desta forma, cada dia ganho no caminho crítico reduzirá o tempo final.*

Geralmente, nas definições para o caminho crítico e suas atividades, muita ênfase é dada à dimensão tempo e pouca ou quase nenhuma é destinada as outras dimensões, como o

custo e a qualidade, que também são características das atividades. Assim, especial atenção deve ser dirigida às atividades que compõem o caminho crítico, visto que uma redução no tempo de duração de uma atividade crítica pode não representar um ganho real no tempo de *throughput* (tempo de ganho), se não houver melhorias significativas na performance das atividades NVA. Isto quer dizer que o processo pode estar simplesmente realizando de forma correta as coisas erradas, principalmente, se os esforços de melhorias forem dirigidos somente às atividades de transformação. A implementação de mão-de-obra adicional, as inovações tecnológicas, a automação, etc., podem conseguir resultados fantásticos, porém parciais e, em detrimento da melhoria das demais atividades que compõem o fluxo do trabalho.

O caminho crítico é mutante, pois, qualquer redução no tempo de duração de uma atividade crítica pode induzir à mudança de um caminho crítico para outro, sem adicionar, no entanto, benefício algum ao projeto. Por isso, sob o ponto de vista estratégico da programação, é muito importante a medição constante da eficiência e eficácia dessas atividades, antes de adotar a mudança de caminho como decisão.

Para um gerenciamento eficaz dos processos é necessário que todas as informações, incluindo as de custo e desempenho das atividades, sejam utilizadas em benefício da melhoria das mesmas. E essa sinergia pode ser obtida através da utilização conjunta dos dois sistemas de gestão, o ABC e o ABM, conforme está demonstrado no capítulo II. E, que deverão ser incorporados ao PERT/CPM, para que todas as decisões possam ser programadas, validadas e representadas graficamente.

4.4.2 Cedo de um evento E_j

De acordo com Hirschfeld: *Cedo de um evento é o tempo necessário para que o evento seja atingido, considerando-se que não houve atrasos imprevistos nas atividades antecedentes*, admitindo-se que um evento é atingido somente quando todas as atividades que o antecedem foram concluídas. A figura 4-9 ilustra como um evento é atingido pelas atividades.

E por esta definição conclui-se que o cedo de um evento considerado é igual ao maior valor obtido entre os somatórios dos tempos de todas as atividades que o antecedem, nos mais diversos caminhos existentes para alcançá-lo. Então,

$$Tc_j = \max.(Tc_i + D_{ij}) \dots \dots \dots \text{onde,} \tag{4.1}$$

Tc_j = cedo do evento de fim da atividade considerada

Tc_i = cedo evento imediatamente antes (evento de início da atividade considerada)

D_{ij} = duração da atividade que atinge o evento considerado

Considerando que todos os arcos incidem no evento E_j , ou seja, para todo $(i,j) \in U_j$

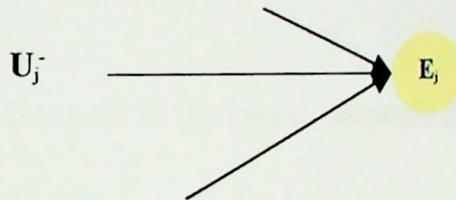


Figura 4-9: O evento E_j é atingido pelas atividades
Fonte: Stanger (1974: 34)

Na figura 4-10, está indicado abaixo de cada evento, a sua correspondente data mais cedo. Os valores correspondentes a cada uma dessas datas foram então obtidos da seguinte forma:

$$Tc_1 = 0$$

$$Tc_2 = 0 + 2 = 2$$

$$Tc_3 = 0 + 4 = 4$$

$$Tc_4 = 4 + 5 = 9 \text{ ou } Tc_4 = 2 + 3 = 5 \dots \dots \dots \text{o maior valor é 9.}$$

$$Tc_5 = 9 + 7 = 16 \text{ ou } Tc_5 = 4 + 8 = 12 \dots \dots \dots \text{o maior valor é 16.}$$

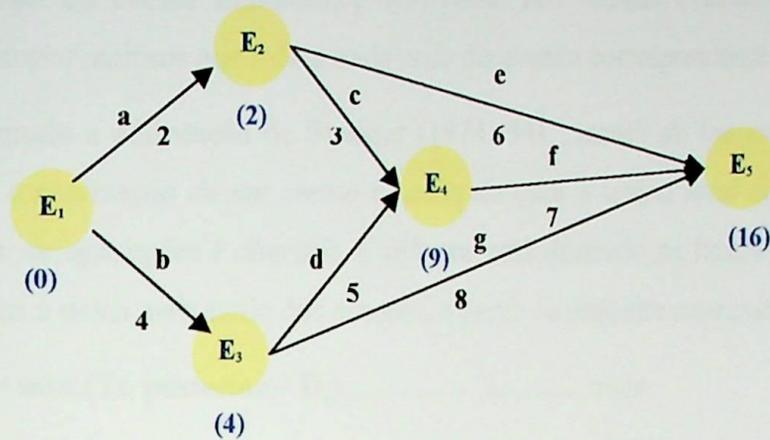


Figura 4-10: O “cedo” de um evento, adaptado de Hirschfeld (1987: 72).

4.4.3 Tarde de um evento E_i

Obtida a data mais cedo do evento fim de um projeto, tem-se uma idéia bem próxima da realidade do prazo final do programa. Porém, esses dados não são suficientes para garantir o sucesso do programa em relação a uma data final prefixada para o projeto, por razões contratuais ou outras conhecidas como força maior. Por isso, deve também ser fixada a data mais tarde do evento de finalíssimo do programa. O que não é tão simples. Entretanto, deve-se considerar as seguintes hipóteses de planejamento:

- *O projeto pode ser concluído no prazo contratado:* Neste caso, a data mais cedo do evento de fim do projeto, será igual à data mais tarde desse mesmo evento, ($Tt_i = Tc_i$), pelo menos ao que se refere aos eventos do caminho crítico;
- *O projeto pode ser concluído fora do prazo contratado:* Neste caso, a data mais tarde do evento de fim do projeto é menor que a data mais cedo do mesmo, e as datas mais tarde dos demais eventos serão sempre menores que as datas mais cedo correspondentes, podendo até serem negativas, ($Tt_i < Tc_i$). Isto significa que não existe prazo suficiente para o projeto se realizar dentro do prazo prefixado, ou seja, a duração prefixada é menor que a duração esperada;

- *O projeto pode ser concluído dentro do prazo contratado:* Neste caso, as datas mais *tarde* do evento finalíssimo, bem como nos demais eventos do programa serão sempre maiores que a data mais *cedo* do evento correspondente ($Tt_i > Tc_j$).

Seguindo a delineação de **Stanger** (1974: 34), ...*tarde de um evento é a data limite para a realização de um evento E_i , além da qual o tempo total de execução de um conjunto de operações é alterado.* Conforme está ilustrado na figura 4-11, podem-se determinar a datas mais tarde dos eventos, a partir da seguinte expressão:

$$Tt_i = \min.(Tt_j \text{ posterior} - D_{ij}) \dots \dots \dots \text{onde,} \tag{4.2}$$

Tt_i = tarde do evento de início da atividade considerada,

Tt_j = tarde do evento imediatamente posterior (evento de fim da atividade considerada),

D_{ij} = duração da atividade que parte do evento considerado.

Considerando que todos os arcos partem do evento E_i , ou seja, (i,j) e U_i^+ .

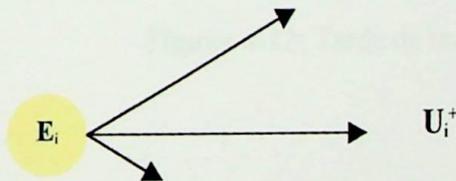


Figura 4-11: O menor valor das atividades que partem de E_i , determinam o tarde desse evento.

Fonte: Stanger (1974: 35)

O valor do tarde de um evento será o *menor* valor entre os valores das várias atividades que partem desse evento, calculando-se o valor para cada atividade a partir do resultado da subtração do tarde do evento aonde chega a atividade, menos o valor da duração dessa atividade. Aproveitando-se do exemplo ilustrado pela figura 4-10, na figura 4-12 estão indicados acima dos eventos os valores correspondentes às datas mais tarde, obtidos da seguinte forma:

$$Tt_5 = 16$$

$$Tt_4 = 16 - 7 = 9$$

$$Tt_3 = 9 - 5 = 4 \text{ ou } Tt_3 = 16 - 8 = 8 \dots \text{o menor valor é 4.}$$

$$Tt_2 = 16 - 6 = 10 \text{ ou } Tt_2 = 9 - 3 = 6 \dots \text{o menor valor é 6.}$$

$$Tt_1 = 4 - 4 = 0 \text{ ou } Tt_1 = 6 - 2 = 4 \dots \text{o menor valor é 0.}$$

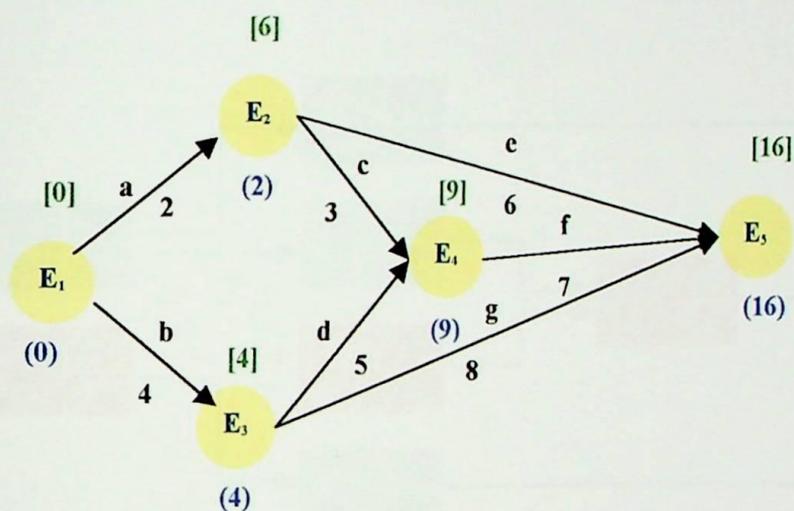


Figura 4-12: Tarde de um evento.

De forma semelhante ao diagrama de flechas, no diagrama de blocos também devem ser calculados os cedos e os tardes dos eventos, apesar desses estarem ocultos nesta forma de representação do PERT/CPM. A maneira de se calcular os cedos e os tardes, todavia, das atividades, é a mesma que no diagrama de flechas, devendo apenas serem colocadas duas retas imaginárias, uma no início e outra no fim do programa, ou nas fases do programa, para se ter uma idéia dos limites do tempo de duração. Desta forma, a *data mais tarde do evento de início* (Tt_i) de uma atividade será o menor valor das *datas mais tarde do evento de fim* (Tt_j) das atividades que a sucedem, subtraindo-se o valor da duração da atividade considerada, e o valor correspondente à *data mais cedo do evento de fim* (Tc_j) da atividade, pode ser obtido, somando-se ao Tc_i da atividade considerada ao seu respectivo tempo de duração. Expressões, 4.1 e 4.2.

A figura 4-13, mostra como os cedos e os tardes das atividades podem ser representados no diagrama de blocos. As figuras geométricas (retângulos) que representam as atividades são compostas por dois retângulos menores (à direita da atividade). O superior corresponde ao tarde da atividade e inferior corresponde ao cedo da atividade. E o quadrado situado à esquerda representa a própria atividade e sua respectiva duração. O caminho crítico para este programa também está identificado no grafo na cor encarnada.

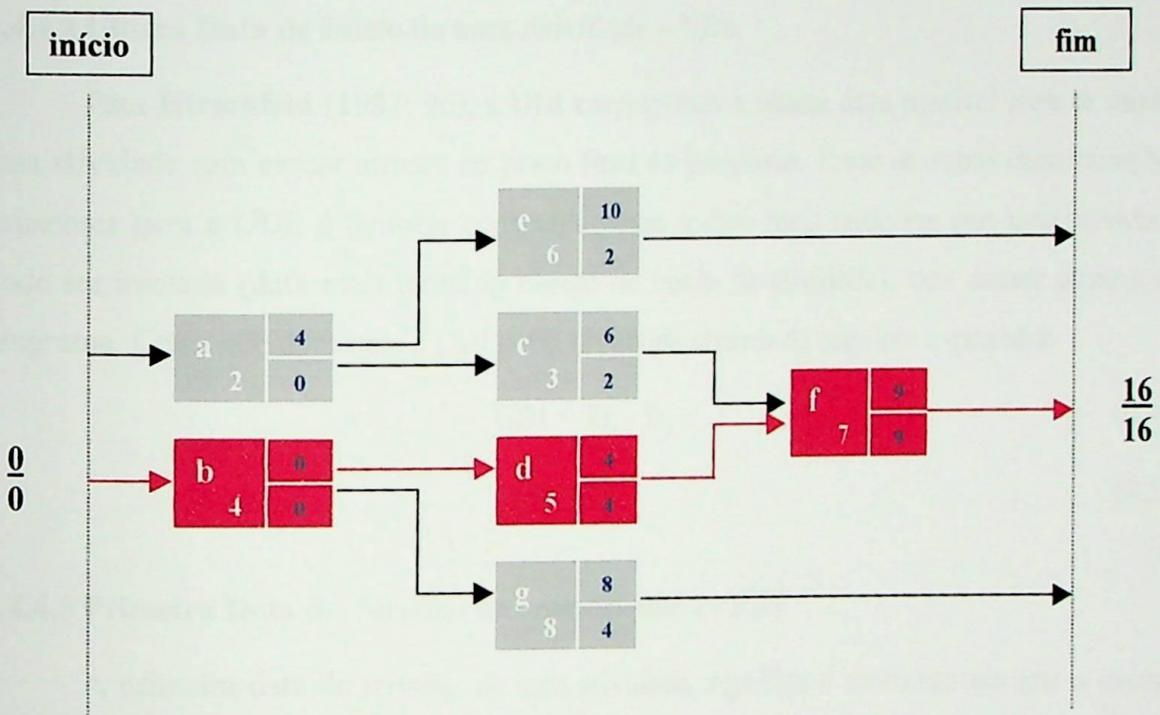


Figura 4-13: Os cedos e os tardes das atividades e o caminho crítico de um programa, representado no diagrama de blocos.

4.4.4 Datas de início e término de uma Atividade:

Conforme já foi visto, uma atividade é limitada por dois eventos (início e fim), e cada evento tem duas datas (cedo e tarde). Desta forma, conforme descreve **Motta** (1976: 47), obtêm-se quatro datas, fixando as diversas possibilidades de início e fim de uma atividade. Como segue: a primeira data de início, a última data de início, a primeira data de término e a última data de término.

4.4.4.1 Primeira Data de Início de uma Atividade – PDI.

Também denominada como a data mais cedo do evento de início de uma atividade (PDI), significa a data cedo possível em que uma atividade pode ser iniciada, de acordo com as diretrizes do planejamento. Segundo **Stanger** (1974: 38), o PDI de uma atividade é representado pela seguinte igualdade:

$$\text{PDI} = Tc_i \quad (4.3)$$

4.4.4.2 Última Data de Início de uma Atividade – UDI.

Para **Hirschfeld** (1987: 96), a UDI corresponde à última data possível para se iniciar uma atividade sem causar atrasos no prazo final do programa. Entre as outras denominações existentes para a UDI, é também conhecida como a data mais tarde em que uma atividade pode ser iniciada (data mais tarde do evento de início da atividade), sem causar atrasos ao programa. Conseqüentemente, a UDI pode ser obtida através da seguinte expressão:

$$\text{UDI} = Tt_j - D_{ij} \quad (4.4)$$

$$\text{UDI} = Tt_i \quad (4.5)$$

4.4.4.3 Primeira Data de Término de uma Atividade– PDT

A primeira data de término de uma atividade, significa o momento em que o evento fim da atividade é atingido. Assim,

$$\text{PDT} = Tc_i + D_{ij} \quad (4.6)$$

4.4.4.4 Última Data de Término de uma Atividade – UDT

A UDT representa a data mais tarde em que uma atividade deverá ser concluída.

$$\text{UDT} = Tt_j \quad (4.7)$$

4.4.4.5 Tempo total disponível - Ttd_{ij}

É o maior intervalo de tempo que existe entre o cedo do evento de início (E_i) e o tarde do evento de fim (E_j) para que uma atividade possa se realizar, sem alterar o prazo final do programa. Assim, considerando as expressões acima pode-se concluir:

$$Ttd_{ij} = Tt_j - Tc_i \quad (4.8)$$

$$UDI - PDI = Tt_i - Tc_i$$

$$UDT - PDT = Tt_j - (Tc_i + D_{ij}) = Tt_j - D_{ij} - Tc_i$$

como,

$$Tt_i = Tt_j - D_{ij}$$

$$UDI - PDI = Tt_j - D_{ij} - Tc_i$$

$$UDI - PDI = UDT - PDT = Tt_j - D_{ij} - Tc_i = Ttd_{ij} - D_{ij} \quad (4.9)$$

4.5 Folgas:

4.5.1 Folgas de Eventos

A folga de evento pode ser obtida através do cálculo da diferença entre o cedo e tarde de qualquer evento considerado. E será justamente dentro dessa folga que as atividades não críticas poderão se realizar sem que o resultado final do programa seja alterado. A folga dos eventos pode ser obtida a partir da seguinte expressão:

$$Fe_i = Tt_i - Tc_i \quad (4.10)$$

Fe_i = Folga do evento considerado

Tt_i = Tarde do evento considerado

Tc_i = Cedo do evento considerado

Todavia, se o evento considerado for, por exemplo, o evento final do programa, pode-se, percorrendo os caminhos na direção contrária ao fluxo, identificar o caminho crítico do mesmo: *...o caminho crítico de um grafo, é o caminho ao longo do qual os eventos tem folga nula* (Stanger, 1974: 35).

De acordo com **Motta** (1976: 47), *...o conceito de datas mais cedo e datas mais tarde implica na existência de uma folga, caso essas duas datas não sejam iguais*. E, assim o autor

explica a ocorrência de três tipos de folgas de evento: as positivas, nulas e negativas, em que, a diferença entre os cedo e tarde dos eventos são as causas dessas folgas.

- As folgas *positivas* são verificadas quando a data mais tarde do evento finalíssimo do projeto é maior que a data mais cedo desse mesmo evento. Conseqüentemente, todos os demais eventos terão datas mais tarde maior que as suas respectivas datas mais cedo, ou seja, todos os eventos terão folgas positivas;
- Por outro lado, quando a data mais cedo do evento final de projeto for maior que a data mais tarde, a sua folga correspondente e a folga do evento de início do projeto, serão *negativas*, podendo ocorrer nos demais eventos folgas negativas, nulas e até positivas;
- Caso a data mais cedo do evento final do projeto seja igual a sua data mais tarde, a folga resultante será nula, inclusive para o evento de início do projeto. Para os demais eventos do programa as folgas serão nulas ou positivas.

Isto posto, pode-se concluir que, através da análise minuciosa das folgas dos eventos, também pode-se identificar o caminho crítico do grafo, porém, levando em conta as seguintes considerações:

- ao longo do caminho crítico, todos os eventos tem folgas iguais, sejam elas positivas, negativas ou nulas,
- as folgas dos eventos fora do caminho crítico são sempre maiores que as dos eventos que nele estão incluídos, e
- o caminho crítico sempre passará pelos eventos de menores folgas e estas serão todas iguais (Motta, 1976: 51).

Conforme está ilustrado na figura 4-14, o caminho crítico do grafo também pode ser identificado a partir da análise da folga de evento, uma vez que, por definição, o caminho crítico implica no processo de cálculo das datas mais cedo dos eventos. A maior data, a data mais cedo do evento fim, corresponde à duração mínima do projeto, e este é o maior caminho. Finalmente, de acordo com as recomendações de **Motta** (1976: 54), ao se traçar o caminho crítico, não é suficiente verificar quais os eventos que o compõem. É preciso saber quais as atividades que permitiram o cálculo da data mais cedo dos eventos, pois somente estas estarão no caminho crítico, vez que o cedo do evento representa o caminho mais longo.

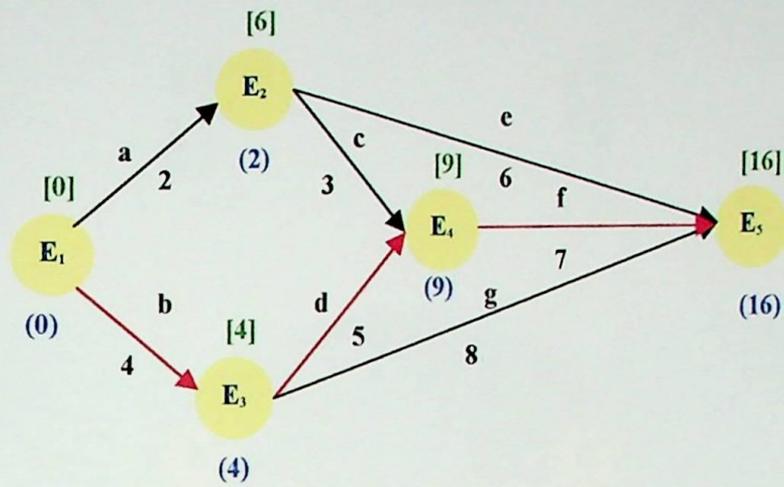


Figura 4-14: No caminho crítico a folga dos eventos podem ser nulas.

4.5.2 Folgas de Atividades

Considerando as quatro possibilidades de início e término de uma atividade, decorrentes das datas dos seus eventos, podem-se tecer os seguintes pressupostos em relação ao que uma atividade pode:

- Começar na PDI e terminar na PDT;
- Começar na PDI e terminar na UDT;
- Começar na UDI e terminar na PDT;
- Começar na UDI e terminar na UDT.



Estes pressupostos são a base para a determinação das folgas das atividades, se subtraídas as respectivas durações das atividades da diferença resultante entre as possíveis datas de início e fim das mesmas. Desta forma, segundo Motta, poderão ser obtidas quatro combinações possíveis de folgas, conforme está ilustrado na figura 4-15: a folga total, a folga livre, a folga independente e a folga dependente.

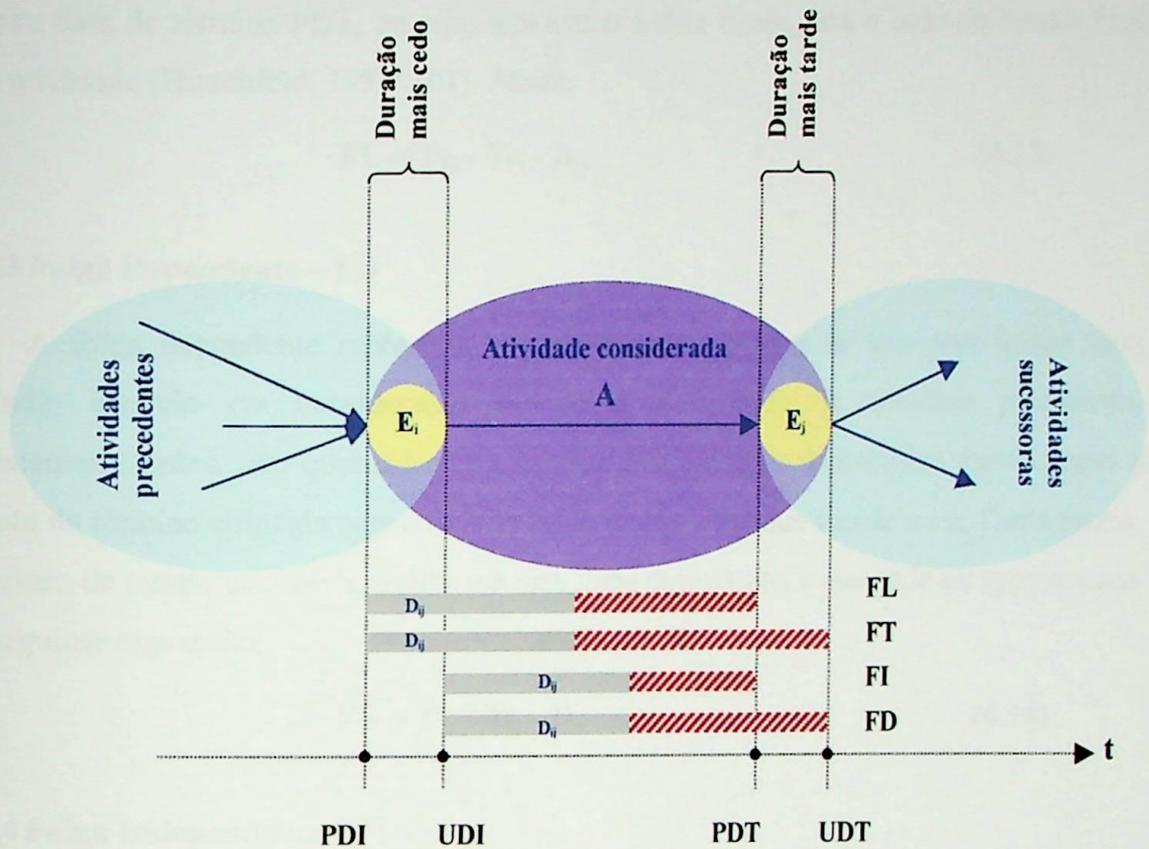


Figura 4-15 : As datas cedo e tarde dos eventos que limitam uma atividade determinam as folgas das mesmas

4.5.2.1 Folga Total – FT (Slack)

A folga total de uma atividade representa o atraso máximo que uma atividade pode suportar sem prejudicar o prazo máximo para o seu término (UDT). Assim,

$$FT = Ttd_{ij} - D_{ij} \tag{4.11}$$

De acordo com a equação (4.9),

$$Ttd_{ij} - D_{ij} = Tt_j - D_{ij} - Tc_i = UDI - PDI = UDT - PDT$$

Assim,

$$FT = UDI - PDI = UDT - PDT \tag{4.12}$$

4.5.2.2 Folga Livre – FL

Representa o atraso máximo que uma atividade pode suportar sem prejudicar a sua primeira data de término PDT, ou seja, sem alterar a data fixada para o cedo do evento final dessa atividade (Hirschfeld, 1987: 101). Assim,

$$FL = Tc_j - Tc_i - D_{ij}, \quad (4.13)$$

4.5.2.3 Folga Dependente – FD

A folga dependente representa a margem de tempo que se tem para iniciar uma atividade, levando em consideração o término mais tarde da atividade precedente, imediatamente antes. Isto quer dizer que, quando uma atividade é concluída, nem sempre a sua data de término coincide com a data de início da atividade que sucede a ela. Desta forma, o intervalo de tempo que sobra, resulta em uma folga dependente, e que pode ser representada pela seguinte expressão:

$$FD = Tt_j - Tt_i - D_{ij} \quad (4.14)$$

4.5.2.4 Folga Independente – FI

É a margem de tempo de que se dispõe para iniciar a atividade no tarde do seu evento de início e concluí-la no cedo do seu evento de fim. A folga independente pode ser representada pela seguinte expressão:

$$FI = Tc_j - Tt_i - D_{ij} \quad (4.15)$$

4.6 Medindo o desempenho das atividades

Numa rede PERT/CPM, a performance de uma atividade pode ser medida de várias maneiras, de acordo com os conceitos que foram propostos no capítulo III – p. 39 - 44. Entretanto, a medição dos parâmetros de desempenho *eficiência* e *eficácia*, pode ser efetuada nas folgas livres (FL) e/ou dependentes (FD) das atividades, bem como, na própria atividade. As folgas *FL* ou *FD* são sensíveis ao comportamento das atividades no programa devido à interdependência que existe entre elas. Por isso, elas representam a rigidez do programa. De outra forma, o quão flexível ele é. Assim,

$$\text{Eficiência} = \frac{FL_p}{FL_{ef}} \tag{4.16}$$

$$\text{Eficiência} = \frac{FD_p}{FD_{ef}} \tag{4.17}$$

Onde, FL_p e FD_p representam, respectivamente, a folga livre e a dependente previstas para a atividade em consideração e, FL_{ef} e FD_{ef} representam, respectivamente, a folga livre e a dependente, efetivamente obtidas pelo sistema.

De acordo com o que já foi apresentado, numa rede de programação de atividades, o fluxo vai no sentido do objetivo final planejado. Por isso, a medição da eficácia é muito importante para a definição dos objetivos parciais para o sistema e, conseqüentemente, para a especificação dos recursos necessários à realização dos objetivos indicados pela eficácia.

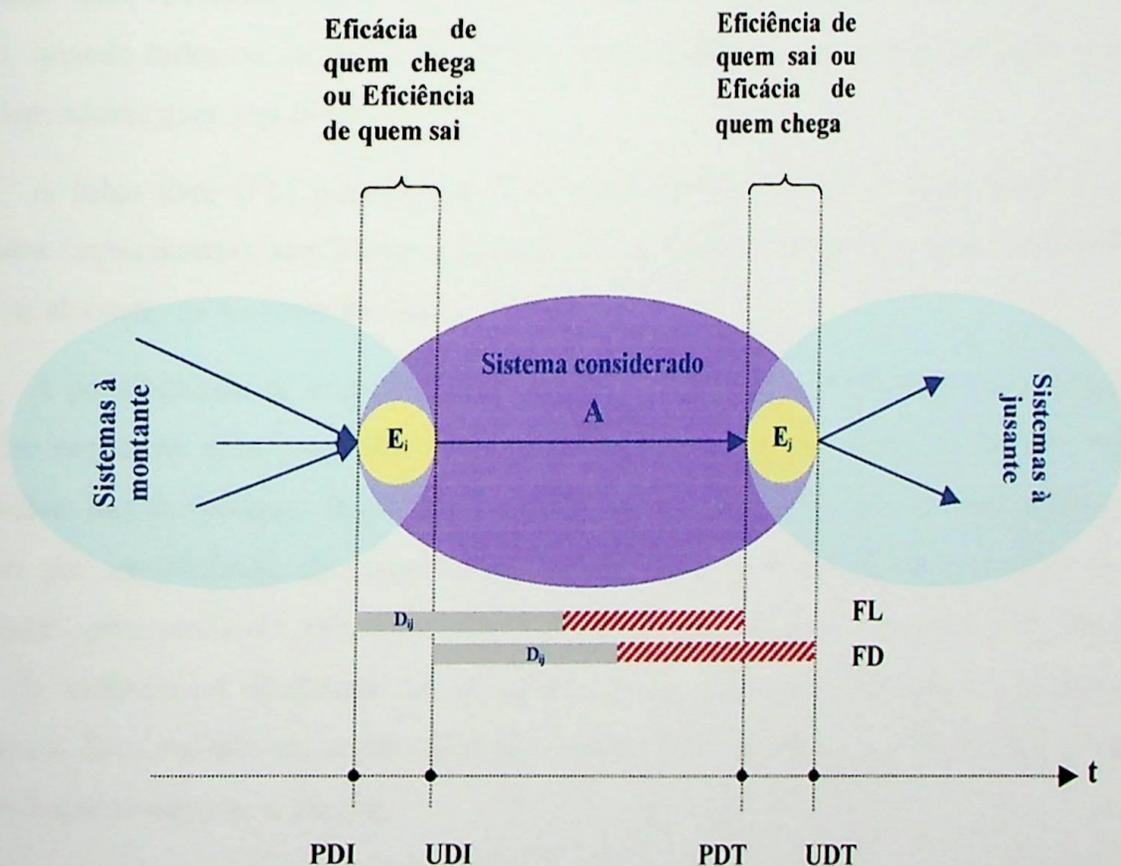


Figura 4-16: O desempenho das atividades também pode ser medido nas suas respectivas folgas livres (FL) e/ou dependentes (FD)

Conforme está ilustrado na figura 4-16, a eficácia de uma atividade é determinante para a eficiência das suas sucessoras. Em outras palavras, a eficácia da atividade que chega ao evento condiciona a eficiência das atividades que saem desse mesmo evento. Assim, a falta de eficácia em uma das fases do programa poderá prejudicar a eficiência final do projeto.

4.7 Considerações finais

O método PERT/CPM, conforme foi visto, consiste numa técnica simples de programação de atividades. Uma das grandes riquezas do método é poder verificar para cada atividade o quanto é permitido atrasar, sem que isto resulte num atraso no tarde do evento final do programa estabelecido. Tal fato, se deve às folgas das atividades, que são uma consequência do relacionamento da própria atividade com os cedos e os tardes dos seus respectivos eventos início e fim.

Dentre os quatro tipos de folgas possíveis para uma atividade, destacam-se a folga livre (FL) e a folga dependente (FD), porque elas representam a elasticidade do programa, isto é, quanto mais reduzidas elas forem, maior será a rigidez deste. Diz-se que um programa é rígido, quando todos os caminhos são críticos, não existindo, portanto, nenhuma folga, quer seja dependente quer seja livre.

A folga livre (FL) permite que as durações das atividades não críticas possam ser alteradas (aumentadas), sem alterar o cedo do evento de fim. E tal artifício pode ser grande valia na alocação de recursos limitados.

A possibilidade de existirem datas mais tarde negativas e, conseqüentemente, folgas também negativas num programa, leva a concluir que, se as estimativas de duração das atividades forem precisas, ficará então caracterizada a impossibilidade de realização do projeto por insuficiência de prazo. Desta maneira, torna-se necessário um reestudo das atividades, para verificar quais, dentre tantas, poderão sofrer redução no tempo de duração, a partir da melhoria ou eliminação das atividades que não estão agregando valor ao processo produtivo. Esta análise, entretanto, deve ser iniciada pelas atividades críticas, porque essas afetam imperativamente o sistema.

De acordo com **Slack et alii** (1997: 511), não existe nenhum projeto que se realize do começo ao fim sem que sejam necessárias algumas alterações. Assim, no decorrer do projeto, serão necessários vários replanejamentos, e isto irá requerer novas decisões que deverão ser

tomadas com base nas informações de custos que são geradas pelo ABC, associadas às medidas de performance, que serão utilizadas pelo ABM na formulação de estratégias adequadas para a organização, visando à redução dos custos e melhoria contínua das atividades. Então, toda a decisão resultante dessa integração deve ser programada e representada graficamente pelo PERT/CPM, para a sua devida validação. Isto quer dizer, para a avaliação da eficácia dos feitos e/ou implicações provenientes das ações implementadas. Este sincronismo entre os três sistemas de gestão, também proporcionará ao método PERT/CPM um dinamismo necessário diante de uma possível reprogramação.

O PERT/CPM não decide: ele valida as decisões!

5 Avaliação das Estimativas de Duração das Atividades do PERT/CPM

5.1 Considerações Iniciais

A determinação da duração de uma atividade é realmente uma das fases mais importantes para a construção de uma rede PERT/CPM. Para a determinação da duração de uma atividade, é necessária uma avaliação conjunta de todas as suas características mais relevantes, em que pesem pelo menos os critérios relacionados ao desempenho, ao custo e à qualidade das mesmas. Esses critérios, conforme foi visto nos capítulos anteriores, estão inter-relacionados. Todavia, por estarem envolvidos com os aspectos físicos das atividades, são condicionados por fatores de ordem político-estratégica da organização e do contexto de realização. Assim, a palavra duração deve exprimir a consideração de várias características de atividades que estão relacionadas entre si.

Entretanto, pode-se, através da análise e da avaliação das estimativas de duração que são efetuadas para uma programação em rede, alcançar metas de melhoria dos processos, redução de custos e utilização adequada do tempo.

A análise e a avaliação das estimativas do tempo de duração são desenvolvidas neste capítulo, considerando os seguintes critérios: as limitações de recursos, o valor agregado, a performance do tempo de ciclo e a avaliação conjunta das características qualitativas das estimativas de duração, seguindo a abordagem metodológica preconizada, em **Pamplona** (1997: 107-111).

5.2 Introduzindo limitações de Recursos

Deseja-se preferencialmente numa programação de atividades, que envolva o consumo de uma certa quantidade e diversidade de recursos, evitar os pulos e as variações muito grandes de um dia para o outro. Para Toledo Jr.(1984: 154), o ideal seria que a utilização dos recursos pelas atividades fosse uniforme, o que é muito difícil de se conseguir na prática. Além do mais, devido á natureza temporal das atividades, são permitidas várias formas de programação. Algumas atividades não podem ser interrompidas uma vez iniciadas, outras podem ser segmentadas ou até mesmo subdivididas, dependendo de características particulares de cada projeto. Estas possibilidades também devem ser levadas em consideração numa programação adequada de recursos. Hoje, com os avanços da tecnologia e da informática, tornou-se mais acessível o uso do computador, o que possibilitou a utilização de algumas das técnicas da teoria das restrições, em certas situações, para resolver esse tipo de problema.

Seguindo a delineação de Toledo Jr., a alocação de recursos, é um problema de programação linear. Contudo, o procedimento normalmente adotado para se resolver o problema das limitações de recursos numa rede de programação PERT/CPM consiste basicamente na designação dos recursos disponíveis às atividades, pressupondo, que essas serão iniciadas o mais cedo possível, para em seguida ir flutuando sobre as folgas das atividades (não críticas) em sucessivas iterações, até que a eficiência dos recursos alocados se aproxime de 1 (um). O planejamento permanece imutável nessa fase. Somente depois de esgotadas todas as possibilidades de melhorias, é que o planejamento pode ser mudado.

A Eficiência da alocação de Recursos (ER), conforme Hirschfeld (1987: 146), *pode ser medida pela relação existente entre o somatório dos produtos das diversas quantidades de recursos utilizados pelas respectivas durações de utilização, e o produto da quantidade de recursos disponíveis pela duração total daquelas atividades.* Então,

$$ER = \frac{\sum_i^n r_i \times t_i}{R \times T} \quad (5.1)$$

Onde,

ER = Eficiência da alocação dos Recursos

r_i = quantidade prevista de recursos a ser utilizada pela atividade

t_i = tempo previsto de utilização da quantidade de recursos (r_i) pela atividade (duração prevista)

R = quantidade total efetiva de utilização dos recursos destinados

T = tempo total efetivo das atividades (duração total)

A Eficiência da alocação de Recursos (ER) deve ser idealmente igual a 1 (100%).

Entretanto, se o número de recursos necessários for maior que o número de recursos disponíveis, será necessário o imediato replanejamento. *Se o número de pedreiros disponível é 7, não adianta precisar de 9. É necessário, portanto, replanear* (Hirschfeld, 1987: 148). E, somente após esse replanejamento será possível calcular a ER.

No exemplo seguinte, estará apresentado como os recursos podem ser alocados às atividades, a partir do cálculo das suas eficiências. Aproveitando o exemplo proposto por **Slack** (1997: 540), conforme está ilustrado na figura 5-1, as atividades *A*, *C* e *E* são críticas, portanto, não tem folgas (Quadro 5-1). Então, foram programadas, levando em conta que a destinação dos recursos deve ser efetuada em primeiro lugar. As demais atividades têm alguma folga, e isso lhes garante alguma flexibilidade, que poderão ser utilizadas ao serem desempenhadas, conforme está ilustrado no quadro 5-1. O consumo de recursos previstos no exemplo, é 7 (sete). Porém, a gerência, por uma questão de nivelamento dos recursos, pode destiná-los às atividades de modo a diminuir os picos, aproveitando-se das folgas das atividades. Pode-se observar, entretanto, que a disponibilidade de recursos pode impor suas próprias limitações, e que podem afetar materialmente o relacionamento entre as atividades. Se a atividade *B* for atrasada de modo a consumir toda a sua folga no programa, alterará o mesmo e modificará o caminho crítico. Na iteração 2, conforme apresenta o quadro 5-3, o consumo de recursos planejado foi 5 (cinco) o que não alterou o prazo final do projeto. Aumentou a eficiência do consumo de recursos, mas, transformou todas as atividades em críticas.

Seja a Rede:

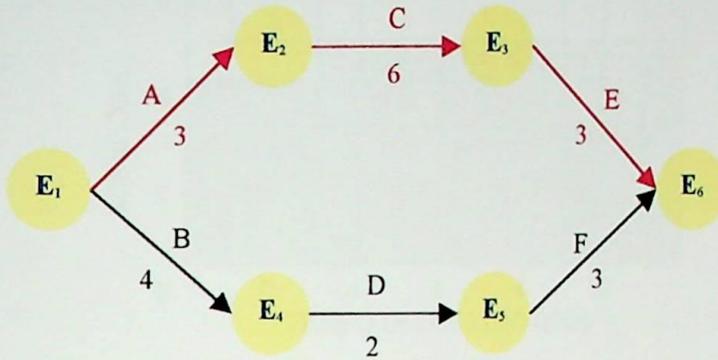


Figura 5-1: Exemplo de rede PERT/CPM para a alocação de recursos, adaptado de Slack (1997: 540)

| Predecessor | Atividade | Duração (dias) | Folgas | Recursos |
|-------------|-----------|----------------|--------|----------|
| | A | 3 | 0 | 4 |
| | B | 4 | 3 | 3 |
| A | C | 6 | 0 | 2 |
| B | D | 2 | 3 | 3 |
| C | E | 3 | 0 | 3 |
| D | F | 3 | 3 | 2 |

Quadro 5-1: Matriz de ordenação incluindo as durações, folgas e recursos alocados às atividades

1ª Iteração



$$ER = (7 \times 3 + 5 \times 3 + 4 \times 3 + 3 \times 3) / 7 \times 12 = 57 / 84 = 0.6786 \sim 67,86\%$$

Quadro 5-2: Perfil dos recursos – iteração 1



$$ER = (4 \times 3 + 5 \times 9) / 5 \times 12 = 57 / 60 = 0.9500 \sim 95,00\%$$

Quadro 5-3: Perfil dos recursos – iteração 2

Os quadros 5-2 e 5-3 apresentam o perfil dos recursos na rede, pressupondo que todas as atividades são iniciadas o mais cedo possível (iteração 1), utilizando-se das folgas das atividades não críticas (iteração 2).

A otimização do programa através da supressão de recursos está baseada no conceito de que uma vez eliminada uma atividade NVA do processo, o seu recurso correspondente também deixa de ser necessário (vide capítulo II). Segmentando as atividades, pode-se verificar a existência de tarefas (sub-atividades), de trabalhos sem valor agregado, como: espera, movimentação, transporte, retrabalhos, etc., todas elas classificadas como NVA e, que consomem tempo e recursos. Desta forma, também são responsáveis pelas folgas existentes no programa, devido à relação de interdependência entre as atividades nele programadas. Assim, uma vez eliminadas ou aperfeiçoadas tais atividades, as folgas correspondentes no programa também serão reduzidas ou eliminadas.

Deve-se, preferencialmente, iniciar essa análise pelas atividades pertinentes ao caminho crítico, porque elas, segundo **Stanger** (1967: 52), condicionam imperativamente a realização do programa. Além disso, os processos prolongados, demorados, sempre envolvem um número maior de pessoas e de transações entre áreas funcionais, o que, conseqüentemente, aumenta a sua complexidade. Por isso, requerem um tempo de ciclo maior para produzir os resultados. E, quanto maior o tempo de ciclo, maior será probabilidade de conter etapas com atividades que não agregam valor (Ostrenga et alii, 1997: 107-110).

Evidentemente, não existe regra geral para isso. A solução é por tentativa. Mas, repetindo-se essa técnica para os diversos recursos envolvidos no programa e combinando-os adequadamente, resolve-se satisfatoriamente o problema de programar com recursos limitados (Toledo Jr, 1984: 157).

Todavia, segundo a visão de **Kaplan e Cooper** (1998: 127–152), uma especial atenção deve ser dirigida à capacidade de recursos fornecida, porque, em determinadas situações, as economias obtidas com a supressão de recursos, podem ser compensadas com a capacidade de recursos não utilizada. Além disso, se os níveis da atividade diminuïrem, devido a uma desaceleração por questões gerenciais, ou outras, a taxa do direcionador de custo (índice de consumo de recursos) da atividade, medida pela despesa a curto prazo dividida pela quantidade de direcionador de custo (fator de consumo de recursos) com base em resultado anterior, aumentará devido a inclusão das despesas da capacidade de recursos não utilizados. E, se essas informações forem utilizadas para definições de preços de venda ou para outras decisões gerenciais, podem levar a conclusões desacertadas. Tal fato pode ser comprovado, observando-se o comportamento das atividades indiretas, como as de apoio, etc.

Por exemplo: Supondo que as atividades *A, B, C, D, E e F* sejam atividades pertinentes ao processo de compras de uma determinada empresa, com base nas despesas de curto prazo obtidas no período anterior, verificou-se que seriam necessários 7 recursos para a realização das atividades, o que importaria numa quantia monetária de R\$ 7.000,00. O direcionador de custo adotado para estas atividades foi o número de requisições de materiais. Então 70 seria o fator de consumo de recursos das atividades, também obtido com base em resultado anterior, ou seja, 70 representa o número total de requisições para à compra de insumos que deveria ser processada pelo sistema num dado período de tempo. Desta forma, a taxa do gerador de custo prevista, seria:

$$T_{x_p} = 7000,00/70 = 100,00.$$

Assim, R\$ 100,00/req. poderia representar o custo padrão dos recursos consumidos por requisição processada.

Acontece que o pessoal responsável pelo planejamento do projeto resolveu por questões gerenciais, nivelar o consumo de recursos através da utilização das folgas das atividades, isto é, diminuiu o nível da atividade (desacelerou) através do aumento da duração, resultando num consumo de recursos de R\$ 5.000,00, o que vale dizer, que o fator de

consumo de recursos com base nos dados esperados foi de 50 (5.000,00/100). Acontece que o consumo real de recursos poderia ser, por exemplo, igual a 25. Se fosse utilizada a taxa prevista de consumo de recurso (T_{x_p}) poder-se-ia se obter um custo para a atividade de R\$ 2.500,00, sendo que na realidade foi de R\$ 2.083,33, conforme adiante será demonstrado. Esta confusão deve-se à capacidade de recursos disponibilizada e à capacidade de recursos efetivamente utilizada. A taxa efetiva de recursos ($T_{x_{ef}}$) foi R\$ 83,33 (2.083,33/25), isto é, o custo efetivo atribuído por requisição processada no período em tempo real foi R\$ 83,33.

Considerando-se que a base de dados utilizada pelo sistema ABC é a mesma que a dos sistemas tradicionais de custeio, ou seja, dados históricos (registros contábeis) conforme melhor está descrito em **Pamplona** (1997: 39). A filosofia de atribuição dos custos que é diferente. O autor também recomenda cuidados especiais para que não se perca a conciliação entre os custos e a contabilidade financeira, para se evitar distorções nas avaliações dos resultados e nas medidas de estoque. Afinal, *...a medição, criação e gestão da capacidade não utilizada de recursos são a essência do custeio baseado em atividades – ABC* (Kaplan e Cooper, 1998: 127).

Continuando com o exemplo anterior, se os dados obtidos nesse período forem usados pelos gerentes para o estabelecimento das metas para o próximo exercício, de outra forma, disponibilizassem os mesmos recursos (R\$7.000,00) para serem consumidos pelas atividades, a taxa de consumo de recursos aumentará, pois o fator de consumo de recursos (25), denominador do cálculo, diminuirá devido à desaceleração da atividade, resultando num custo de R\$280,00 (R\$7.000,00/25) e, conseqüentemente, num custo maior para a atividade, devido à inclusão dos custos da capacidade de recursos não utilizada. E assim, sucessivamente para os períodos futuros se não forem conciliados os dados reais e os dados da contabilidade. Nestas condições, a diminuição dos níveis de atividade ao invés de serem causadas pela otimização da alocação de recursos do programa, conforme está ilustrado nos quadros 5-2 e 5-3, ou outras de decisões gerenciais, poderá ser causada pela falta de clientes, vez que estes, provavelmente, não estarão dispostos a pagar pela capacidade de recursos não utilizada na produção de bens e serviços.

Kaplan e Cooper propõem a reconciliação dos dados contábeis e os de custo, através da medição da capacidade prática (capacidade efetiva). Segundo os autores, a capacidade prática é equivalente à quantidade de requisições (exemplo anterior) que poderiam ser

processadas com base nos recursos fornecidos, se as despesas forem fixas a curto prazo. A capacidade prática, quando calculada arbitrariamente, pode corresponder, entre 80% a 85% da capacidade teórica (capacidade de projeto). De outra forma, a capacidade prática também pode ser obtida analiticamente, através da diferença entre a capacidade teórica e as perdas operacionais inevitáveis (setup de máquinas, espera, estoque de materiais em processamento, etc.). Para fins ilustrativos, no quadro 5-4, foi adotado como capacidade prática o volume de 84 unidades de requisição.

| | DESPESA | NÍVEL DE ATIVIDADE (número de requisições) | TAXA DE GERADOR DE CUSTO |
|--|----------|--|--------------------------|
| Capacidade prática | 7.000,00 | 84 | 83,33 |
| Orçado | 7.000,00 | 70 | n/a |
| Real | 5.000,00 | 25 | n/a |
| Capacidade orçada não utilizada | 1.166,67 | 84-70 = 14 | 83,33 |
| Atribuídas ao produto | 2083,33 | 25 | 83,33 |
| Reservas de Capacidade | 3.750,00 | 84-25-14 = 45 | 83,33 |
| Totais | 7.000,00 | 84 | |

Quadro 5-4: Reconciliação entre os dados contábeis e os dados reais

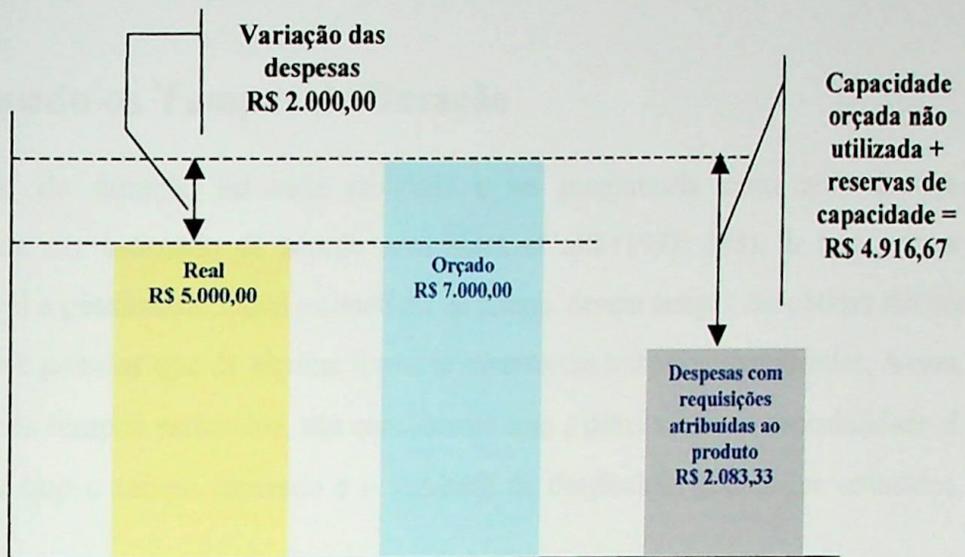


Figura 5-2: Reconciliação com os resultados reais

O quadro 5-4 e a figura 5-2, mostram como os dados podem reconciliados a partir da capacidade prática. A taxa do gerador de custo de R\$ 83,33 significa que, se através de decisões orçamentarias passadas, foi autorizado o fornecimento de recursos com um custo esperado de R\$ 7.000,00. Em contrapartida, o sistema obteve uma capacidade de processar 84 requisições, pressupondo que o consumo de recursos para o processamento de cada requisição é aproximadamente a mesma. Os cálculos e a reconciliação com os resultados reais mostrados no quadro 5-4, estão baseados na seguinte equação fundamental:

$$\begin{array}{|c|} \hline \text{Custo dos} \\ \text{recursos} \\ \text{fornecidos} \\ \hline \end{array} = \begin{array}{|c|} \hline \text{Custo dos} \\ \text{recursos} \\ \text{utilizados} \\ \hline \end{array} + \begin{array}{|c|} \hline \text{Custo da} \\ \text{capacidade} \\ \text{não utilizada} \\ \hline \end{array} \quad (5.2)$$

Conforme explicam os autores Kaplan e Cooper, os sistemas tradicionais de custeio medem as despesas reais incorridas, ou seja, calculam apenas o lado esquerdo da equação. Contudo, essa medição, por si só, não é adequada para calcular os custos dos recursos necessários para executar o trabalho. Assim, os sistemas ABC retificam essa limitação, calculando primeiro o lado direito da equação. O ABC calcula os custo dos recursos que foram consumidos pelas atividades executadas, associadas aos produtos, serviços e clientes

específicos. A diferença entre os custo dos recursos fornecidos e o custo dos recursos utilizados durante o período, representa a capacidade de recursos não utilizada nesse período.

5.3 Estimando os Tempos de Duração

O tempo de duração de cada atividade a ser programada numa rede do tipo PERT/CPM pode ser estimado de acordo com Slack et alii (1997: 538), de três formas: otimista, provável e pessimista. Essas estimativas de tempo, devem sempre ser obtidas através da colaboração de pessoas que de alguma forma já executaram trabalhos semelhantes. Assim, presume-se que os tempos estimados, são consistentes com a distribuição de probabilidade β . E, isso significa que o tempo esperado e a variância da distribuição podem ser estimados, como segue:

$$t_e = \frac{t_o + 4t_m + t_p}{6} \quad (5.3)$$

$$\sigma^2 = \frac{(t_p - t_o)^2}{6^2} = \frac{(t_p - t_o)^2}{36} \quad (5.4)$$

Onde,

t_e = o tempo esperado para a atividade,

t_o = o tempo otimista para a atividade,

t_m = o tempo mais provável para a atividade,

t_p = o tempo pessimista para a atividade, e

σ^2 = variância da distribuição.

Segundo os critérios da lei da distribuição β , obtidas as estimativas para t_o , t_p e t_m , pode-se em seguida calcular os valores do tempo esperado (t_e = média), e a variância da distribuição (σ^2), conforme proposto anteriormente. E assim, indicar para cada atividade do programa a sua duração média, ou seja, o tempo operatório médio que seria gasto se a

atividade (X), se repetisse um grande número de vezes. bem como calcular o tempo esperado total do programa, com base no teorema matemático que determina: *A média (esperança matemática) da soma de variáveis aleatórias é igual à soma das médias dessas variáveis aleatórias* (Stanger, 1967: 51). E, por considerações matemáticas que fogem ao escopo deste trabalho, calcular a sua correspondente variância total, como segue:

$$E(T) = \frac{1}{n} E(T_1 + T_2 + T_3 + \dots + T_n) = \frac{1}{n} [E(T_1) + E(T_2) + \dots + E(T_n)] \quad (5.5)$$

$$\text{Var}(T) = \frac{1}{n^2} \sigma^2 (T_1 + T_2 + T_3 + \dots + T_n) = \frac{1}{n^2} [\sigma^2 (T_1) + \sigma^2 (T_2) + \dots + \sigma^2 (T_n)] \quad (5.6)$$

Onde, E designa a esperança matemática (média) da variável aleatória T_i .

A figura 5-3, ilustra como o tempo esperado (média) e a variância das estimativas de tempos, podem ser somados para se obter a correspondente à média e à variância total do projeto.

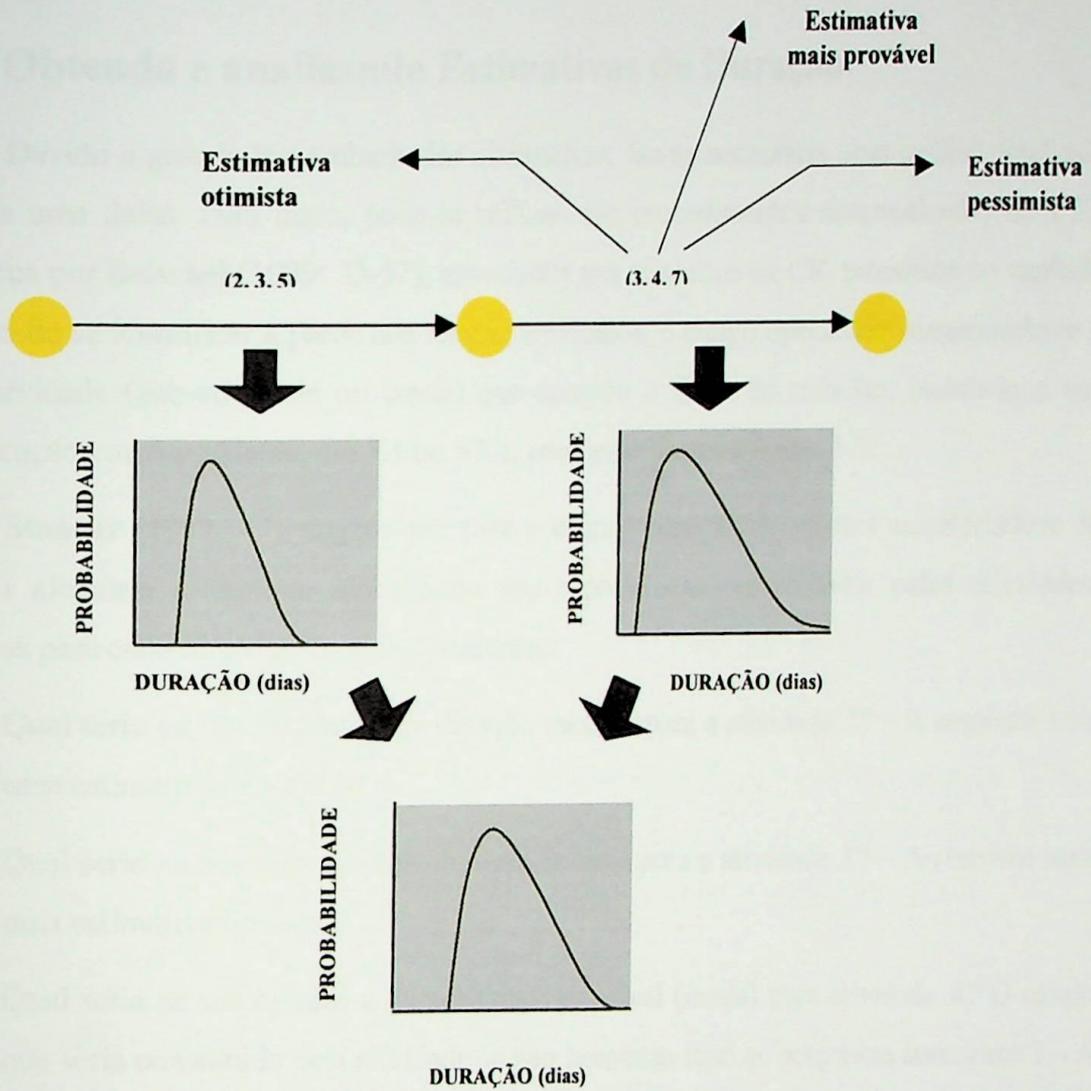


Figura 5-3: Os tempos de duração médios e as variâncias podem ser somadas para se obter a média e a variância total do projeto, adaptado de **Slack** (1997: 538)

Entretanto, as distâncias entre os valores das estimativas otimista e pessimista, t_o e t_p , respectivamente estão relacionadas às incertezas no tempo de duração das atividades. E, quanto maior a incerteza, também maior será o risco de insucesso do projeto. Então, utiliza-se da variância (σ^2), para medir a incerteza da distribuição.

Para **Stanger** (1967: 51): *...se a variância é importante, a incerteza é grande quanto ao tempo de duração da operação. Por outro lado, se a variância é fraca, a estimativa será*

bastante precisa, pelo menos no que concerne ao momento em que a operação será terminada, quer dizer, se os tempos otimista e pessimista estiverem próximos.

5.4 Obtendo e analisando Estimativas de Duração

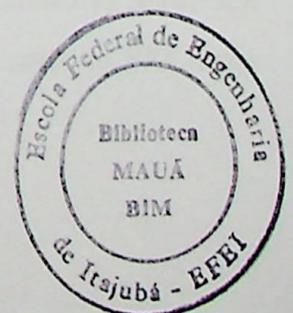
Devido à grande importância das estimativas, faz-se necessária uma análise detalhada de cada uma delas. Para tanto, pode-se utilizar dos procedimentos sistematizados do *PVA* propostos por **Beischel** (1990: 53-57), associados aos conceitos da *CV*, propostos no capítulo II, a fim de se identificar a partir dos tempos estimados, o tempo operatório correspondente a cada atividade (sub-atividade ou tarefa) que compõe o fluxo do trabalho, incluindo a sua classificação correspondente, em *VA* ou *NVA*, conforme ilustra a figura 5-3.

Stanger (1967: 47), sugere que para o cálculo desses três valores característicos da variável aleatória t , deve-se obter junto aos especialistas responsáveis pelas atividades, respostas para cada uma das seguintes perguntas:

- i. Qual seria na sua estimativa de duração máxima para a atividade X ? – A resposta seria uma estimativa pessimista.
- ii. Qual seria na sua estimativa de duração mínima para a atividade X ? – A resposta seria uma estimativa otimista.
- iii. Qual seria na sua opinião a duração mais provável (moda) para atividade X ? O tempo que seria consumido pela atividade se não houvesse feito as perguntas anteriores? – A resposta seria uma estimativa mais provável.

Tais informações são de caráter subjetivo. Por isso, é conveniente que sejam realizadas consultas a outros especialistas.

Observa-se que, no esquema proposto por Stanger, as estimativas de tempos são obtidas através de um único estimador. E, conforme o próprio autor sugere, devido à subjetividade que envolve essas estimativas, também devem ser consultados outros especialistas, com a finalidade de certificá-las. Então, podem-se utilizar estimadores distintos. Equipes de trabalho? - No mínimo três! Mas, que sejam também especializados nos trabalhos em questão.



Certamente as respostas levariam a diferentes valores para os tempos de duração, que podem ser também classificados segundo a sua ordem de grandeza em t_o , t_p e t_m . E, a partir dessas estimativas, também calcular os valores de t_e e σ^2 .

No decorrer desta análise, diferentes situações podem ser encontradas em consequência das atividades que foram consideradas na idealização do fluxo de trabalho. Por exemplo:

- Pode o estimador pessimista, por motivos alheios, estar considerando na sua estimativa os tempos gastos com uma série de procedimentos rotineiros, entretanto, inadequados ou desnecessários a atividade em análise. E, pode não estar usufruindo dos resultados benéficos que podem ser alcançados através da Inovação. Certamente o processo de produção considerado deve estar repleto de atividades *NVA*, que consomem o tempo e os recursos das empresas, e conseqüentemente, resultam em produtos com custos elevados.
- Pode o estimador otimista, não estar considerando o tempo necessário à execução de atividades necessárias à fabricação do produto ou à melhoria do processo, como as de apoio, da qualidade, etc. Portanto, considera na sua estimativa somente as atividades diretas, como as de conversão, que são nitidamente percebidas pelos clientes, e por isso são classificadas como *VA*.

Seguindo a metodologia passo a passo, para a análise do valor dos processos de Beischel, principalmente os passos referentes à elaboração do diagrama de fluxo do processo, e registros dos tempos operatórios de cada atividade, seja ela, *VA* ou *NVA*, pode-se a seguir calcular a eficiência do tempo de ciclo (EC) e compará-las, para verificar a distância entre os valores obtidos. E, após os aperfeiçoamentos possíveis indicados pelo *PVA* para cada processo, suas estimativas de tempo estarão mais próximas da realidade exequível e, conseqüentemente, menores serão as incertezas.

Finalmente, se os especialistas convidados a colaborar com suas estimativas são fontes confiáveis de informação, seus préstimos já agregam algum valor ao processo. Assim, não se deve descartar qualquer opinião por mais pessimista/otimista que seja. Pois, uma estimativa otimista pode não estar retratando a real situação do processo, ou uma estimativa pessimista descartar todas as possibilidades da realização desse. O objetivo é que através do *PVA*, surja

um estreitamento entre as estimativas, diminuindo, assim, as incertezas do programa e criando novas opções (caminhos) para a sua realização com sucesso.

5.5 Analisando as Estimativas a partir do Tempo de Ciclo

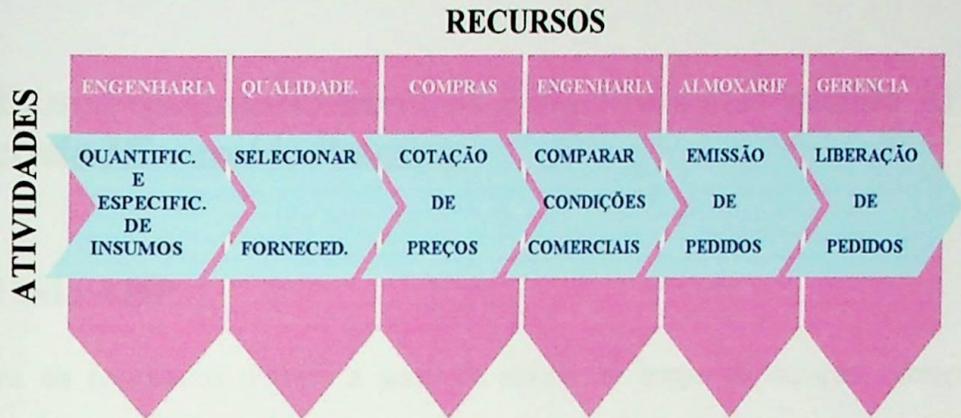
Com o objetivo de se alcançar maior segurança, nas tomadas de decisões relacionadas à verificação e às mudanças para o aperfeiçoamento dos processos, em função do correspondente tempo de duração das suas atividades, **Ostrenga** (1994: 110-115), sugere a medição da eficiência do tempo de ciclo (EC), como uma das maneiras de gerenciá-lo, através da verificação e controle dos resultados obtidos pela relação entre o somatório dos tempos realmente gastos com o processamento e os tempos totais consumidos pelas atividades.

$$EC = \frac{\text{Tempo Processamento}}{\text{Tempo de Processamento} + \text{Tempo de Não Processamento}} \quad (5.7)$$

O tempo de ciclo pode ser analisado a partir do monitoramento de todas as atividades que são exigidas pelo processo. Uma das formas de realizar tal monitoramento é através do acompanhamento da movimentação e do registro dos tempos consumidos ao longo da rota de processamento dos materiais, formulários, etc.. Dentre as categorias de tempos de processamento e não processamento, consumidos pelas atividades, pode-se destacar o tempo de fila, porque este representa o estado morto do processo, ou seja, quando este está parado, aguardando por manutenção, ajustes, ordens, etc. Para o cálculo da *EC* devem ser observadas as seguintes diretrizes básicas:

- Separar as atividades e identificar as suas respectivas mudanças de rota nas organizações funcionais;
- Segmentar as atividades e registrar os tempos que estão sendo gastos realmente trabalhando, e as categorias de tempo em que o objeto não está sendo processado;
- O tempo de processamento padrão pode ser baseado em estimativas fornecidas pelo pessoal que realiza os trabalhos, com base em experiências anteriores;
- Os tempos de movimentação e de fila, também podem ser baseados em informações;

- Os tempos para todas as atividades devem, então, ser combinados, e o tempo total obtido ser comparado ao tempo de total médio de uma amostra de serviços semelhantes.



| | | | | | | | | |
|------------|------------|-----|------|------|------|------|------|------|
| NVA | FILA: | 7,0 | 7,0 | 24,0 | 12,0 | 2,0 | 1,0 | 53,0 |
| | TRAN./MOV. | 0,5 | 0 | 0 | 0,10 | 0,5 | 0,5 | 1,6 |
| | INSPEÇÕES: | 0 | 6,0 | 0,5 | 1,0 | 1,0 | 0,5 | 9,0 |
| | SUBTOTAL | 7,5 | 13,0 | 24,5 | 13,1 | 3,5 | 2,0 | 63,6 |
| VA | PROCESSAR | 1,5 | 0,1 | 0,5 | 3,0 | 1,0 | 0,5 | 6,6 |
| TOTALS | | 9,0 | 13,1 | 25,0 | 16,1 | 4,5 | 2,5 | 70,2 |
| ACUMULADOS | | 9,0 | 22,1 | 47,1 | 63,2 | 67,7 | 70,2 | |

$$EC = 6,6 / (6,6 + 63,6) = 6,6 / 70,2 = 0,094 \sim 9,4\%$$

Figura 5-4 – Cálculo da eficiência do tempo de ciclo (EC) para uma estimativa de tempo de ciclo (horas) do processo de compras de materiais

O processo de compras da figura 5-4 representa o fluxo e todo o tempo de ciclo das atividades de processamento de uma requisição de material. As atividades pertinentes a esse processo, atravessam os departamentos, consumindo os seus respectivos recursos. Os tempos de espera (fila) significam que por algum motivo o processo está parado. Observa-se, entretanto, que a EC de 9,4%, pode parecer um valor baixo. Todavia, nos processos apoio administrativo isso não é raro, pois, quando as empresas começam a documentar desta forma o tempo de ciclo dos seus processos, a eficiência típica é: Inferior a 5,0% para os processos de

serviço e apoio administrativo; 10,0% para os processos produção descontínua, e superiores a 30% para os processos de produção contínua (Ostrenga et alii, 1994: 110-115). Portanto, o processo de compras é moroso e sua eficiência é baixa. Contudo, ela, a *EC*, indicará aos gerentes o aperfeiçoamento possível para o processo e a abordagem a ser adotada.

5.6 Avaliando qualitativamente as Estimativas pelo método AHP (*Analytic Hierarchic Process*)

5.6.1 O Método AHP

Embora os resultados obtidos a partir da análise do tempo de duração, ofereçam elementos suficientes para uma programação PERT/CPM, devem também ser considerados os aspectos *qualitativos* na escolha das estimativas.

Os problemas inerentes às estimativas de tempos de duração envolvem uma grande complexidade, principalmente, por incluírem na sua estruturação variáveis de diferentes características e dimensões, que, normalmente estão intimamente relacionadas aos fatores econômicos, tecnológicos, psicossociais, administrativos e temporais, que influenciam na realização das atividades. Por isso, com o objetivo de oferecer ao programador maior segurança nas suas decisões, é proposta deste trabalho a utilização do método de avaliação multicriterial, o Método de Análise Hierárquica (AHP – *Analytic Hierarchic Process*). Para a avaliação simultânea das estimativas de duração (D) das atividades, julgado-as segundo os seguintes critérios: O *Custo* dos recursos alocados, a expectativa de *Tempo de Duração* das atividades, o *Valor Agregado* das estimativas e as *Incertezas* no processo.

De acordo com **Pamplona** (1997: 107), o método AHP desenvolvido por Saaty na década de 70 é utilizado na quantificação das características qualitativas, permitindo a ponderação dessas características, bem como, a priorização das alternativas existentes. Segundo a teoria do seu criador: *...reflete o que parece ser um método natural de funcionamento da mente humana. Ao defrontar-se com um grande número de elementos, controláveis ou não, que abrangem uma situação complexa, ela os agrega em grupos, segundo propriedades comuns.*

Para a aplicação do método AHP em problemas de decisão, são percorridas, segundo Vargas (1990: 2-8), basicamente duas fases: a de estruturação ou construção da hierarquia e a de avaliação,

Para Gartner et alii (1998: 76), a fase de estruturação, conforme mostra a figura 5-5, envolve toda a parte da construção da hierarquia do problema. Nessa fase, o AHP permite aos decisores a modelagem de questões complexas, através de uma estrutura hierárquica, onde estarão representadas em consecutivos níveis todas as relações entre as metas, os critérios que exprimem os objetivos e as alternativas possíveis à decisão.

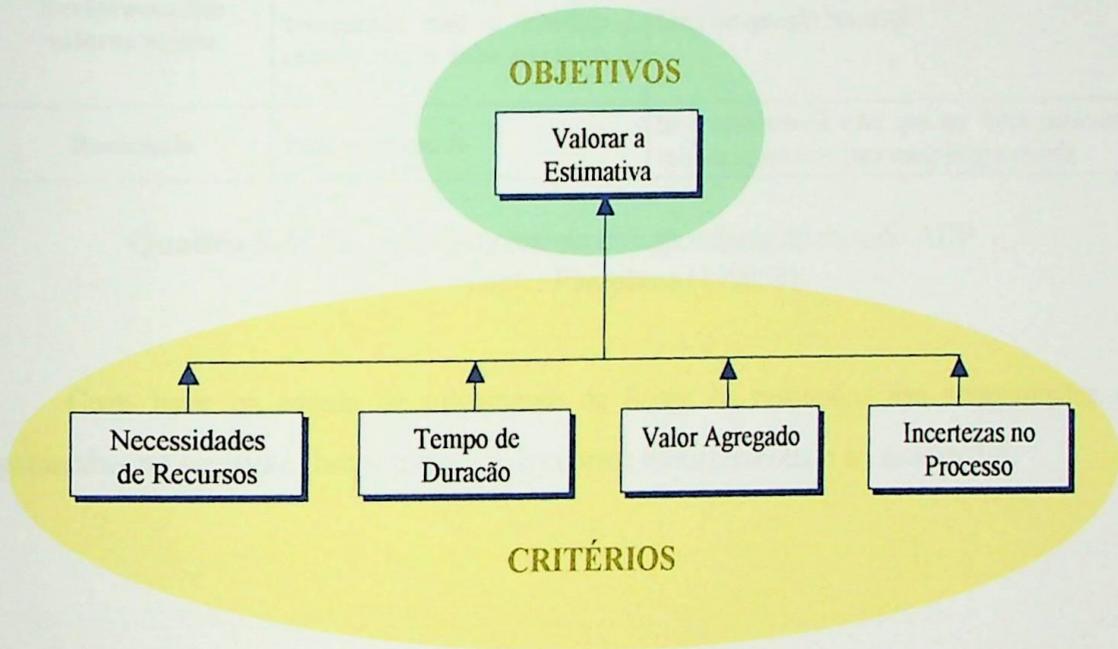


Figura 5-5: Estrutura hierárquica do problema de classificação de estimativas de tempo de duração das atividades.

A segunda fase do método fundamenta-se na avaliação da comparação paritária, isto é, par a par dos critérios. E, por intermédio dessa comparação são determinadas as importâncias relativas (pesos) de cada um dos critérios analisados, um sobre o outro, utilizando-se da escala de julgamento de importância, proposta por Saaty (1991), conforme está apresentado no quadro 5-5, resultando, assim, na geração de uma matriz de comparação que possibilitará o cálculo do autovetor e seu correspondente autovalor.

| Intensidade de importância (α) | Definição | Explicação |
|---|---|--|
| 1 | Mesma importância | Duas atividades contribuem igualmente para o mesmo objetivo |
| 3 | Importância pequena uma sobre a outra | A experiência e o julgamento favorecem levemente uma atividade sobre a outra |
| 5 | Importância grande ou essencial | A experiência e o julgamento favorecem fortemente uma atividade em relação a outra |
| 7 | Importante muito grande ou demonstrada | Uma atividade é fortemente favorecida; sua dominação é demonstrada na prática |
| 9 | Importância absoluta | A evidência favorece uma atividade em relação a outra com o mais alto grau de certeza |
| 2,4,6,8 | Valores intermediários | Quando se deseja maior compromisso |
| Recíprocos dos valores acima | Se a atividade i recebe um dos valores acima, quando comparada com a atividade j , então j tem o valor recíproco de i . | Uma designação razoável |
| Racionais | Razões da escala | Se a consistência tiver que ser força para obter n valores numéricos para completar a matriz |

Quadro 5-5: Escala de julgamento de importância do método AHP.
 Fonte: Pamplona (1999: 3).

Com base na escala de julgamento de Saaty, os resultados das comparações são organizadas na seguinte forma matricial, conforme está apresentado no quadro 5-6:

| | C_1 | C_2 | C_n |
|-------|-------------------|-------------------|----------|
| C_1 | 1 | a_{12} | a_{1n} |
| C_2 | $a_{21}=1/a_{12}$ | 1 | a_{2n} |
| | | | |
| C_n | $a_{n1}=1/a_{1n}$ | $a_{n2}=1/a_{2n}$ | 1 |

Quadro 5-6: Matriz de comparação paritária dos critérios de julgamento, baseada em Pamplona

Onde, a_{ij} representa o julgamento quantificado do par de critérios, ou seja, a comparação paritária entre os critérios, todavia, deve satisfazer às seguintes condições:

- a) $a_{ij} = \alpha$
- b) $a_{ji} = 1/\alpha$;
- c) $a_{ii} = 1$.

Resolvendo a matriz de comparações obtém-se o autovetor de prioridades (W), o qual expressa as importâncias relativas a cada um dos critérios. A maneira normalmente usada para o cálculo dessa matriz é, elevá-la ao quadrado e dividir a soma dos elementos de cada linha, pela soma dos elementos da matriz, a fim de se obter um autovetor normalizado cuja soma de seus elementos seja igual à unidade. *Basta, para isto, calcular a proporção de cada elemento em relação à soma* (Pamplona, 1997: 109).

$$T = \left| \begin{array}{cccc} W_1/\Sigma W_i & W_2/\Sigma W_i & \dots\dots & W_n/\Sigma W_i \end{array} \right| \quad (5.8)$$

Onde, T representa o autovetor normalizado que será utilizado para ordenar as prioridades de cada uma das alternativas frente a cada característica.

Essa operação deve ser repetida, em sucessivas iterações, até que o resultado normalizado da última iteração esteja bem próximo do resultado da iteração precedente.

Para verificar se os dados estão relacionados sob uma lógica, isto é, se os resultados são consistentes, **Pamplona** (1997: 110) recomenda o seguinte procedimento:

Primeiramente, estima-se o autovalor (λ_{max}), resolvendo a equação 5.9.

$$\lambda_{max} = T \cdot w \quad (5.9)$$

Onde, w é calculado pela soma das colunas da matriz de comparações.

A seguir, calcula-se o índice de consistência (IC) através da seguinte expressão:

$$IC = \frac{(\lambda_{max} - n)}{(n - 1)} \quad (5.10)$$

Onde, n indica o número de critérios da matriz.

Finalmente, calcula-se a razão de consistência (RC), a qual representa a razão entre o IC e o índice de consistência aleatória (CA), que pode ser obtido através do quadro 5-7. Esse índice randômico médio de consistência (CA), foi calculado a partir de uma amostra de 500 matrizes recíprocas, positivas e geradas aleatoriamente.

$$RC = \frac{IC}{CA} \tag{5.11}$$

Para os valores de RC maiores que 0,10 é recomendada uma revisão nos julgamentos que geraram a matriz de comparações, pois se considera aceitável a razão de consistência somente para valores de RC menor ou igual a 0,10.

| n | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
|----|---|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| CA | 0 | 0 | 0,58 | 0,90 | 1,12 | 1,24 | 1,32 | 1,41 | 1,45 | 1,49 | 1,51 |

Quadro 5-7: Valores de CA em função da ordem da matriz.

Fonte: Pamplona (1997: 111)

5.6.2 Avaliando Estimativas de tempos de Duração das atividades pelo método AHP

Para a validação do método proposto para a avaliação qualitativa das estimativas das durações das atividades, supõe-se que as estimativas E_1 , E_2 e E_3 são candidatas a serem utilizadas na programação da atividade X. Tais estimativas foram obtidas através de especialistas nos trabalhos e, que normalmente fazem suas estimativas com base nos prazos prefixados e suas experiências em trabalhos anteriores. As estimativas também foram

classificadas segundo a sua ordem de grandeza em: pessimista, otimista e mais provável, respectivamente, como é de praxe!

O primeiro passo refere-se a definição dos critérios pelos quais as estimativas deverão ser julgadas, e priorizadas, dentro dos parâmetros da escala de julgamento de Saaty. Os critérios de julgamento devem exprimir os objetivos da avaliação, contemplando as seguintes premissas:

- Os recursos são destinados às atividades visando a alcançar a melhor taxa de eficiência possível. Todavia, os problemas com a mão-de-obra, a resistência às mudanças, a ergonomia, a inovação tecnológica, a disponibilidade de recursos mínima exigível, o custo dos recursos utilizados; etc. são alguns dos fatores que limitam o fornecimento e a utilização dos recursos pelas atividades. E, por isso influenciam as estimativas dos tempos de duração.
- Associados ao valor agregado estão os tempos gastos com o processamento e os de não processamento de insumos (matérias-primas, documentos, relatórios, etc.). Que são contabilizados para a medição da eficiência do ciclo do processo. Além da grande parcela do tempo total ser consumido por atividades *NVA*, existem outros fatores relacionados ao valor agregado que influenciam as estimativas de duração da atividade, como: Presença de atividades *VA-*, que não podem ser eliminadas dos processos porque afetariam a qualidade e/ou o funcionamento da organização, as transferências de atividades da *CV* do cliente para a do fornecedor, ou vice-versa, etc.
- Reforçando às incertezas de uma estimativa, estão os fatores relacionados com as questões competitivas globais, o ambiente competitivo, os intempéries (chuvas copiosas), os fatores políticos; os sociais, os econômicos, etc.

Essas premissas, se consideradas, exprimirão a necessidade de que algumas das características abaixo relacionadas, que uma estimativa de duração viável, deva apresentar:

- Ser previdente (prever o tempo e o custo dos recursos, que vão ser consumidos pelas atividades);
- Ser predicante (indicar o caminho e fornecer informações suficientes de tempo e custo da atividade para a programação, incluindo as recomendações cabíveis);

- Ser provável (apresentar expectativa de duração para a atividade se realizar na data prefixada);
- Ser quantificável;
- Ser controlável;
- Ser inclusiva (abranger todos os aspectos, políticos, sociais, competitivos, etc., que possam criar óbices à realização da atividade);
- Ser flexível (não deve ser muito rígida na idealização do fluxo de trabalho, não permitindo folgas nas atividades, que poderão ser utilizadas no decorrer do processo);
- Ser eficiente (apresentar eficiência compatível entre os recursos previstos para o consumo e os recursos efetivamente consumidos pela atividade, em outras palavras, apresentar eficiência na relação existente entre o tempo gasto com o processamento dos insumos e o tempo de ciclo da atividade.);
- Ser eficaz (os resultados devem atender as necessidades dos clientes internos/externos ao processo).

O conhecimento dessas características pode ajudar na tomada de decisão, porém, algumas são difíceis de serem quantificadas e são dependentes exclusivamente das opiniões, devido à sua subjetividade. Todavia, pode-se a partir das opiniões de especialistas chegar a algumas conclusões:

- A estimativa E_1 é “pouco” provável;
- A estimativa E_2 é “muito” arriscada;
- A estimativa E_3 agrega “bastante” valor, etc.

Segundo **Pamplona** (1999: 4), os termos incertos “bastante, muito, razoável, alta, baixa, etc.”, representam atributos das características qualitativas, e posicioná-las segundo uma escala, e ponderá-las de acordo com a sua importância, seria de grande valia para a sua avaliação.

Supondo que as características mais relevantes selecionadas para essa análise foram: C_1 (o custo dos recursos utilizados), C_2 (a expectativa do tempo de duração da atividade), C_3 (o

valor agregado, relacionado ao tempo de ciclo) e C_4 (competitividade, relacionada as pressões e o ambiente competitivo), sejam os critérios pelos quais serão julgadas as estimativas de tempo E_1 , E_2 e E_3 . Pode-se assim gerar uma matriz de comparações, conforme está ilustrado no quadro 5-8:

| | C_1 | C_2 | C_3 | C_4 |
|-------|-------|-------|-------|-------|
| C_1 | 1 | 3 | 1/3 | 5 |
| C_2 | 1/3 | 1 | 1/3 | 3 |
| C_3 | 3 | 3 | 1 | 5 |
| C_4 | 1/5 | 1/3 | 1/5 | 1 |

Quadro 5-8: Matriz de comparações dos critérios

Em seguida, calcula-se o autovetor W_i e seu correspondente autovetor normalizado T , conforme estão apresentados no anexo A:

$$W_i = | 18,43 \quad 9,17 \quad 32,36 \quad 4,13 |$$

$$T = | 0,288 \quad 0,143 \quad 0,505 \quad 0,064 |$$

Obtidas as importâncias relativas aos critérios, verifica-se a integridade do julgamento, através da avaliação do índice de consistência dos resultados (IC). O principal objetivo do IC é identificar os desvios no julgamento que violem o princípio da transitividade, isto é: *...se A é preferível a B, e B é preferível a C, conseqüentemente, A é preferível a C* (Gatner et alii, 1998: 80). O critério C_3 , neste caso, é mais importante que C_2 , que por sua vez, é mais importante que C_4 . Logo, C_3 é mais importante que C_4 .

Para a avaliação da consistência dos resultados calcula-se o autovalor (λ_{max}).

$$\lambda_{max} = \left| \begin{array}{cccc} 0,288 & 0,143 & 0,505 & 0,064 \end{array} \right| \times \left| \begin{array}{c} 4,53 \\ 7,33 \\ 1,87 \\ 14,00 \end{array} \right| = 4,20$$

O valor de IC é 0,066, e a razão de consistência (RC) é de 0,073, ou seja, abaixo de 0,10, o que indica que os dados são consistentes.

Em seguida faz-se, a comparação das estimativas (alternativas), frente a cada um dos critérios, para a determinação da importância relativa às estimativas. Repetem-se, então, os mesmos procedimentos da comparação paritária adotados anteriormente (vide anexo A). Os quadros 5-9, 5-10, 5-11 e 5-12; apresentam os resultados obtidos a partir das matrizes de comparação das estimativas.

C_1 (custo dos recursos utilizados)

| | E_1 | E_2 | E_3 | Import. | λ_{max} | IC | RC |
|-------|-------|-------|-------|---------|-----------------|-------|-------|
| E_1 | 1 | 5 | 1/3 | 0,28 | 3,065 | 0,032 | 0,058 |
| E_2 | 1/5 | 1 | 1/7 | 0,07 | | | |
| E_3 | 3 | 7 | 1 | 0,65 | | | |

Quadro 5-9: Matriz de comparação relativa ao critério C_1 ; autovetor e consistência dos dados.

C_2 (expectativa de duração)

| | E_1 | E_2 | E_3 | Import. | λ_{max} | IC | RC |
|-------|-------|-------|-------|---------|-----------------|-------|-------|
| E_1 | 1 | 1/5 | 3 | 0,19 | 3,06 | 0,032 | 0,056 |
| E_2 | 5 | 1 | 7 | 0,73 | | | |
| E_3 | 1/3 | 1/7 | 1 | 0,08 | | | |

Quadro 5-10: Matriz de comparação relativa ao critério C_2 ; autovetor e consistência dos dados.

C_3 (Valor agregado, relacionado a EC)

| | E_1 | E_2 | E_3 | Import. | λ_{max} | IC | RC |
|-------|-------|-------|-------|---------|-----------------|-------|-------|
| E_1 | 1 | 1/3 | 3 | 0,26 | 3,039 | 0,019 | 0,033 |
| E_2 | 3 | 1 | 5 | 0,64 | | | |
| E_3 | 1/3 | 1/5 | 1 | 0,10 | | | |

Quadro 5-11: Matriz de comparação relativa ao critério C_3 ; autovetor e consistência dos dados.

C₄ (Competitividade)

| | E ₁ | E ₂ | E ₃ | Import. | λ_{max} | IC | RC |
|----------------|----------------|----------------|----------------|---------|-----------------|-------|-------|
| E ₁ | 1 | 5 | 3 | 0,64 | | | |
| E ₂ | 1/5 | 1 | 1/3 | 0,10 | 3,039 | 0,019 | 0,033 |
| E ₃ | 1/3 | 3 | 1 | 0,26 | | | |

Quadro 5-12: Matriz de comparação relativa ao critério C₄; autovetor e consistência dos dados.

Efetuada as seqüências de cálculos conforme estão apresentadas no anexo A, através dos valores obtidos de RC, pode-se verificar que todos os dados são consistentes. E a seguir, organizar os dados obtidos, numa matriz que represente a importância relativa de cada estimativa, frente aos critérios preestabelecidos, conforme está representado no quadro 5-13.

| | C ₁ | C ₂ | C ₃ | C ₄ |
|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| E ₁ | 0,28 | 0,19 | 0,26 | 0,64 |
| E ₂ | 0,07 | 0,73 | 0,64 | 0,10 |
| E ₃ | 0,65 | 0,08 | 0,10 | 0,26 |

Quadro 5-13: Importância relativa (peso) da estimativa para cada critério.

A etapa final do método destina-se à classificação das estimativas, segundo os pesos dos critérios. E, isto pode ser obtido, através da multiplicação da matriz do quadro 5-13, pela matriz transposta do autovetor normalizado (T), que representa os pesos dos critérios.

$$\begin{vmatrix} 0,28 & 0,19 & 0,26 & 0,64 \\ 0,07 & 0,73 & 0,64 & 0,10 \\ 0,65 & 0,08 & 0,10 & 0,26 \end{vmatrix} \times \begin{vmatrix} 0,288 \\ 0,143 \\ 0,505 \\ 0,064 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 0,28 \\ 0,45 \\ 0,27 \end{vmatrix}$$

Classificação:

- 1º) E_2 com 45%
- 2º) E_1 com 28%
- 3º) E_3 com 27%



A importância relativa das estimativas ao custo dos recursos utilizados (C_1 - coluna 1 - Quadro 5-13), demonstra que a E_2 é a estimativa mais cara, e provavelmente apresente a menor eficiência na alocação de recursos (ER). Porém, a expectativa de seu tempo de duração favorece a adequação da atividade no contexto em que ela será realizada. Como o critério referente ao valor agregado foi julgado o mais importante pelos analistas, e a estimativa E_2 a escolhida como a que tem maior quantidade de atividades VA em relação às demais, a eficiência do seu ciclo (EC) também será a melhor, à medida em que o tempo e os recursos gastos com o processamento dos insumos também forem aumentados.

A estimativa E_2 foi julgada a mais importante pelos analistas, embora seja a mais cara e com o maior tempo de ciclo. Entretanto, por oferecer maior valor agregado, reduz as incertezas no processo.

5.7 Considerações finais

Neste capítulo foi apresentada uma proposta para avaliação conjunta das principais características de uma atividade.

Podem-se otimizar a destinação de recursos limitados às atividades, através do controle e medição da eficiência de alocação (ER). Todavia, uma atenção adicional deve ser dirigida à capacidade de recursos utilizada, principalmente se os custos resultantes do consumo de recursos pelas atividades, forem utilizados na formação dos preços de vendas dos produtos, e outras decisões gerenciais.

A análise do valor agregado deve ser utilizada como ferramenta auxiliar para a avaliação das estimativas de duração, porque o PVA enfoca o problema sob o ponto de vista do cliente, classificando as atividades em VA e NVA, ao mesmo tempo que indica quais

devem ser eliminadas ou aprimoradas para a melhoria permanente dos processos e, assim, aproxima as estimativas de tempo duração.

A medição do performance do tempo de ciclo é apresentada como um importante critério de avaliação do desempenho da atividade, e obtida através da verificação e controle dos indicadores obtidos pela relação entre os tempos previstos e os efetivamente consumidos pela atividades. Este parâmetro de performance proporcionará aos gerentes mais segurança nas tomada de decisões relacionadas à verificação e às mudanças para o aperfeiçoamento contínuo das atividades.

A escolha de uma estimativa de duração para uma atividade, é a dúvida mais comum no momento da programação. Contudo, através da avaliação conjunta das principais características de atividade frente às previsões de duração dos especialistas, se efetuada pelo método de análise hierárquica AHP, pode conduzir o programador PERT/CPM a uma escolha mais segura, uma vez que os fatores que causam as incertezas também podem ser considerados na avaliação.

Afinal, *...as previsões não são profecias. Têm por objetivos reduzir o imprevisto* (Stanger 1974: VIII).

6 Conclusões

6.1 Considerações Gerais

A análise da Cadeia de Valor dos processos dos negócios empresariais, conforme visto no capítulo II deste trabalho, é realmente o primeiro passo a ser dado no sentido de se conhecer e gerenciar os processos da empresa. Através da análise da Cadeia de Valor, é possível identificar as relações econômicas que existem entre as atividades e como essas poderão ser exploradas adicionando benefícios, pois, esse relacionamento além de permitir as transferências de atividades entre a cadeia do cliente e a do fornecedor, permite, transformá-las também, em atividades agregadoras de valor (VA) quando explorados adequadamente.

Para uma programação em rede do tipo PERT/CPM, que tem como fundamento a exploração das relações das atividades, a análise da CV é muito importante, pois, sob uma visão estratégica dos processos do negócio da empresa, define as atividades, efetua a medição do custo e do desempenho das mesmas, gerando informações que serão utilizadas na implementação de políticas e estratégias eficazes com o objetivo de adequar os processos da empresa ao ambiente competitivo.

O tempo é um dos principais fatores de satisfação dos clientes. Gerenciando adequadamente o tempo e as relações entre as atividades de valor na cadeia do cliente/fornecedor, pode-se alcançar um ganho considerável no custo e na qualidade dos processos. E isto é a principal fonte de diferenciação de um produto diante dos demais que existem no mercado.

Bons resultados têm sido alcançados a partir da análise da CV da empresa, mormente nos dias hoje, em que as informações circulam rapidamente e o tempo é cada vez mais escasso. Assim, numa linguagem universal que sempre converge para o “valor” do trabalho, a análise da CV promove o entendimento, assegura a gestão e aumenta a lucratividade.

As atividades da CV poderão ser identificadas e avaliadas através da análise dos processos do negócio (BPA) para o aperfeiçoamento da organização. O BPA, conforme demonstrado no capítulo II, se inicia com o desenvolvimento de um modelo para os processos do negócio com base na cadeia de valor da empresa, retratando de forma global os principais processos e o relacionamento que existe entre eles. Em seguida, a análise dos processos do negócio da empresa (BPA) vai na direção do desenvolvimento de uma definição processo/subprocesso/atividade, enfocando as necessidades dos clientes dos resultados das atividades definidas pela análise da CV. Além disso, identifica os problemas e suas causas básicas, e orienta os gerentes na solução desses problemas, combatendo as suas causas raízes, através da elaboração de um plano de melhoria. Assim, faz explicitar as oportunidades de redução de custos e melhoria permanente dos processos. Numa perspectiva de fluxo de trabalho, ao invés de estrutura organizacional, o BPA, por si só identifica, avalia e desenvolve planos de melhoria para que a gerência busque o aperfeiçoamento contínuo dos processos do negócio.

A técnica de avaliação e revisão de programas, PERT/CPM, quando incorporada aos sistemas de gestão ABC/ABM, promove a validação das decisões tomadas pelos gerentes, no sentido de avaliação dos feitos ou implicações provenientes das ações implementadas, no planejamento ou replanejamentos que se fizerem necessários à realização do empreendimento. O PERT/CPM permite o planejamento flexível do trabalho através das folgas que são resultantes das relações e interdependências entre as atividades. Contudo, a determinação da duração das atividades é complexa, e causa dúvida na programação. Nestas condições, é proposta deste trabalho a utilização do método de avaliação multicriterial AHP, como forma de se assegurar a escolha da duração mais viável para a atividade, em que pese a consideração das suas características mais relevantes, frente às estimativas de duração (previsão) efetuadas pelos especialistas.

6.2 Conclusão

Com o estudo das atividades soluções simples serão alcançadas, basta para isso ter coragem para abandonar os padrões pré-estabelecidos e inovar os métodos, para somar benefícios de tempo, custo e qualidade no trabalho.

A cadeia de Valor dos processos empresariais quando administrada adequadamente, pode ser usada como ferramenta de competitividade. Além disso, a CV da empresa implica numa maneira segura de preservação dos segredos do sucesso do negócio, porque atualmente para os concorrentes copiarem os produtos ou obterem informações sobre origem dos recursos que foram utilizados na produção, são tarefas relativamente fáceis devido aos avanços da tecnologia de informação. Entretanto, a imitação da forma operacional da rede integrada de atividades de valor que produzem esses produtos, ainda é uma tarefa extremamente difícil para os adversários.

Como resposta às pressões do ambiente competitivo, em que a sobrevivência das empresas depende fundamentalmente dos seus sistemas organizacionais, este trabalho propôs o uso dos conceitos de Cadeia de Valor para a definição e a gestão das atividades para uma programação em rede PERT/CPM, como forma de organização.

6.3 Sugestões para trabalhos futuros

O custeio das atividades do PERT/CPM pelo sistema de custos ABC seria uma das sugestões para o desenvolvimento de futuros trabalhos, uma vez que as bases para a implementação do custeio baseado em atividades, já foram plantadas, neste trabalho.

O estabelecimento de critérios para a aceleração de um projeto, com base em estudos comparativos entre os critérios já preconizados pela literatura, o critério do mínimo custo e o critério da máxima rentabilidade, e a Cadeia de Valor associada ao PERT/CPM.

A análise do comportamento do caminho crítico diante da aceleração das suas atividades, cuja duração fosse estimada com base nos conceitos de Cadeia de Valor.

Também seria de grande valia para a gestão o desenvolvimento de um trabalho de pesquisa para um modelo matemático que, a partir dos resultados obtidos através da avaliação das estimativas de duração pelo método AHP, contemplasse o cálculo do risco de insucesso do projeto.

O desenvolvimento de indicadores de performance das folgas das atividades numa, rede de programação, seria deveras importante, devido ao fato de que estas, principalmente as folgas livres e dependentes, representam a sensibilidade do sistema em gestão.

Avaliação das Estimativas de Duração pelo método AHP.

MATRIZ DE COMPARAÇÃO DOS CRITÉRIOS

| | C1 | C2 | C3 | C4 |
|----|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| C1 | 1 | 3 | 1/3 | 5 |
| C2 | 1/3 | 1 | 1/3 | 3 |
| C3 | 3 | 3 | 1 | 5 |
| C4 | 1/5 | 1/3 | 1/5 | 1 |
| | 4,53E+00 | 7,33E+00 | 1,87E+00 | 1,40E+01 |

Iteração 1

| | C1 | C2 | C3 | C4 |
|----|----------|----------|----------|----------|
| C1 | 1,00E+00 | 3,00E+00 | 3,33E-01 | 5,00E+00 |
| C2 | 3,33E-01 | 1,00E+00 | 3,33E-01 | 3,00E+00 |
| C3 | 3,00E+00 | 3,00E+00 | 1,00E+00 | 5,00E+00 |
| C4 | 2,00E-01 | 3,33E-01 | 2,00E-01 | 1,00E+00 |

| | C1 | C2 | C3 | C4 |
|----|----------|----------|----------|----------|
| C1 | 4,00E+00 | 8,67E+00 | 2,67E+00 | 2,07E+01 |
| C2 | 2,27E+00 | 4,00E+00 | 1,38E+00 | 9,33E+00 |
| C3 | 8,00E+00 | 1,87E+01 | 4,00E+00 | 3,40E+01 |
| C4 | 1,11E+00 | 1,87E+00 | 5,78E-01 | 4,00E+00 |

Iteração 2

| | C1 | C2 | C3 | C4 |
|----|----------|----------|----------|----------|
| C1 | 4,00E+00 | 8,67E+00 | 2,67E+00 | 2,07E+01 |
| C2 | 2,27E+00 | 4,00E+00 | 1,38E+00 | 9,33E+00 |
| C3 | 8,00E+00 | 1,87E+01 | 4,00E+00 | 3,40E+01 |
| C4 | 1,11E+00 | 1,87E+00 | 5,78E-01 | 4,00E+00 |

| | C1 | C2 | C3 | C4 |
|----|----------|----------|----------|----------|
| C1 | 7,99E+01 | 1,52E+02 | 4,52E+01 | 3,37E+02 |
| C2 | 3,95E+01 | 7,60E+01 | 2,25E+01 | 1,68E+02 |
| C3 | 1,40E+02 | 2,66E+02 | 7,99E+01 | 5,93E+02 |
| C4 | 1,77E+01 | 3,42E+01 | 1,02E+01 | 7,60E+01 |

Iteração 3

| | C1 | C2 | C3 | C4 |
|----|----------|----------|----------|----------|
| C1 | 7,99E+01 | 1,52E+02 | 4,52E+01 | 3,37E+02 |
| C2 | 3,95E+01 | 7,60E+01 | 2,25E+01 | 1,68E+02 |
| C3 | 1,40E+02 | 2,66E+02 | 7,99E+01 | 5,93E+02 |
| C4 | 1,77E+01 | 3,42E+01 | 1,02E+01 | 7,60E+01 |

| | C1 | C2 | C3 | C4 |
|----|----------|----------|----------|----------|
| C1 | 2,47E+04 | 4,73E+04 | 1,41E+04 | 1,05E+05 |
| C2 | 1,23E+04 | 2,35E+04 | 7,00E+03 | 5,22E+04 |
| C3 | 4,34E+04 | 8,30E+04 | 2,47E+04 | 1,84E+05 |
| C4 | 5,54E+03 | 1,06E+04 | 3,15E+03 | 2,35E+04 |

Iteração 4

| | C1 | C2 | C3 | C4 |
|----|----------|----------|----------|----------|
| C1 | 2,47E+04 | 4,73E+04 | 1,41E+04 | 1,05E+05 |
| C2 | 1,23E+04 | 2,35E+04 | 7,00E+03 | 5,22E+04 |
| C3 | 4,34E+04 | 8,30E+04 | 2,47E+04 | 1,84E+05 |
| C4 | 5,54E+03 | 1,06E+04 | 3,15E+03 | 2,35E+04 |

| | | | | |
|----|----------|----------|----------|----------|
| W1 | 18,43 | 9,17 | 32,36 | 4,13 |
| T | 2,88E-01 | 1,43E-01 | 5,05E-01 | 6,45E-02 |

$$\begin{matrix}
 0,29 & 0,14 & 0,50 & 0,06 \\
 \times & & &
 \end{matrix}
 =
 \begin{matrix}
 4,53E+00 \\
 7,33E+00 \\
 1,87E+00 \\
 1,40E+01
 \end{matrix}$$

$$IC = \frac{(\lambda_{max} - n)}{(n-1)} = \frac{0,066}{4} = 0,0165$$

$$RC = \frac{IC}{CA} = \frac{0,0165}{0,073} = 0,226$$

| Autovetor | Normalização | Diferenças |
|-----------------|-----------------|------------|
| 3,60E+01 | 2,92E-01 | |
| 1,70E+01 | 1,38E-01 | |
| 6,27E+01 | 5,09E-01 | |
| 7,56E+00 | 6,13E-02 | |
| 1,23E+02 | 1,00E+00 | |

| Autovetor | Normalização | Iter. 2-1 |
|-----------------|-----------------|----------------|
| 6,14E+02 | 2,87E-01 | -0,00476 |
| 3,06E+02 | 1,43E-01 | 0,00553 |
| 1,08E+03 | 5,05E-01 | -0,00407 |
| 1,38E+02 | 6,46E-02 | 0,00329 |
| 2,14E+03 | 1,00E+00 | 0,00000 |

| Autovetor | Normalização | Iter. 3-2 |
|-----------------|-----------------|----------------|
| 1,91E+05 | 2,88E-01 | 0,00018 |
| 9,51E+04 | 1,43E-01 | -0,00028 |
| 3,35E+05 | 5,05E-01 | 0,00023 |
| 4,28E+04 | 6,45E-02 | -0,00015 |
| 6,64E+05 | 1,00E+00 | 0,00000 |

| Autovetor | Normalização | Iter. 4-3 |
|-----------------|-----------------|----------------|
| 1,64E+10 | 2,88E-01 | 0,00000 |
| 9,17E+09 | 1,43E-01 | 0,00000 |
| 3,24E+10 | 5,05E-01 | 0,00000 |
| 4,13E+09 | 6,45E-02 | 0,00000 |
| 6,41E+10 | 1,00E+00 | 0,00000 |

CARACTERÍSTICA 1 => C1 (o custo dos recursos utilizados)

| | E1 | E2 | E3 | | E1 | E2 | E3 | | E1 | E2 | E3 | | E1 | E2 | E3 | | E1 | E2 | E3 | | Autovetor | Normalização | Diferenças |
|-------------------|----------|----------|----------|---|-----------------|-----------------|-----------------|---|----------|----------|----------|---|----------|----------|----------|--|----------|----------|----------|--|-----------------|-----------------|-----------------|
| E1 | 1 | 5 | 1/3 | | 1,00E+00 | 5,00E+00 | 3,33E-01 | | 3,00E+00 | 1,23E+01 | 1,38E+00 | | 3,00E+00 | 1,23E+01 | 1,38E+00 | | 2,77E-01 | 2,77E-01 | 2,77E-01 | | 1,67E+01 | 2,77E-01 | 2,77E-01 |
| E2 | 1/5 | 1 | 1/7 | x | 2,00E-01 | 1,00E+00 | 1,43E-01 | = | 8,29E-01 | 3,00E+00 | 3,52E-01 | = | 7,40E+00 | 2,90E+01 | 3,00E+00 | | 8,29E-01 | 3,00E+00 | 3,52E-01 | | 4,18E+00 | 6,93E-02 | 6,93E-02 |
| E3 | 3 | 7 | 1 | | 3,00E+00 | 7,00E+00 | 1,00E+00 | | 7,40E+00 | 2,90E+01 | 3,00E+00 | | 7,40E+00 | 2,90E+01 | 3,00E+00 | | 7,40E+00 | 2,90E+01 | 3,00E+00 | | 3,94E+01 | 6,53E-01 | 6,53E-01 |
| | | | | | 4,20E+00 | 1,30E+01 | 1,48E+00 | | | | | | | | | | | | | | 6,03E+01 | 1,00E+00 | 1,00E+00 |
| Iteração 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| E1 | 3,00E+00 | 1,23E+01 | 1,38E+00 | | 3,00E+00 | 1,23E+01 | 1,38E+00 | | 2,94E+01 | 1,14E+02 | 1,26E+01 | | 2,94E+01 | 1,14E+02 | 1,26E+01 | | 2,94E+01 | 1,14E+02 | 1,26E+01 | | 1,56E+02 | 2,77E-01 | 0,00181 |
| E2 | 8,29E-01 | 3,00E+00 | 3,52E-01 | x | 8,29E-01 | 3,00E+00 | 3,52E-01 | = | 7,58E+00 | 2,94E+01 | 3,26E+00 | = | 7,58E+00 | 2,94E+01 | 3,26E+00 | | 7,58E+00 | 2,94E+01 | 3,26E+00 | | 4,03E+01 | 7,20E-02 | 0,00284 |
| E3 | 7,40E+00 | 2,90E+01 | 3,00E+00 | | 7,40E+00 | 2,90E+01 | 3,00E+00 | | 6,84E+01 | 2,65E+02 | 2,94E+01 | | 6,84E+01 | 2,65E+02 | 2,94E+01 | | 6,84E+01 | 2,65E+02 | 2,94E+01 | | 3,63E+02 | 6,49E-01 | -0,00445 |
| | | | | | 5,60E+02 | 1,00E+00 | 0,00000 | | | | | | | | | | | | | | 5,60E+02 | 1,00E+00 | 0,00000 |
| Iteração 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| E1 | 2,94E+01 | 1,14E+02 | 1,26E+01 | | 2,94E+01 | 1,14E+02 | 1,26E+01 | | 2,60E+03 | 1,01E+04 | 1,12E+03 | | 2,60E+03 | 1,01E+04 | 1,12E+03 | | 2,60E+03 | 1,01E+04 | 1,12E+03 | | 1,38E+04 | 2,77E-01 | -0,00006 |
| E2 | 7,58E+00 | 2,94E+01 | 3,26E+00 | x | 7,58E+00 | 2,94E+01 | 3,26E+00 | = | 6,69E+02 | 2,60E+03 | 2,88E+02 | = | 6,69E+02 | 2,60E+03 | 2,88E+02 | | 6,69E+02 | 2,60E+03 | 2,88E+02 | | 3,55E+03 | 7,19E-02 | -0,00005 |
| E3 | 6,84E+01 | 2,65E+02 | 2,94E+01 | | 6,84E+01 | 2,65E+02 | 2,94E+01 | | 6,04E+03 | 2,34E+04 | 2,60E+03 | | 6,04E+03 | 2,34E+04 | 2,60E+03 | | 6,04E+03 | 2,34E+04 | 2,60E+03 | | 3,21E+04 | 6,49E-01 | 0,00012 |
| | | | | | 4,94E+04 | 1,00E+00 | 0,00000 | | | | | | | | | | | | | | 4,94E+04 | 1,00E+00 | 0,00000 |
| Iteração 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| E1 | 2,60E+03 | 1,01E+04 | 1,12E+03 | | 2,60E+03 | 1,01E+04 | 1,12E+03 | | 2,02E+07 | 7,84E+07 | 8,69E+06 | | 2,02E+07 | 7,84E+07 | 8,69E+06 | | 2,02E+07 | 7,84E+07 | 8,69E+06 | | 1,07E+08 | 2,79E-01 | 0,00000 |
| E2 | 6,69E+02 | 2,60E+03 | 2,88E+02 | x | 6,69E+02 | 2,60E+03 | 2,88E+02 | = | 5,21E+06 | 2,02E+07 | 2,24E+06 | = | 5,21E+06 | 2,02E+07 | 2,24E+06 | | 5,21E+06 | 2,02E+07 | 2,24E+06 | | 2,77E+07 | 7,19E-02 | 0,00000 |
| E3 | 6,04E+03 | 2,34E+04 | 2,60E+03 | | 6,04E+03 | 2,34E+04 | 2,60E+03 | | 4,70E+07 | 1,82E+08 | 2,02E+07 | | 4,70E+07 | 1,82E+08 | 2,02E+07 | | 4,70E+07 | 1,82E+08 | 2,02E+07 | | 2,50E+08 | 6,49E-01 | 0,00000 |
| W1 | 1,07E+08 | 2,77E+07 | 2,50E+08 | x | 0,28 | 0,07 | 0,65 | | 4,20E+00 | 1,30E+01 | 1,48E+00 | | 4,20E+00 | 1,30E+01 | 1,48E+00 | | 4,20E+00 | 1,30E+01 | 1,48E+00 | | 3,85E+08 | 1,00E+00 | 0,00000 |
| T | 2,79E-01 | 7,19E-02 | 6,49E-01 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

$$IC = \frac{(\lambda_{max} - 1)}{(n-1)} = \frac{0,032}{3} = 0,0106$$

$$RC = \frac{IC}{CA} = \frac{0,0106}{0,056} = 0,1893$$

CARACTERÍSTICA 4 - C4 (Competitividade)

Iteração 1

| | | | | | |
|-----------------------------------|-----|----|---|----|-----|
| E1 | 1 | E2 | 5 | E3 | 3 |
| E2 | 1/5 | | 1 | | 1/3 |
| E3 | 1/3 | | 3 | | 1 |
| 1,53E+00 9,00E+00 4,33E+00 | | | | | |

| | | | | | |
|----|----------|----|----------|----|----------|
| E1 | 3,00E+00 | E2 | 1,90E+01 | E3 | 7,67E+00 |
| | 5,11E-01 | | 3,00E+00 | | 1,27E+00 |
| | 1,27E+00 | | 7,67E+00 | | 3,00E+00 |

| | | | | | |
|--------------------------|----------|--------------|----------|------------|--|
| Autovetor | 2,97E+01 | Normalização | 6,40E-01 | Diferenças | |
| | 4,78E+00 | | 1,03E-01 | | |
| | 1,19E+01 | | 2,57E-01 | | |
| 4,64E+01 1,00E+00 | | | | | |

Iteração 2

| | | | | | |
|----|----------|----|----------|----|----------|
| E1 | 3,00E+00 | E2 | 1,90E+01 | E3 | 7,67E+00 |
| | 5,11E-01 | | 3,00E+00 | | 1,27E+00 |
| | 1,27E+00 | | 7,67E+00 | | 3,00E+00 |

| | | | | | |
|----|----------|----|----------|----|----------|
| E1 | 2,84E+01 | E2 | 1,73E+02 | E3 | 7,01E+01 |
| | 4,67E+00 | | 2,84E+01 | | 1,15E+01 |
| | 1,15E+01 | | 7,01E+01 | | 2,84E+01 |

| | | | | | |
|----------------------------------|----------|--------------|----------|-----------|----------|
| Autovetor | 2,71E+02 | Normalização | 6,37E-01 | Iter. 2-1 | -0,00273 |
| | 4,46E+01 | | 1,05E-01 | | 0,00173 |
| | 1,10E+02 | | 2,58E-01 | | 0,00100 |
| 4,26E+02 1,00E+00 0,00000 | | | | | |

Iteração 3

| | | | | | |
|----|----------|----|----------|----|----------|
| E1 | 2,84E+01 | E2 | 1,73E+02 | E3 | 7,01E+01 |
| | 4,67E+00 | | 2,84E+01 | | 1,15E+01 |
| | 1,15E+01 | | 7,01E+01 | | 2,84E+01 |

| | | | | | |
|----|----------|----|----------|----|----------|
| E1 | 2,42E+03 | E2 | 1,47E+04 | E3 | 5,97E+03 |
| | 3,98E+02 | | 2,42E+03 | | 9,82E+02 |
| | 9,82E+02 | | 5,97E+03 | | 2,42E+03 |

| | | | | | |
|----------------------------------|----------|--------------|----------|-----------|----------|
| Autovetor | 2,31E+04 | Normalização | 6,37E-01 | Iter. 3-2 | 0,00004 |
| | 3,80E+03 | | 1,05E-01 | | -0,00002 |
| | 9,38E+03 | | 2,58E-01 | | -0,00002 |
| 3,63E+04 1,00E+00 0,00000 | | | | | |

Iteração 4

| | | | | | |
|----|----------|----|----------|----|----------|
| E1 | 2,42E+03 | E2 | 1,47E+04 | E3 | 5,97E+03 |
| | 3,98E+02 | | 2,42E+03 | | 9,82E+02 |
| | 9,82E+02 | | 5,97E+03 | | 2,42E+03 |

| | | | | | |
|----|----------|----|----------|----|----------|
| E1 | 1,76E+07 | E2 | 1,07E+08 | E3 | 4,34E+07 |
| | 2,89E+06 | | 1,76E+07 | | 7,14E+06 |
| | 7,14E+06 | | 4,34E+07 | | 1,76E+07 |

| | | | | | |
|----------------------------------|----------|--------------|----------|-----------|---------|
| Autovetor | 1,68E+08 | Normalização | 6,37E-01 | Iter. 4-3 | 0,00000 |
| | 2,78E+07 | | 1,05E-01 | | 0,00000 |
| | 6,91E+07 | | 2,58E-01 | | 0,00000 |
| 2,64E+08 1,00E+00 0,00000 | | | | | |

| | | | |
|----|----------|----------|----------|
| W1 | 1,68E+08 | 2,78E+07 | 6,91E+07 |
| T | 6,37E-01 | 1,05E-01 | 2,58E-01 |

| | | | | | |
|----|----------|----|----------|----|----------|
| E1 | 1,53E+00 | E2 | 9,00E+00 | E3 | 4,33E+00 |
| | 0,84 | | 0,10 | | 0,26 |

| | | | | | |
|--------------------------|----------|--------------|----------|------------|--|
| Autovetor | 2,97E+01 | Normalização | 6,40E-01 | Diferenças | |
| | 4,78E+00 | | 1,03E-01 | | |
| | 1,19E+01 | | 2,57E-01 | | |
| 4,64E+01 1,00E+00 | | | | | |

$$IC = \frac{(\lambda_{max} - n)}{(n-1)} = \frac{0,019}{3} = 0,00633$$

$$RC = \frac{IC}{CA} = \frac{0,00633}{0,033} = 0,1918$$

| | | | | | | | |
|----------------------------|------|----|------|----|------|----|------|
| E1 | 0,28 | C2 | 0,19 | C3 | 0,26 | C4 | 0,64 |
| E2 | 0,07 | | 0,73 | | 0,64 | | 0,10 |
| E3 | 0,65 | | 0,08 | | 0,10 | | 0,26 |
| 1,00 1,00 1,00 1,00 | | | | | | | |

| | | | | | |
|----|------|----|------|----|------|
| E1 | 0,29 | E2 | 0,14 | E3 | 0,28 |
| | 0,50 | | 0,45 | | 0,45 |
| | 0,06 | | 0,27 | | 0,27 |

| | | | | | |
|--------------------------|----------|--------------|----------|------------|--|
| Autovetor | 2,97E+01 | Normalização | 6,40E-01 | Diferenças | |
| | 4,78E+00 | | 1,03E-01 | | |
| | 1,19E+01 | | 2,57E-01 | | |
| 4,64E+01 1,00E+00 | | | | | |

Referências Bibliográficas

- ABNT: P-TB-134. *PERT/CPM: Terminologia Brasileira*, Set. 1972.
- BEISCHEL, Mark E. Improving Production with Process Value Analysis. *Journal of Accountancy*, p.53 – 57, Sept. 1990.
- BOITEUX, Colbert Demaria. *PERT/ CPM/ ROY e outras Técnicas de Programação e Controle*. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Cient. Edit. S.A., 1985.
- CAMPOS, Vicente Falconi. *TQC Controle da Qualidade Total* (no estilo Japonês) Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, Escola de Engenharia da UFMG, 1992.
- COGAN, Samuel. *Modelos de ABC / ABM*. Rio de Janeiro: Qualitymark Editora, 1997.
- COOPER, R., KAPLAN, R. S. Measure Costs Right: Make the Right Decisions. *Harvard Business Review*, p. 96 – 103, Sept./Oct. 1988.
- COOPER, Robin. et alii. Implementing Activity – Based Cost Management. *Institute of Management Accountants. Montvale, New Jersey*, 1993.
- DRUCKER, Peter F. The Information: Redesigning the Corporation Requires a New Set of Tools and Concepts. *Harvard Business Review*, p. 54 – 62, Jan./Feb. 1995.
- ERTAS, Átila. *The Engineering Design Process*. New York: John Wiley, p. 64 – 69, 1996.
- FREITAS, Delfino P. T. de, PAMPLONA, Edson de O. Uso da Cadeia de Valor para a definição das Atividades do PERT/CPM. XIX Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Anais. Rio de Janeiro - 1999, Vol. I, p. 107.
- GARTNER, I. R., CASAROTTO FILHO, N., KOPITKE, B. H. Um Sistema Multicriterial de apoio à Análise de Projetos em Bancos de Desenvolvimento. *Produto & Produção*, vol. 2, nº.3, p. 75 – 86, Out.1998.

- HAME, PRAHALAD C. K. Competing For the Future: Breakthrough Strategies For Seizing Control of Your Industry and Crating the Markets of Tomorrow *Haward Business School Press*, Boston, p. 84, 100 e 101, 1994.
- HERGET, M., MORRIS D. Accounting data for Value Chain Analysis. *Strategic Management Journal*, 1989, 10, p 175-88.
- HIRSCHFELD, Henrique. *Planejamento com PERT – CPM e Análise do Desempenho*. 9ª ed. ver. e aum. São Paulo: Editora Atlas, 1987.
- KAPLAM, R. S. et alii. Romeo Engine Plant. Boston, *Harvard Business School*, 1994.
- KAPLAN, Robert S., COOPER, Robin. *Custo e Desempenho: Administre seus Custos para ser mais Competitivo*. São Paulo: Editora Futura, 1998.
- KAPLAN, Robert S., NORTON, David P. *A Estratégia em Ação: Balanced Scorecard*. Rio de Janeiro: Editora Campus, 1997.
- MOTTA, Magalhães J. E. *Pert Tempo e Custo*. 5ª ed. Rio de Janeiro: Editora Record, 1976.
- OSTRENGA, Michael R. et alii. *Guia da Ernst & Young para Gestão Total dos Custos*. 12ª ed. Rio de Janeiro: Editora Record, 1993.
- OSTRENGA, Michael R..Activities: The Focal Point of Total Cost Management. *Management Accounting*, p. 42 – 49, Feb. 1990.
- PAMPLONA, Edson de Oliveira. Avaliação Qualitativa de Cost Drivers pelo Método AHP. VI Congresso Brasileiro de Custos. São Paulo, Julho 1999.
- PAMPLONA, Edson de Oliveira. *TESE DE DOUTORADO* - Contribuição para a análise crítica do Sistemas de Custos ABC através da avaliação de Direcionadores de Custos. São Paulo SP: FGV/EAESP, 1997.
- PATERSON, Marvin L. Designing Metrics Accelerating Innovation: Improving the Process of Product Development. New York, *Van Nostrand Reinhold*, 1993. cap. 3.

- PORTER, Michael E. *Estratégia Competitiva: Técnicas para Análise de Indústrias e da Concorrência*. Rio de Janeiro: Editora Campus, 1986.
- ROSA, E. B., PAMPLONA, E. O., ALMEIDA, D. A. Parâmetros de Desempenho e a Competitividade dos Sistemas de Manufatura. XV Encontro Nacional de Engenharia de Produção e First Internacional Congress of Industrial Engineering, Anais. São Carlos – SP, vol. I, p. 521.
- ROSA, E. B., PAMPLONA, E. O., ALMEIDA, D. A. Parâmetros de Desempenho e os Elementos de Competitividade. 16º ENEGEP. Piracicaba, Out. 1996.
- ROSA, Eurycibiades Barra. *DISSERTAÇÃO DE MESTRADO - Parâmetros de Desempenho: A Vantagem Competitiva das Empresas – Estudo de Caso*. Escola Federal de Engenharia de Itajubá - EFEI, 1996.
- SHANK, John K, GOVINDARAJAN, Vijay. *A Revolução dos Custos*. 2ª ed. Rio de Janeiro: Editora Campus, 1997.
- SINK, D. Scott, TUTTIE, Thomas C. *Planejamento e Medição para a Performance*. Rio de Janeiro: Qualitymark Edit, 1993.
- SLACK, Nigel. et alii. *Administração da Produção*. São Paulo: Editora Atlas, 1997.
- STANGER, Luiz B. *PERT - CPM: Técnica de Planejamento e Controle*. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Cient. Edit. S.A., 1974.
- TOLEDO JUNIOR, Itys-Fides Bueno de. *PERT-CPM: Cronograma de Trabalho*. 5ª ed. Mogi das Cruzes: Itys-Fides Bueno de Toledo Junior & Cia. Ltda, 1988.
- TURNEY, Peter B. B. Activity-Based Management: ABM Puts ABC Information to Work. *Management Accounting*, p. 20 – 30, Jan. 1992.
- VARGAS, Luis G. An Overview of the Analytic Hierarchy Process and its Applications. *European Journal of Operational Research*, North-Holland, vol. 48, p. 2 – 8, 1990.

Bibliografia Complementar

- ALMEIDA, Dagoberto Alves. Client/Supplier Chain – A Production Systemic Approach. Itajubá: *Departamento de Produção - Escola Federal de Engenharia de Itajubá*.
- BANA E COSTA, C. A. et alii. Aplicação de um Modelo Multicritérios de Apoio à Decisão.
- BARBOSA, R. P., TACHIBANA, W. K. Metodologia para Gestão Estratégica de Custos: Integração dos Conceitos de Cadeia de Valores, Direcionadores de Custos e Activity-based Costing em um Sistema de Informações. *Revista Brasileira de Custos*, São Leopoldo, V. 1, nº 1, p. 69 – 82, 1º semestre, 1999.
- BOWER, J.L. et alii. Disruptive Technologies: Catching the Wave. *Harvard Business Review*, 1995.
- CHANDLER, A. D. Jr. *Scale And Scope: The Dynamics of Industrial Capitalism*. Cambridge, Mass. *Harvard University Press*, 1990.
- CHARLES, J. House, RAYMOND L. Price. The Return Map: Tracking Product Teams, *Haward Business Review*, p 92-100, 1991.
- COGAN, Samuel. Teoria das Restrições Versus Custeio-Baseado em atividades: um Aparente Conflito. Rio de Janeiro: *Universidade Federal do Rio de Janeiro, Faculdade de Administração e Ciências Contábeis*.
- DEVELIN, Nick. ABCM - Gerenciamento de Custos Baseado em Atividades. *IMAM*, São Paulo, 1994.
- ESG - ESCOLA SUPERIOR DE GUERRA. Rio de Janeiro. *Manual Básico*. Editoração e Produção Gráfica do IBGE, 1986.
- FORMOSO, Carlos T. et alii. Perdas na Construção Civil: Conceitos, Classificações e Indicadores de Controle. *Rev. Técnica*, Editora Pini S.A.. São Paulo, 1996.

-
- HIRSCHFELD, Henrique. *Engenharia Econômica e Análise de Custos*. 5ª ed. São Paulo: Editora Atlas, 1992.
- LEONE, George S. G. *Contabilidade de Custos*. São Paulo: Editora Atlas, 1997.
- MARTINS, Eliseu. *Contabilidade de Custos*. 5ª ed. rev. São Paulo: Editora Atlas, 1996.
- NAKAGAWA, Masayuki. *ABC: Custeio Baseado em Atividades*. São Paulo: Editora Atlas,
- OLIVEIRA, Djalma de Pinho Rebouças de. *Planejamento Estratégico: Conceitos, Metodologia e Práticas*. 12ª. Ed. São Paulo: Editora Atlas, 1998.
- PAGE-JONES, Meilir. *Gerenciamento de Projetos: Guia prático para Restauração da Qualidade em Projetos e Sistemas de Processamento de Dados*. São Paulo: Editora MacGraw-Hill, Newstec, 1990.
- RUHL, Jack M. *Activity-Based Variance Analysis. Cost Management Practice*, 1995.
- STALK, George Jr. A Empresa Veloz Cresce mais e com maior Rentabilidade. *Jornal Folha de São Paulo*. São Paulo, Out. 1995. Folha Management Nº 12.