

O Método PERT- CPM. 6

6.1 – Introdução.

6.1.1 – Origem dos Métodos.

Durante a década de 1950-60, enquanto transcorria o conflito a que se denominou de guerra fria, ocorreu uma corrida armamentista tendo como principais protagonistas os EEUU e a extinta URSS.

Nesta época os Estado Unidos, com o intuito de dispor de hegemonia tecno-militar, através da marinha e da força aérea, realizou um extenso programa de construção de novos submarinos nucleares, Polaris, e de aviões bombardeiros estratégicos de longo alcance.

Participaram, do projeto da marinha, cerca de 10 mil empresas, desde projetistas a empreiteiros, de sub-contratantes a fornecedores, cujo esforço de coordenação, comunicação e cumprimento de metas exigiu o estabelecimento de uma linguagem comum a todos os interessados. Linguagem esta que contribuiu para o cumprimento do prazo dos contratos adjudicados a cada um deles e levar o projeto global a bom termo. O que, de fato, aconteceu.

Em 1958, foi desenvolvido o método do PERT – Program Evaluation and Review Technique pela empresa de consultoria Booz, Allen & Hamilton. Este método permitiu instituir uma linguagem de planejamento e controle entendível por todos os atores, metodologia que contribui para o sucesso do projeto.

Nesta mesma época, por demanda da Lockheed Aircraft Corporation, empresa envolvida com a realização do projeto de aviões bombardeiros estratégicos e, também, com o programa aeroespacial da NASA, as empresas Dupont e UNIVAC desenvolveram o método CPM – Critical Path Method visando cumprir e acompanhar os contratos firmados com o governo dos EEUU.

Como os procedimentos operacionais de montagem de redes propostos para os dois métodos se mostraram semelhantes, ocorrendo diferença apenas no estabelecimento da duração do atributo tempo das atividades, atualmente ambos os métodos estão abrigados sob a denominação PERT/CPM.

Assim, a diferença entre os dois métodos esta adstrita à determinação do atributo tempo das atividades. No método do PERT, a duração das atividades é determinada de forma probabilística. E, no CPM, de forma determinística.

O PERT/CPM, então, é uma metodologia recomendada para ser aplicada no processo de gestão de projetos, dada a facilidade em integrar e correlacionar, adequadamente, as atividades de planejamento, coordenação e controle. Ver. Fig.6.1.

Como instrumento de planejamento, permite definir adequadamente as datas de mobilização de recursos financeiros, humanos e equipamentos, a duração da utilização desses recursos

bem como as datas de sua desmobilização. Deste modo, o período de cumprimento da responsabilidade atribuída a cada ator do processo fica perfeitamente caracterizada.

No caso dos recursos financeiros, pode-se elaborar com muita acuidade o fluxo de caixa do projeto e, em decorrência, analisar a demanda de capital de giro próprio ou de terceiros.

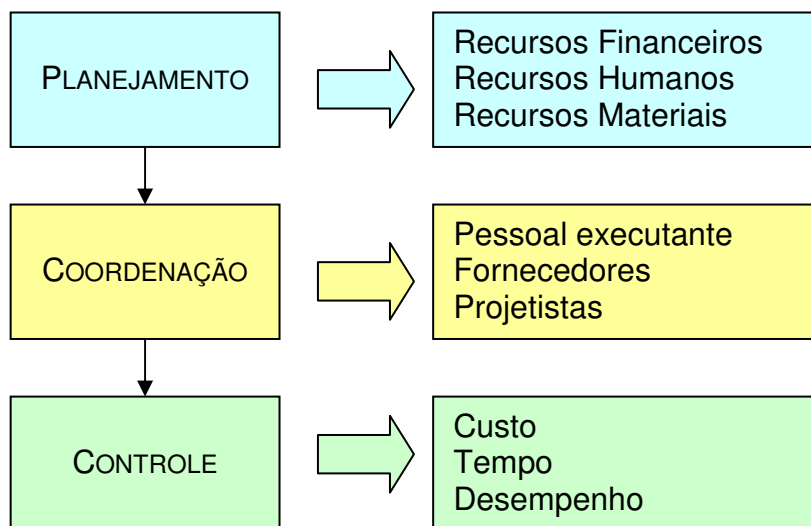


Fig. 6.1- Gestão e PERT/CPM

Com relação ao processo de controle, considerando que as datas de início e final de cada atividade são adequadamente definidas, torna-se expedita a definição da mobilização de cada ator envolvido no processo, da responsabilidade lhe atribuída e da duração de sua participação. E, também, permite prever as datas de adjudicação de contratos a serem realizados com projetistas e

fornecedores de modo a não ocorrer solução de continuidade entre a atuação dos diversos atores durante a execução do projeto.

Finalizando, o exercício de atividades de controle fica favorecido, pois torna-se expedito comparar os tempos e custos realizados com aqueles planejados, dada a expressão de coerência dos fluxos de caixa com as atividades previstas ou realizadas. E, em decorrência, conhecer o desempenho do projeto.

6.1.2 – Objetivo.

O método do PERT/CPM foi desenvolvido com os seguintes objetivos:

- ✓ Minimizar problemas localizados de projetos, tais como: atrasos, estrangulamentos da produção e interrupções de serviços;
- ✓ Conhecer, antecipadamente, atividades críticas cujo cumprimento possa influenciar a duração total do programa;
- ✓ Manter a administração informada quanto ao desenvolvimento, favorável ou desfavorável, de cada etapa ou atividade do projeto, permitindo a constatação, antecipada, de qualquer fator crítico que possa turbar o desempenho e permitir uma adequada e corretiva tomada de decisão;
- ✓ Estabelecer o “quando” cada envolvido deverá iniciar ou concluir suas atribuições.
- ✓ Ser um forte instrumento de planejamento, coordenação e controle.

6.2 – Metodologia.

6.2.1 – Definições.

Qualquer rede de planejamento é definida segundo suas atividades constitutivas, suas durações, as datas em que elas ocorrem, e outros atributos que as caracterizam.

Na Fig. 6.2 tem-se um exemplo de Rede PERT-CPM, quando montada segundo o método americano.

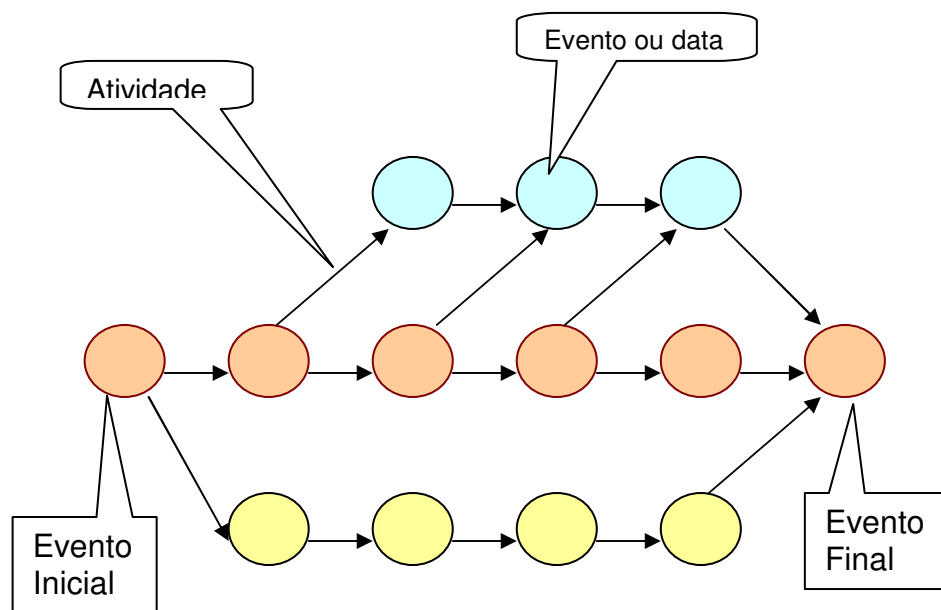


Fig. 6.2 – Modelo de Rede PERT-CPM

a) Atividade – é a denominação pela qual se caracteriza uma tarefa, serviço ou projeto a ser realizado e que consome tempo

e recursos. Recursos esses: humanos, materiais tecnológicos ou financeiros.

b) Evento – representa um marco temporal, ou seja, uma data delimitando o tempo de início ou de término de qualquer atividade. Não consome tempo ou recursos.

c) Evento Inicial – representa a data de início do programa. Alerta-se que todo programa deve ser iniciado em um único evento.

d) Evento Final – representa a data final do programa. Similarmente à definição anterior, alerta-se que todo programa deve ser finalizado em um único evento.

e) Atributo – exprime a medida (unidade) da atividade. Como atributos são considerados: o tempo de duração, o custo e os recursos envolvidos.

f) Tempo Mais Cedo de Início – TCI é definido como o tempo mais cedo possível de se iniciar uma atividade. Equivale à data mais cedo possível de se iniciar uma atividade sem ocorrer atraso na data mais cedo de término previsto para o evento final da rede.

g) Tempo Mais Tarde de Início – TTI corresponde ao tempo mais tarde possível de se iniciar uma atividade sem causar atraso no início da(s) atividade(s) subsequente(s). Corresponde à data mais tarde possível de se iniciar uma atividade sem causar atraso na data mais tarde de término prevista para o evento final da rede.

h) Tempo Mais Cedo de Fim – TCF é definido como o tempo mais cedo possível de se concluir uma atividade. Equivale à data

mais cedo possível de se concluir uma atividade sem ocorrer atraso na data mais cedo de término previsto para o evento final da rede.

- i) Tempo Mais Tarde de Fim – TTF corresponde ao tempo mais tarde possível para ser concluída uma atividade sem causar atraso no início da(s) atividade(s) subsequente(s). Corresponde à data mais tarde possível de se concluir uma atividade sem causar atraso na data mais tarde de término prevista para o evento final da rede.
- j) Folga de Evento – é definida como a disponibilidade de tempo medida pela diferença entre a data mais tarde e a data mais cedo de ocorrência de um evento.
- k) Caminho Crítico – é definido como sendo o caminho da rede em que todos os eventos que o constituam apresentem FOLGA ZERO. Ou, caso ocorra folga nos eventos iniciais e finais da rede, o caminho crítico corresponde àquele que apresentar a MENOR FOLGA TOTAL.
- l) Dependência – é definida como a relação entre duas atividades contíguas, de modo que uma atividade, denominada dependente, somente possa ser iniciada quando a imediatamente precedente estiver concluída, data a tecnologia adotada.

6.2.2 – Determinação de tempos e folgas.

Adotando como nomenclatura:

- A_K , denominação genérica das atividades.

- $A_{p \rightarrow q}$, denominação alternativa de uma atividade, quando se caracteriza seus eventos de início e término. No exemplo: $A_{7 \rightarrow 9}$.
- TCI_A , corresponde ao evento ou data mais cedo de início de uma atividade " A_K ".
- TTI_A , corresponde ao evento ou data mais tarde de início de uma atividade " A_K ".
- TCF_A , corresponde ao evento ou data mais cedo de fim de uma atividade " A_K ".
- TTF_A , corresponde ao evento ou data mais tarde de fim de uma atividade " A_K ".
- d_A , representa a duração da atividade " A_K ".

6.2.2.1 – Determinação dos Tempos.

Conhecidos o tempo de início e de duração de qualquer atividade, o respectivo tempo final ou de término é obtido somando os dois:

$$TCF(A_k) = TCI(A_k) + d(A_k)$$

$$TTF(A_k) = TTI(A_k) + d(A_k)$$

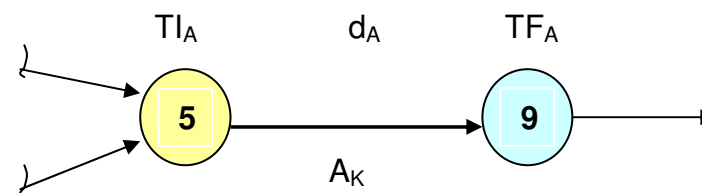


Fig. 6.3 – Tempo Mais Tarde

Como exemplo numérico, seja uma rede parcialmente representada na Fig. 6.3, quando se deseja definir a data de ocorrência do Evento-9, sabendo-se que o Evento-5 ocorre na data de 15 de maio e a duração da atividade A_k foi orçada em 21 dias. Assim o Evento-9 ocorre no dia 5 de junho.

Como exemplo prático, fazendo corresponder à atividade A_k o serviço de execução de uma laje em concreto armado, sendo ele iniciado no dia 15/05, poderá estar concluído no dia 5/07.

O tempo de duração das atividades pode ser adotado em dias, semanas, meses, trimestre, etc. Porém, deve-se manter a compatibilidade entre as unidades de uma mesma rede de planejamento.

6.2.2.2 – Folga de evento.

A folga de evento, $FE(i)$ pode ser definida como sendo a diferença entre os tempos mais tarde de início e o mais cedo de início de um evento. Ou, também, a diferença entre os tempos mais tarde de fim e mais cedo de fim do evento conexo ao final de qualquer atividade.

$$FE(i) = TTI(A_k) - TCI(A_k) = TTF(A_k) - TCF(A_k)$$

Como exemplo, seja calcular a folga do evento início e do evento final associados à atividade A_k da Fig.6.4.

A folga relativa ao seu evento início desta atividade corresponde a 4 tempos, pois: $f_i = (11-7) = 4 t$.

Similarmente, a folga correspondente ao evento final também é de 4 tempos, pois: $f_f = (17-13) = 4$ tempos.

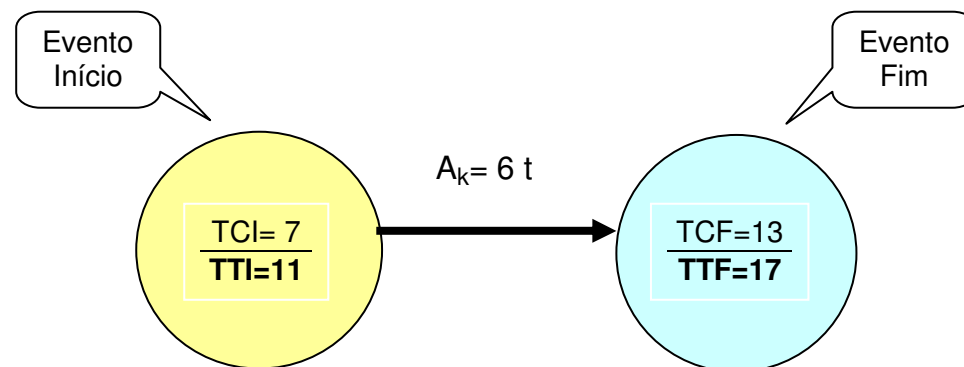


Fig. 6.4 – Tempos & Eventos

6.2.2.3. – Folga de atividade ou total.

Folga de Atividade é definida como a disponibilidade de tempo que uma atividade pode ser executada, além da sua duração prevista, sem afetar a duração pré-estabelecida para o projeto.

Matematicamente:

$$F(A_k) = TTF(A_k) - TCI(A_k) - d(A_k)$$

Do exemplo da Fig. 6.4, a folga total é dada por:

$$F(A_k) = 17 - 7 - 6 = 4 \text{ tempos}$$

6.2.2.4 – Caminho Crítico.

O caminho crítico é todo caminho da rede que corresponder à maior duração na execução de um projeto e é composto por uma seqüência de atividades denominadas críticas. Então, as atividades que compõem o caminho crítico definem a duração total do projeto.

Assim, é de crucial importância reconhecer essas atividades, pois qualquer atraso numa delas acarretará atraso na duração total do projeto com o conseqüente aumento dos custos previstos.

O aumento de custos decorre dos seguintes fatos:

1º - do aumento da mão de obra direta necessária para efetuar o trabalho e do custo dos equipamentos, caso não ocorra perda de material;

2º - aumento dos custos administrativos ou indiretos não previstos à época do orçamento ou do estudo de viabilidade.

3º - Caso haja o interesse em manter o prazo final previsto, necessariamente ocorrerá um incremento de recursos o que causará um aumento nos custos a serem incorridos.

Pelo exposto, cabe ao gestor manter sua atenção nas atividades do caminho crítico visando cumprir as datas estabelecidas e, deste modo, manter a margem de lucro estabelecida.

Cabe, então, definir o que seja atividade crítica e evento crítico. Segundo a norma brasileira da ABNT para o assunto, define-se:

a) Evento Crítico como sendo o evento integrante de uma rede que apresenta a menor folga, ou folga zero, quando comparada com as folgas dos demais eventos da rede.

Como limite, tem-se que a folga de evento:

$$FE(i) = TTI(A_K) - TCI(A_K) = TTF(A_K) - TCF(A_K) = 0$$

b) Atividade Crítica – corresponde a atividade compreendida entre dois Eventos Críticos. Além disso, a folga total da atividade deve ser mínima ou zero.

Não existindo folga nos eventos integrantes do caminho crítico, qualquer atraso que ocorrer na execução de alguma das atividades que o integram, provocará atraso no cumprimento da data final do empreendimento.

No limite pode-se definir como caminho crítico aquele que atenda a duas características:

- i) As atividades que o compõem sejam definidas como atividades críticas, isto é, apresentam folga de atividade mínima ou igual a zero;
- ii) Os eventos integrantes do caminho crítico apresentem folga de evento mínima ou igual a zero.

Atividade do Caminho Crítico

Folga de Evento: $F_E(k) = TTI - TCI = 0$ (ou mínima)

Folga de Atividade: $F_A(k) = TTF - TCI - d = 0$ (ou mínima)

6.3. – Metodologia para elaboração da rede PERT/CPM.

A metodologia proposta para o planejamento de obras e serviços, utilizando redes PERT/CPM segue os seguintes procedimentos:

- 1º. Definir a natureza do projeto e seus objetivos;
- 2º. Propor possíveis alternativas para a execução do projeto;
- 3º. Estabelecer a tecnologia a ser utilizada;
- 4º. Montar a Estrutura Analítica do Projeto - EAP;
- 5º. Estabelecer as relações de dependência entre as atividades;
- 6º. Definir o nível de controle;
- 7º. Definir e quantificar os atributos das atividades: tempo e custo;
- 8º. Montar a rede PERT/CPM;
- 9º. Calcular os tempos mais cedo e mais tarde de cada evento e a duração total da rede (contratual);
- 10º. Calcular as folgas de evento;
- 11º. Calcular as folgas de atividade;
- 12º. Estabelecer o caminho crítico.
- 13º. Alocar recursos para cada atividade;
- 14º. Ajustar a rede segundo as restrições de tempo e recursos exigidos para cada alternativa proposta;
- 15º. Efetuar a programação definitiva da melhor alternativa estudada.

É muito comum se dispor de um tempo relativamente curto para a execução de um empreendimento. Deste modo, recomenda-se executar dois procedimentos quando se planeja

uma rede: o primeiro é dimensionar as equipes no limite do tempo tecnológico; o segundo, desenvolver, quando possível, atividades em paralelo.

Um cuidado que se deve ter é quanto à redução dos tempos de atividades que não integrem o caminho crítico (Ver item 6.7).

Ao se reduzir o tempo de execução dessas atividades, pode-se liberar mão de obra para outros serviços, fato que reduz o custo global de execução.

6.4 – Os métodos.

Dois são os métodos adotados para a caracterização das redes PERT/CPM.

- Método Americano ou de Setas;
- Método Francês de Blocos ou Redes Roy.

A montagem de uma rede pelo método Americano ou de Setas é de mais fácil utilização, especialmente quando se calcula os tempos e folgas vinculados a cada evento. Recomenda-se sua utilização quando se elabora, manualmente, uma rede de planejamento

O método Frances permite uma visualização mais expedita. Porém, mais trabalhoso ao se determinar folgas e os tempos correlatos às atividades. Recomenda-se sua utilização quando se divulga o resultado das redes, pois de mais fácil interpretação pelo leigo.

6.4.1 – O Método Americano.

Neste método, cada seta representa uma atividade, ou seja, o consumo de recursos relacionados à atividade de produção. E, os nós, caracterizam eventos, isto é, datas.

As setas, então, indicam a seqüência de execução lógica das atividades. Além disto, as setas interligam os eventos que definem a data de início e a data de fim limitante de cada atividade.

No desenho da Fig.6.5.a é apresentada uma rede referente à construção de um galpão em alvenaria, com a estrutura sendo executada e concluída antes das demais atividades, onde foi adotado o método Americano.

6.4.2 - Sistematização.

Ao ser montada uma rede, alguns cuidados devem ser observados, especialmente ao ser utilizado o método americano, visando a efetuar sem erros de lógica. Para tanto é importante observar:

- a) Eventos de início e evento de fim, únicos.
- b) A inexistência de loops ou ciclo fechado;
- c) A Unicidade das atividades;
- d) Atividade fantasma ou fictícia.

6.4.2.1 – Eventos Únicos.

Ao ser montada uma rede PERT, deve-se observar que, tanto o evento início como o evento final devem ser únicos para toda a rede. Ver Fig. 6.5.a e Fig. 6.5.b.

Não tem sentido um programa que dispões de vários inícios ou que contém atividades não correlacionadas ao evento final, é um fato que contraria a lógica de execução dos projetos.

Além do acima comentado, torna-se inviável determinar corretamente a duração total de um programa quando existem atividades não correlacionadas com o início com como o final do programa.

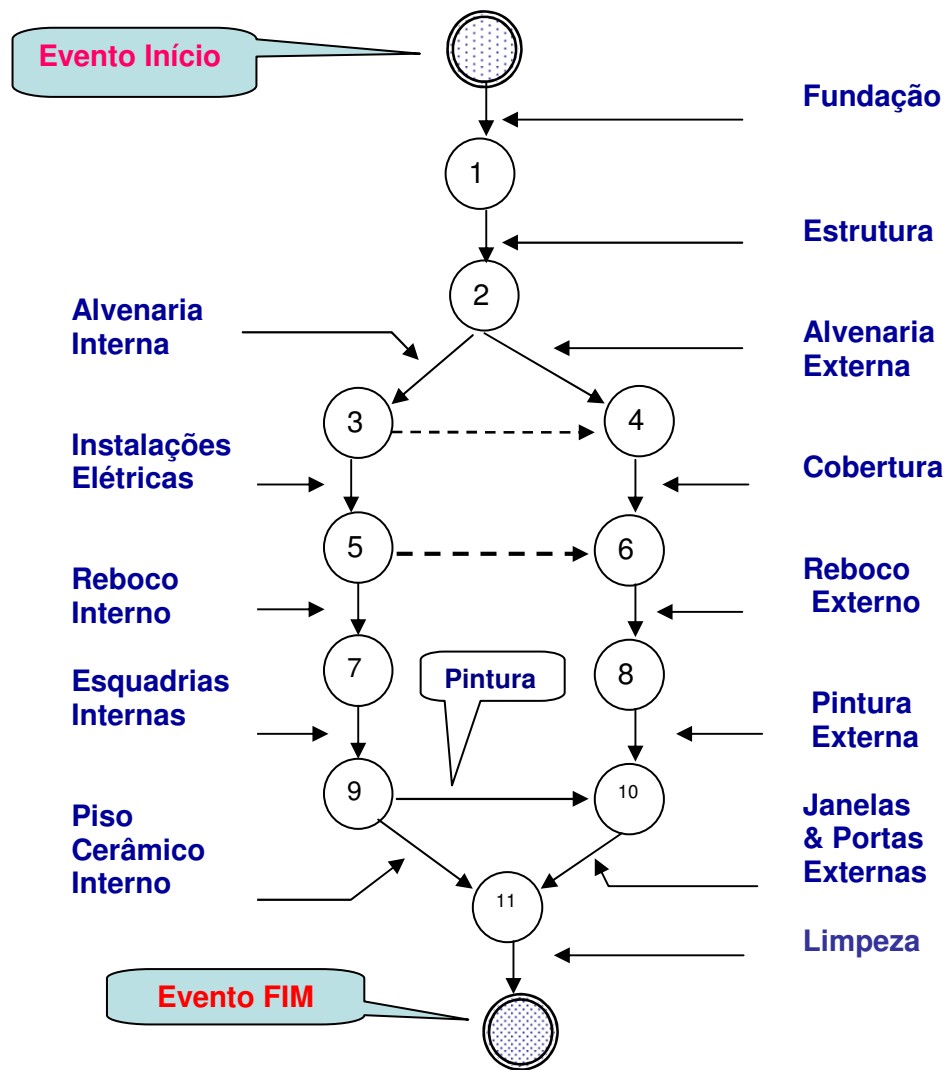


Fig.6.5.a – Exemplo de Rede Pert-CPM

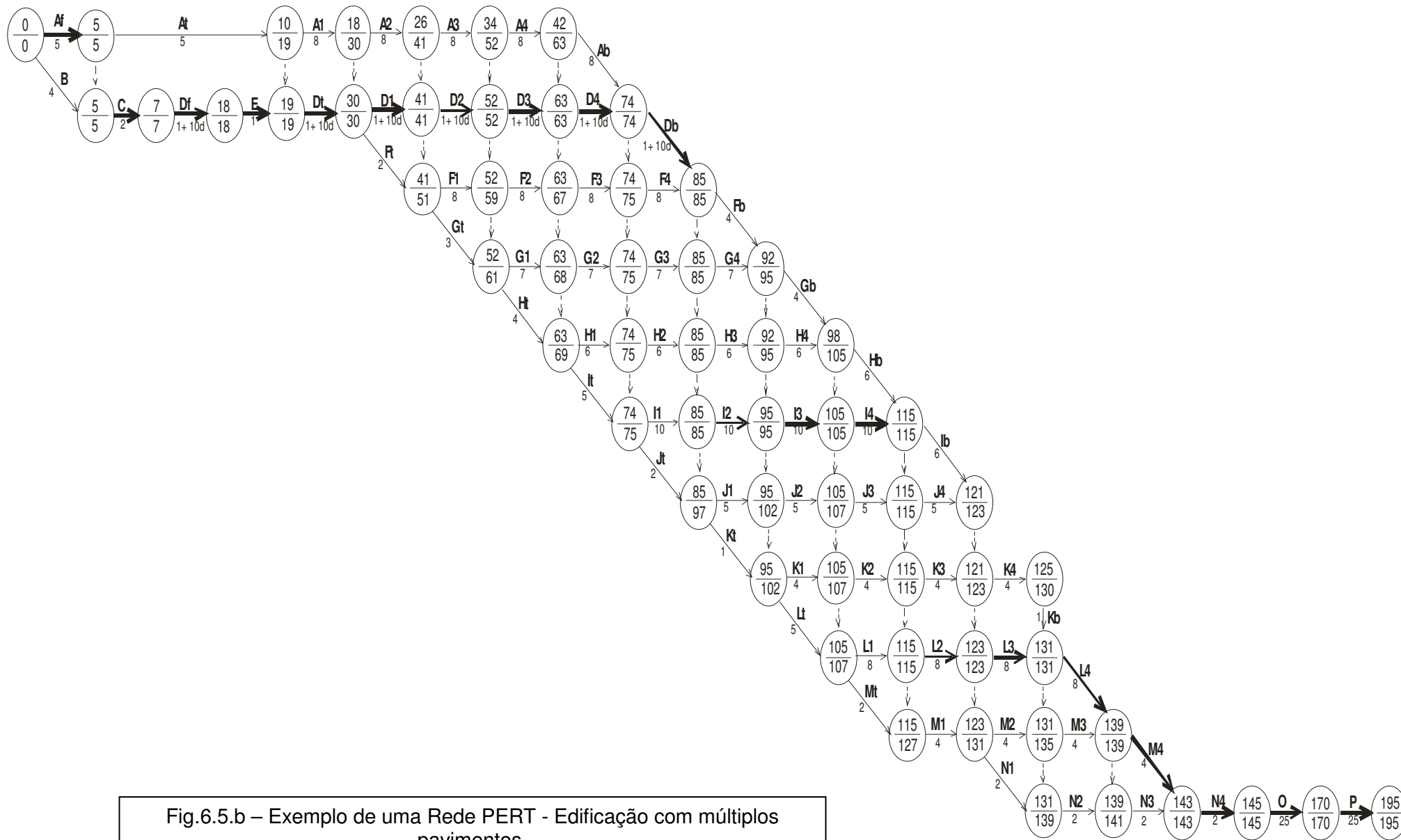


Fig.6.5.b – Exemplo de uma Rede PERT - Edificação com múltiplos pavimentos.

6.4.2. 2 – Ciclo Fechado ou Looping.

Um ciclo ocorre quando uma atividade passa a ser precedente dela mesma, conforme as atividades ressaltadas na Fig.6.6 – Exemplo de Ciclo.

Tal situação indica a existência de erro no estabelecimento das relações de dependência ou nas datas dos eventos.

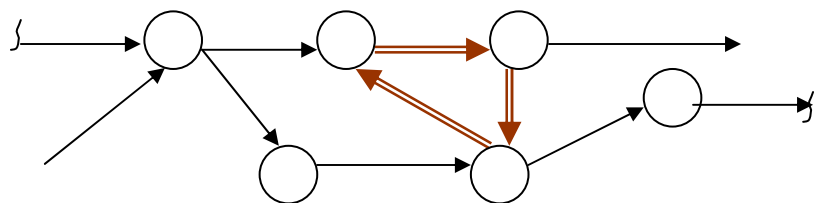


Fig.6.6 – Exemplo de Ciclo

Quando se utiliza algum programa computacional, ou mesmo um algoritmo, o sistema entrando em “looping” passa a trabalhar de modo circular sem se finalizar.

Caso isto aconteça, torna-se necessário redefinir ou reprogramar a rede.

6.4.2.3 – Unicidade de Atividades.

A aplicação do PERT/CPM, utilizando o método de flechas ou americano, recomenda que, entre dois eventos consecutivos,

ocorra apenas uma única atividade. No caso da rede Roy, ou método francês, tal exigibilidade não ocorre. Ver. Fig.6.7.

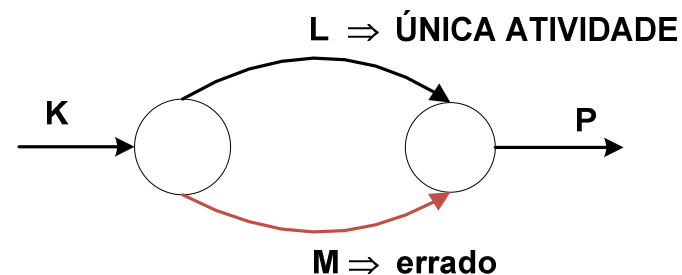


Fig.6.7 – Unicidade das Atividades

Havendo a necessidade de estabelecer duas atividades entre dois eventos consecutivos, o artifício proposto é criar uma atividade denominada de “fantasma”, a ser discutida no item a seguir.

6.4.2.4 – Atividade Fantasma ou Fictícia.

A atividade fantasma, ou fictícia, é um artifício utilizado visando facilitar a representação gráfica, mantendo a condição de unicidade de atividades entre eventos consecutivos.

É interessante notar que a atividade fantasma é utilizada somente no método americano. As redes elaboradas segundo o método Frances prescindem de tal artifício, já que os nós representam atividades, diferentemente do método americano onde representam eventos.

A necessidade de interpor uma atividade fantasma ocorre quando há uma repetição de dependência. A repetição de dependência é caracterizada quando uma atividade é dependente de duas ou mais atividades que lhe são precedentes.

Pode-se definir atividade fantasma como a representação de uma atividade que visa solucionar problemas de interdependência entre atividades ou estabelecer uma melhor comunicação gráfica.

Como a atividade fantasma é um artifício, ela não tem atributo. Por convenção, sua duração é zero sendo representada por uma linha tracejada.

As atividades fantasma são divididas em quatro grupos:

- a) De interdependência;
- b) De codificação;
- c) De comunicação;
- d) De interface ou correlação.

Regra Prática

Havendo repetição de dependência entre atividades é possível ocorrer a necessidade da interposição de atividade fantasma.

a) Atividade Fantasma de Interdependência.

Este tipo de atividade fantasma surge da necessidade de representar, graficamente, uma interdependência que altera a lógica do projeto. Neste caso, uma atividade é dependente de duas ou mais atividades que lhes são predecessoras.

Como exemplo, seja a construção de um prédio de múltiplos pavimentos em que as atividades especificadas pela letra E representam a estrutura. As atividades especificadas pela letra A representam a alvenaria de tijolos. Ver Fig. 6.8.

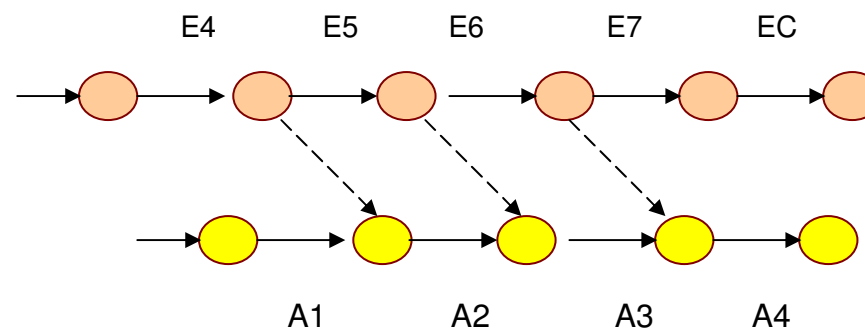


Fig. 6.8– Atividade Fantasma de Interdependencia

Devido a tecnologia de execução adotada, a atividade A2, representativa da alvenaria do segundo pavimento, será realizada após concluída a alvenaria do primeiro piso, A1. Porém, A2 somente poderá ser realizada depois de concluída a estrutura do quarto pavimento, A4.

Assim sendo, existe uma dupla dependência da atividade A2. Ela depende, para ser executada, das atividades A1 e A4.

Graficamente, então, a atividade A2 é representada em segmento da atividade A1. E, uma atividade fantasma - representada por linha pontilhada - exprime a interdependência da atividade A2 com o final da atividade E4.

A interposição de atividade fantasma, no exemplo acima, repete-se para as demais atividades de alvenaria, pois sujeitas à dupla dependência, quais sejam a atividade de alvenaria relativa ao pavimento precedente e a estrutura em condições de receber carga.

a) Atividade Fantasma de Codificação.

A atividade fantasma de codificação serve para garantir a unicidade de atividades paralelas ou seja, atividades com parte ou o total do seu tempo de execução realizado simultaneamente com outra atividade e, cujos eventos de início e de fim sejam os mesmos.

No exemplo da Fig. 6.9, a garantia de unicidade das atividades A e B, é mantida ao se interpor uma atividade fantasma de codificação, b^* , no evento final da atividade B

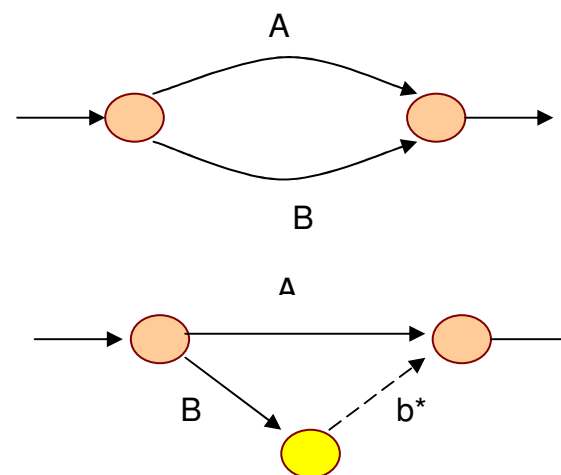


Fig. 6.9 – Atividade Fantasma de Codificação

c) Atividade Fantasma de Comunicação.

A atividade fantasma de comunicação não expressa relação de interdependência entre atividades.

Ela é utilizada com objetivo eminentemente gerencial e visa facilitar o processo de comunicação e garantir que duas ou mais atividades estejam concluídas em um mesmo evento predeterminado.

Servem, pois, para apurar o processo de controle, correlacionando datas desejadas.

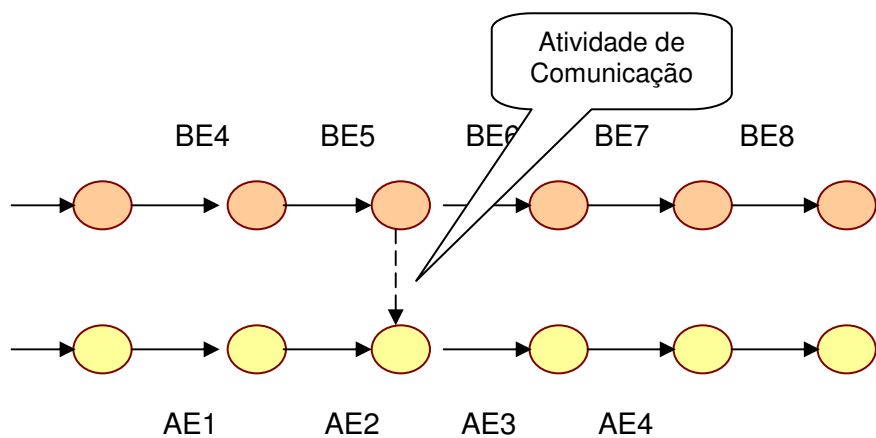


Fig. 6.10 – Atividade Fantasma de Comunicação

O exemplo da Fig.6.10, considera a execução de duas estruturas relativas a dois blocos de edifícios de múltiplos andares, A e B, a serem realizados simultaneamente

A interposição de uma atividade fantasma de comunicação no final das estruturas AE2 e BE5 estabelece que as mesmas, por motivo gerencial, estejam conclusas na mesma data.

d) Atividade Fantasma de Interface ou Integração.

O objetivo da atividade fantasma de interface ou integração é correlacionar redes elaboradas independentemente numa rede única, fazendo com que a rede unificada disponha de um único evento início e de um único evento final.

Na realidade, a atividade fantasma de interface é uma atividade fantasma de interdependência na qual são correlacionados, apenas, os eventos de início e fim de cada uma das redes singulares.

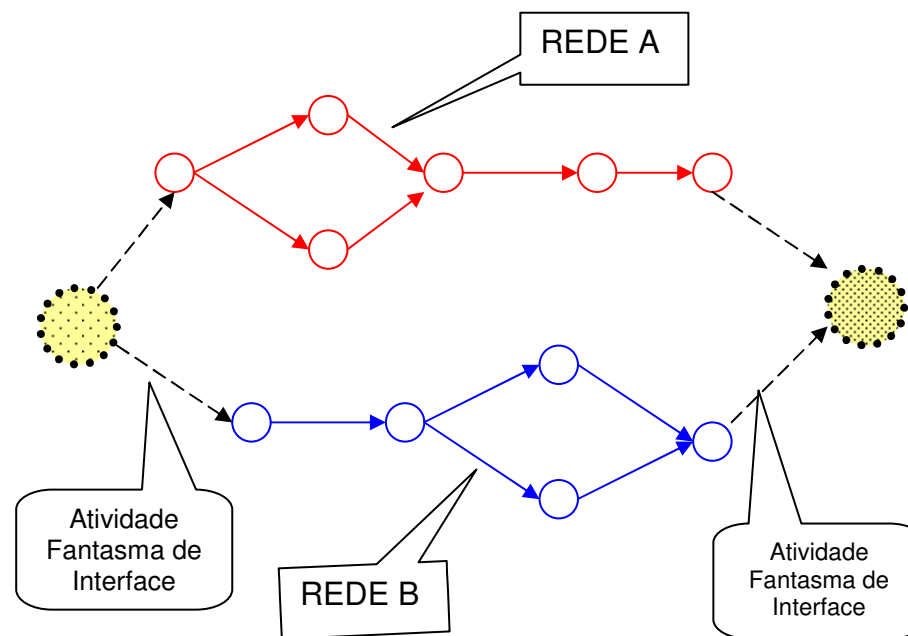


Fig. 6.11 – Atividade Fantasma de Intearação

No exemplo da Fig. 6.11. a Rede-A foi elaborada independentemente da Rede-B. Como as duas redes referem-se a um mesmo projeto, a integração destas redes foi efetuada adotando atividades fantasmas de integração ou interface.

Operacionalmente, após dispor das redes singulares, são definidos dois novos eventos, um de início e outro de final da rede, a serem integrados por meio de atividades fantasmas.

Ao evento inicial da rede integrada é atribuída a data inicial do programa. Ao evento final da rede integrada é atribuído o maior tempo final apresentado por uma das redes singulares.

Definido o novo evento de fim, os eventos constitutivos das redes que apresentarem menor duração deverão ser recalculados.

O procedimento em questão permite aumentar a duração do caminho crítico da rede de menor duração e, conseqüentemente, reduzir os recursos alocados a ela, especialmente o pessoal mobilizado, que pode ser mobilizado em atividades mais críticas.

6.4.2.5 – Tempos em Atividades Fantasmas.

Ocorrendo a existência de atividade fantasma recomenda-se precaução quanto à definição dos tempos conexos aos eventos interligados por este tipo de atividade, especialmente quanto ao tempo mais tarde dos eventos.

Isto porque, como a duração da atividade fantasma é zero, o tempo dos eventos ligados por atividades fantasma é o mesmo, já que todas as atividades deverão estar concluídas na mesma data.

E, este tempo mais tarde que define estar todas as atividades concluídas numa mesma data.

Matematicamente falando, $T_1 + 0 = T_2 = T_1$



Fig.6.12 – Tempos em Atividade Fantasma

Para entendimento da assertiva acima, sejam consideradas três atividades, A, B e C, a serem executadas simultaneamente e delimitadas pelos mesmos eventos E₁ e E₂:

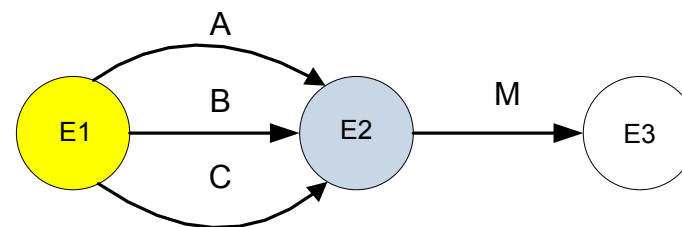


Fig.6.13 – Atividades em Paralelo

A unicidade das atividades é garantida pela interposição de atividades fantasmas que geram eventos auxiliares, conforme desenho da Fig. 6.13.

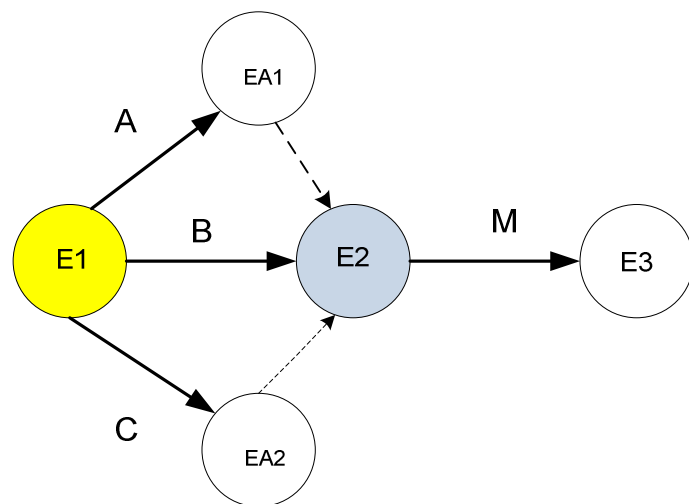


Fig.6.13 – Atividades em Paralelo

Alerta-se que os eventos ligados por atividades fantasmas devem apresentar o mesmo tempo de fim, TTF.

Operacionalmente isso se justifica porque as atividades que precedem a esses eventos devem estar concluídas em uma mesma data para que a atividade subsequente seja iniciada, no caso a Atividade M. E a data que propicia esta coincidência é a data mais tarde de fim, mormente quando as atividades a serem executadas em paralelo dispõem de durações distintas.

Assim, os tempos mais tarde dos eventos são coincidentes. Logo, $TTF(E_2) \equiv TTF(EA1) \equiv TTF(EA2)$.

Como exemplo numérico, seja a rede da Fig.6.14, em que o a rede tem o evento inicial apresentando o tempo Mais Cedro de Início igual ao Tempo Mais Cedro de Fim, correspondendo a data 23. As atividades A, B, C e M apresentam como atributo, respectivamente, 7, 9, 5 e 8 tempos.

As atividades A, B e C devem estar conclusas no tempo 32 ou seja, Tempo Mais Tarde de Fim, para que se possa dar início à atividade M e que esta esteja concluída no tempo 40.

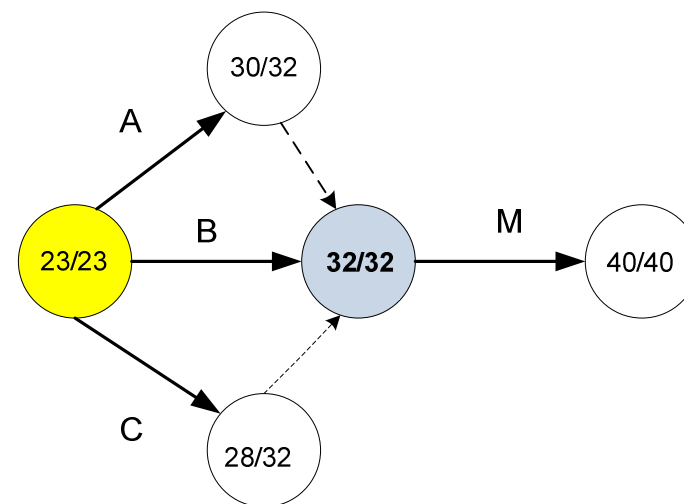


Fig.6.14 – Atividades Fantasma

Por ultimo alerta-se que, ao ser elaborada uma rede de planejamento PERT/CPM adotando o método americano ou de setas, constatada a existência de repetição de dependência entre atividades, ocorre a possibilidade da interposição de atividade fantasma.

6.5 – Algoritmo de Um Passe.

O algoritmo de Um Passe é recomendado para calcular os tempos mais cedo e mais tarde dos eventos de uma rede e, em consequência, possibilita estabelecer o respectivo Caminho Crítico. (SILVEIRA, 1979).

O algoritmo leva esta denominação porque os tempos dos eventos são calculados um a um, na ordem de acontecimento.

O processo é efetuado em duas etapas. Na primeira etapa determina-se o tempo mais cedo de cada evento, começando no evento inicial e terminando no evento final da rede.

Na segunda etapa, determina-se o tempo mais tarde de cada evento. O processo é iniciado pelo evento final da rede e segue na ordem inversa de cada arco até ao evento inicial da rede.

I – Determinação do Tempo Mais Cedo do Evento.

- 1º. Associar ao nó inicial a época zero, deixando os demais nós indefinidos quanto à época.

$$T_C (\text{inicial}) = \text{zero}$$

- 2º. Somar na data(s) do nó(s) subsequente(s), a duração de cada atividade que comece neste nó. Assim é obtido um ou mais valores, segundo o número de atividades que chegam ao nó. Será SEMPRE escolhida como data do Tempo Mais Cedo, T_C , a que apresentar o MAIOR VALOR.

$$T_C (k) = T_C (k - 1) + d_n$$

- 3º. Sempre seguindo o sentido das atividades, repetir o item anterior até chegar ao último nó da rede.

II - Determinação do Tempo Mais Tarde do Evento.

- 1º. Neste caso, o processo é iniciado pelo último nó da rede.

O tempo mais tarde do evento final é associado ao tempo do evento mais cedo do mesmo nó.

$$T_C (\text{final}) = T_T (\text{final})$$

- 2º. O algoritmo de um passe é aplicado, no caso de determinação do tempo mais tarde, $T_T (k)$, iniciando no nó final da rede em direção ao nó inicial, isto é, em sentido contrário ao das flechas;

- 3º. Seguindo sempre no sentido inverso de cada arco, o tempo mais tarde do nó anterior é obtido diminuindo a duração da atividade do nó precedente.

- 4º. Caso o nó em consideração seja um vórtice, deve ser escolhido como tempo mais tarde aquele que apresentar o menor valor.

$$T_T (k-1) = T_T (k) - d_n$$

6.5.3 – Aplicação ao Método Americano.

Considerando o projeto definido pela rede que dispõe de seis eventos e cujas durações das atividades estão expressas no desenho a seguir, pede-se:

- a) O tempo mais cedo de cada evento;
- b) O tempo mais tarde de cada evento;
- c) O caminho crítico e suas atividades.

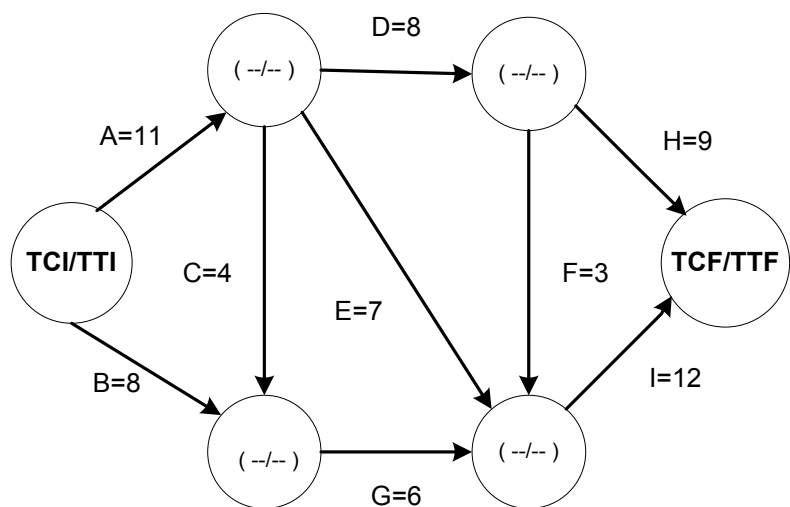


Fig.6.15 – Rede de Planejamento

I - Cálculo dos Tempos Mais Cedo.

Como já comentado, o processo é iniciado pelo cálculo dos tempos mais cedo de cada evento, começando pelo evento início da rede, TCI, e se estendendo até o tempo mais cedo do evento final da rede, TCF.

1º Passo: associa-se ao evento inicial da rede o valor zero.

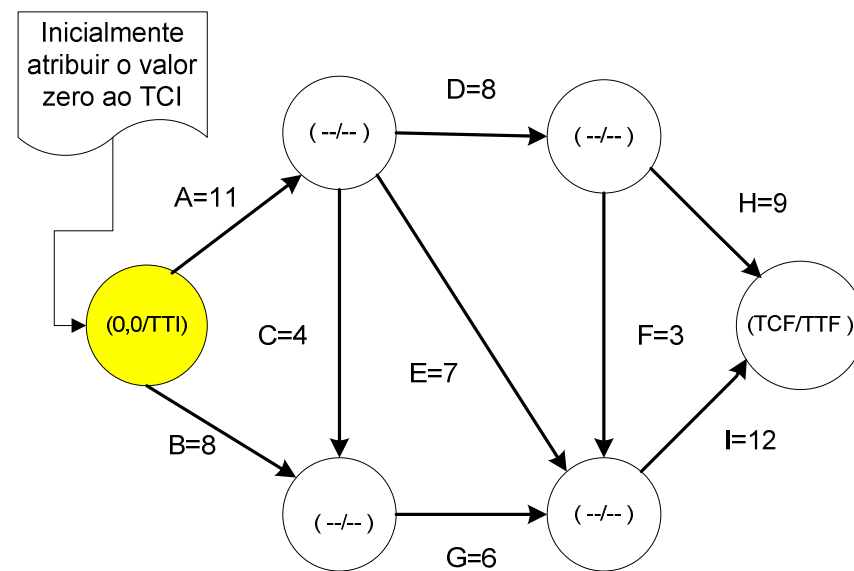


Fig.6.16 – Início Algoritmo de Um Passo

2º Passo: Calcula-se o tempo mais cedo de cada evento, evento a evento, atendendo a ordem natural em que ocorrem, avançando do início até ao final da rede.

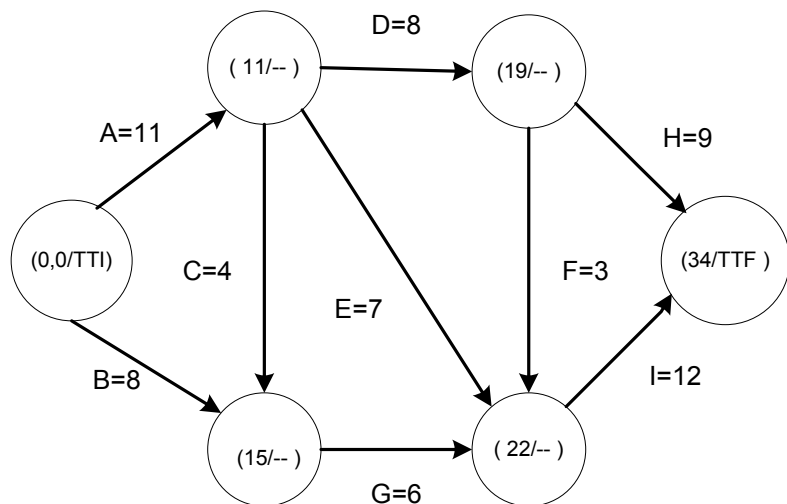


Fig.6.17 – Determinação dos Tempos Mais Cedo dos Eventos

Havendo mais de uma atividade sendo concluída num dado evento, o tempo mais cedo associado ao evento corresponde à duração da atividade que apresentar MAIOR valor.

II - Calculo do Tempo Mais Tarde

1º Passo: O calculo do tempo mais tarde de cada evento inicia-se com o evento final da rede, associando ao tempo mais tarde de conclusão o mesmo valor do tempo mais cedo de conclusão da rede.

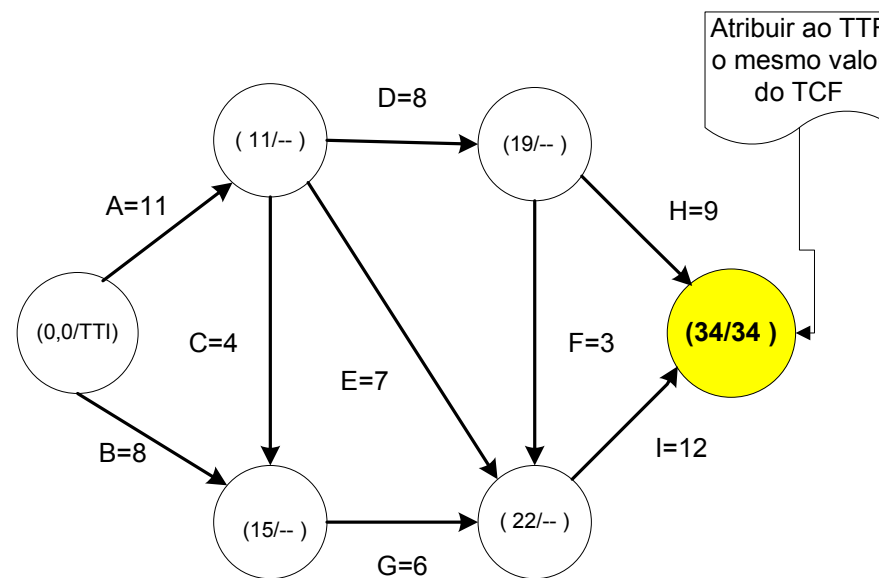


Fig.6.18 – Determinação do TTF da Rede

2º Passo: Calcula-se o tempo mais tarde, evento a evento, na ordem em que ocorrem, retrocedendo do evento final até chegar ao evento inicial da rede.

$$T_T (k-1) = T_T (k) - d_n$$

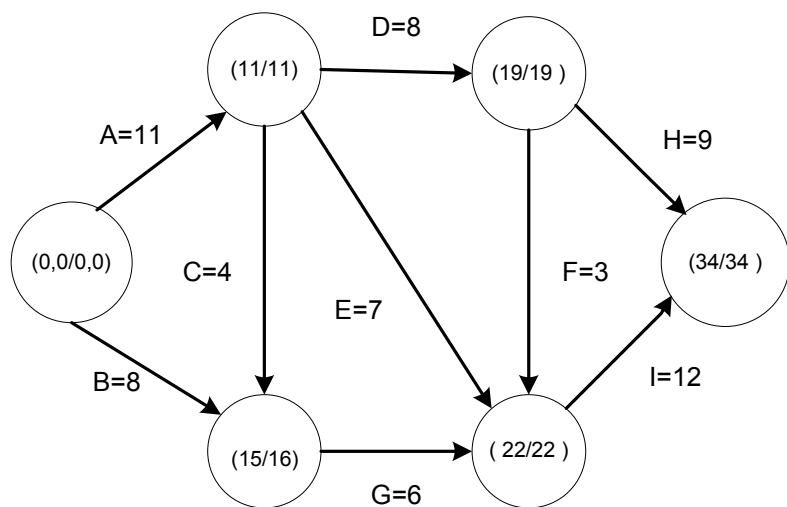


Fig.6.19 – Calculo dos Tempos Mais Tarde dos Eventos da Rede

III – Determinação do Caminho Crítico.

O caminho crítico é formado pelas atividades que apresentarem folgas de atividade e de evento com valores iguais a zero. No desenho da Fig. 6.20, elas estão ressaltadas com setas cujo corpo é mais largo que as demais, sendo o caminho crítico composto pelas seguintes atividades: A→ D→ F→ I.

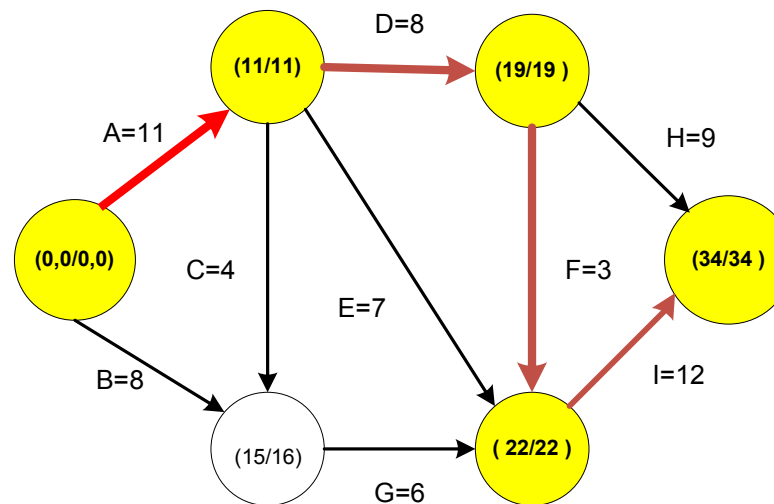


Fig.6.20 – Determinação do Caminho Critico

Havendo mais de uma atividade sendo iniciada num dado evento, o tempo mais tarde associado a este evento corresponde à duração da atividade que apresentar o MENOR valor.

Neste exemplo foi considerada uma única data de final para a conclusão do programa. Ou seja, 34 tempos.

Havendo possibilidade de iniciar o programa com folga, esta folga deverá ser considerada e acrescida ao tempo mais tarde do evento final da rede. Utilizando este artifício, todos os tempos mais tarde dos eventos passarão a exprimir esta folga em relação ao tempo mais cedo do mesmo.

Por exemplo, havendo uma folga de três (3) tempos para o início do programa, esta folga deverá ser considerada quando se definir o tempo mais tarde do evento final da $T_T = 34+3=37$. Em conseqüência, todos os tempos mais tarde dos eventos integrantes do caminho crítico apresentarão um valor três unidades maior que o tempo mais cedo.

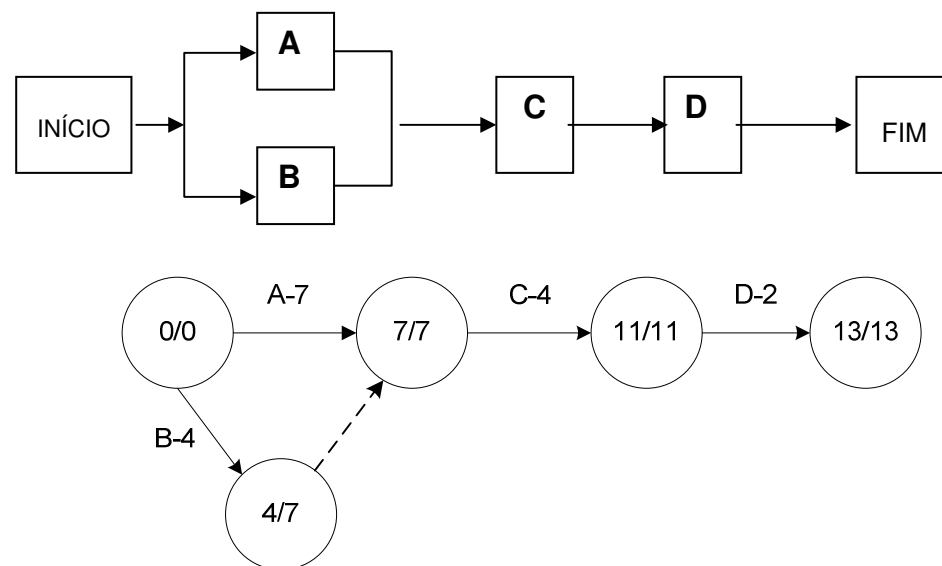


Fig.6.21 – PERT-CPM: Métodos Frances e Americano

6.6 – Método Francês ou Rede de Roy.

O Método Francês, também denominado de rede de blocos ou redes de Roy, foi desenvolvido pelo matemático francês Roy.

Neste formato, os nós, representados por blocos, especificam o nome da atividade, o seu atributo tempo bem como a folga total. As setas, por sua vez, indicam, simplesmente, relações de precedência entre atividades. Porém, o modo de calcular tempos e folgas é similar ao método americano.

Visando comparar as duas redes, as Fig^s. 6.21 e 6.22 mostram duas versões gráficas de uma mesma rede elaboradas, respectivamente, pelo método francês e pelo método americano. As duas redes representam uma mesma EAP.

Ao ser elaborada uma rede Roy, é recomendável caracterizar o evento início e o final da rede por um bloco de início e outro de fim.

Este procedimento permite a perfeita caracterização do início e do final da rede. Caso contrário poder-se-á obter uma rede que apresente diversos inícios ou finais, fato que colide com as exigibilidades contratuais e, também, pode levar a equívocos quanto à determinação dos tempos de início e de fim de cada atividade intermediária da rede.

Alguns softwares, a exemplo do Microsoft-Project e do Primavera, apresentam as redes de planejamento pelo método em pauta dada a fácil visualização e entendimento dos mesmos.

6.6.1 – Metodologia.

Como comentado anteriormente, em redes tipo Roy ou de Blocos, os nós caracterizam atividades e as setas simples relações de precedência.

1º Passo: Em cada bloco, é registrado o nome da atividade, sua duração, a folga total, e os tempos mais cedo e mais tarde, de início e de fim da atividade, conforme abaixo.

NOME DA ATIVIDADE	
d Duração	F _T Folga Total
TCI Tempo mais Cedo de Início	TCF Tempo mais Cedo de FIM
TTI Tempo mais Tarde de Início	TTF Tempo mais Tarde de FIM

2º Passo: Os tempos que caracterizam os eventos de início e de fim das atividades e a folga total são calculados a partir dos tempos estabelecidos e da duração, conforme abaixo:

$$TCF = TCI + d \quad e, \quad TTF = TTI + d \quad \therefore$$

$$d = TCF - TCI = TTF - TTI$$

3º Passo: A folga total, de igual valor para os dois tipos de tempo, é dada por:

$$F_T = TCF - TCI = TTF - TTI$$

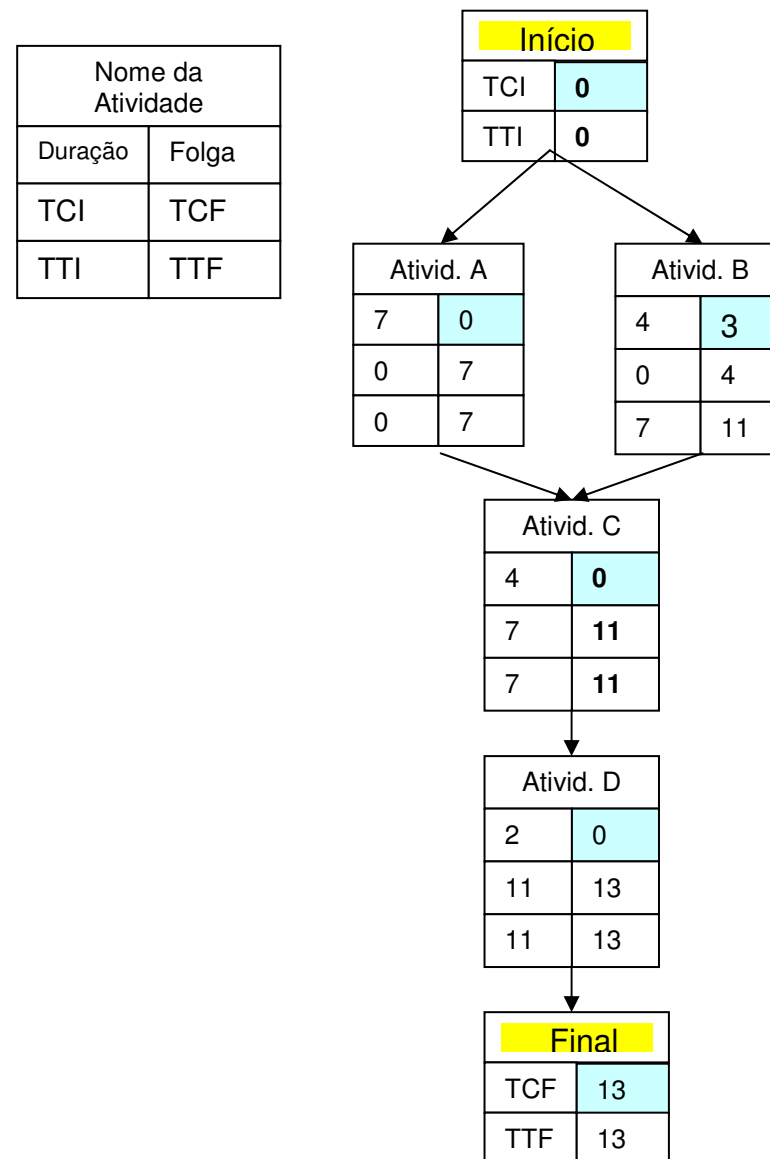
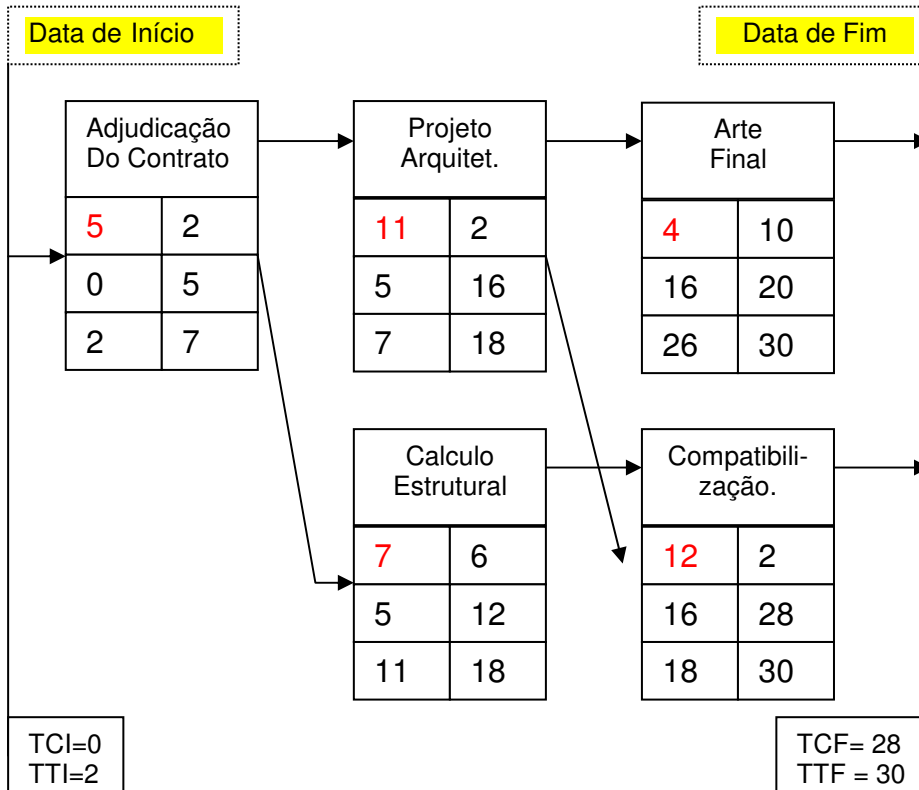


Fig.6.22 – Exemplo de Rede – Método Franceses

6.6.2 – Exercício.

Conhecidos os tempos de duração das atividades, seja calcular as datas mais cedo, mais tarde e as folgas na rede abaixo.



6.7 – Integração de Projetos.

6.7.1 – Metodologia.

Para facilitar o planejamento de um empreendimento, existem casos em que é recomendável subdividi-lo em diversos projetos, dado as características e as especificidades de cada projeto singular. E, para cada projeto singular, efetuada uma rede de planejamento própria.

Após a elaboração de cada rede singular, elas deverão ser integradas, visando compatibilizar os eventos do empreendimento como um todo, especialmente suas datas de início e de fim. Para tanto, são utilizadas atividades fantasma de integração.

A integração de projetos pode ocorrer de duas formas:

- i) Visando a coincidência, apenas, dos eventos iniciais e/ou finais do programa final. Neste caso a atividade fantasma a ser utilizada é denominada de Atividade Fantasma de Comunicação.
- ii) Ou, visando estabelecer a mesma data para eventos intermediários, denominadas de datas marco. Este procedimento, para atender interesses do contratante e mesmo da compatibilização de atividades de empreiteiros ou fornecedores distintos. E, neste caso, utiliza-se a Atividade Fantasma de Interface.

As datas marco, geralmente são impostas pelo contratante quando determina as datas de início ou fim de determinados eventos. Ou então, dado as condições de fornecimento de

determinado equipamento a ser incorporado ao projeto que restringe o início de outras atividades da rede.

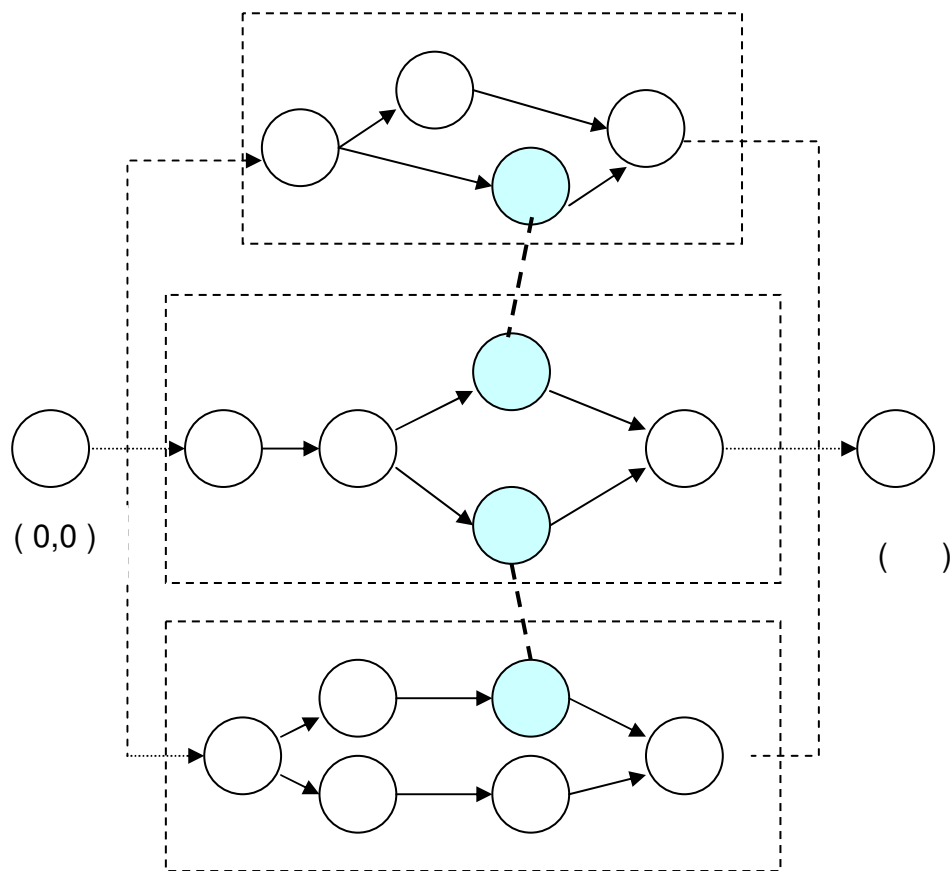
Recomenda-se seguir a seguinte metodologia quando se precede a integração de projetos:

- 1º. Elaborar uma rede PERT/CPM para cada projeto singular, individualizadamente;
- 2º. Calcular os tempos mais cedo e mais tarde, de início e de fim, da rede de cada projeto singular.
- 3º. Adotar para tempos mais cedo de fim e mais tarde de fim do empreendimento, àqueles correlatos à rede singular que apresentar maior tempo de duração;
- 4º. Integrar os eventos, final e inicial, de cada projeto singular a um evento final, utilizando atividades fantasmas de Comunicação;
- 5º. Efetuar o replanejamento da rede, adotando para todos os projetos os tempos finais definidos segundo o item anterior;
- 6º. Definir, nos projetos parciais, eventos que deverão apresentar idênticos tempos de início e de fim. Isto é, que sejam definidos como tendo a mesma data marco;
- 7º. Unir os eventos onde foram estabelecidas as mesmas datas marco com Atividades Fantasmas de Integração;
- 8º. Nas datas marco, a data a ser adotada como MCI e MTI do evento integrado, será aquela que apresentar o maior tempo nos eventos singulares;

9º. Após a integração, isto é, a definição realizada no item anterior efetuar uma nova reprogramação considerando as datas a serem equalizadas.

10º. Esta nova reprogramação é que estabelecerá as datas dos eventos conexos a cada atividade do empreendimento.

6.10.2 – Aplicação.



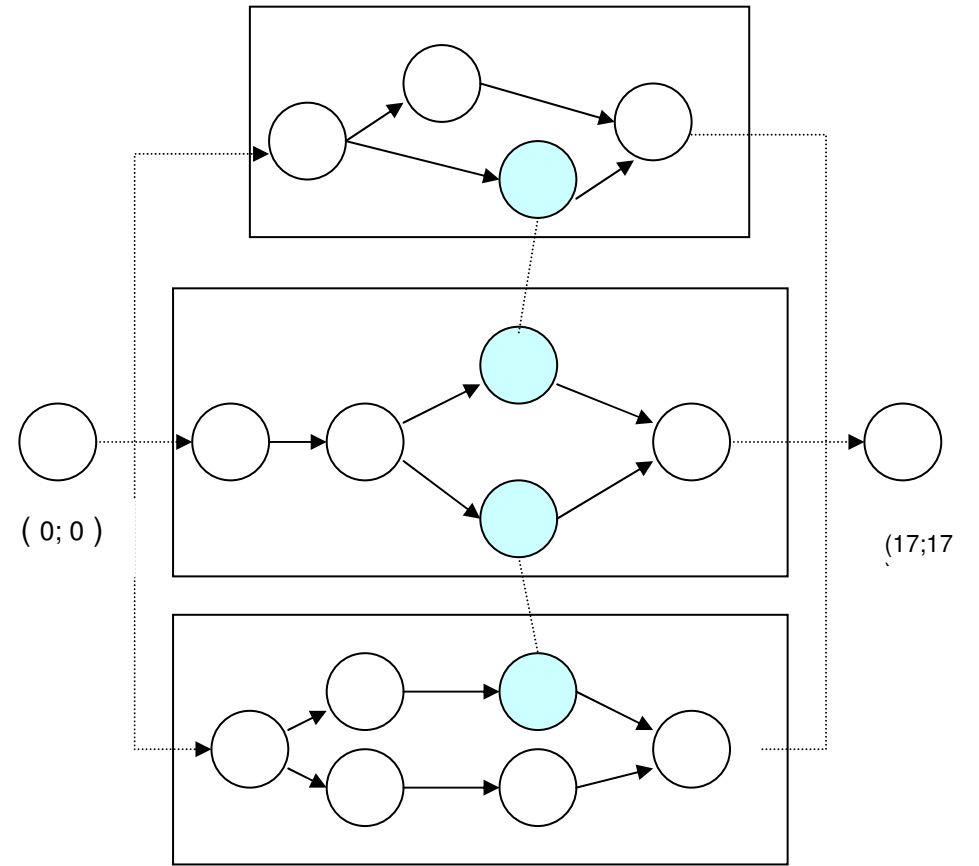
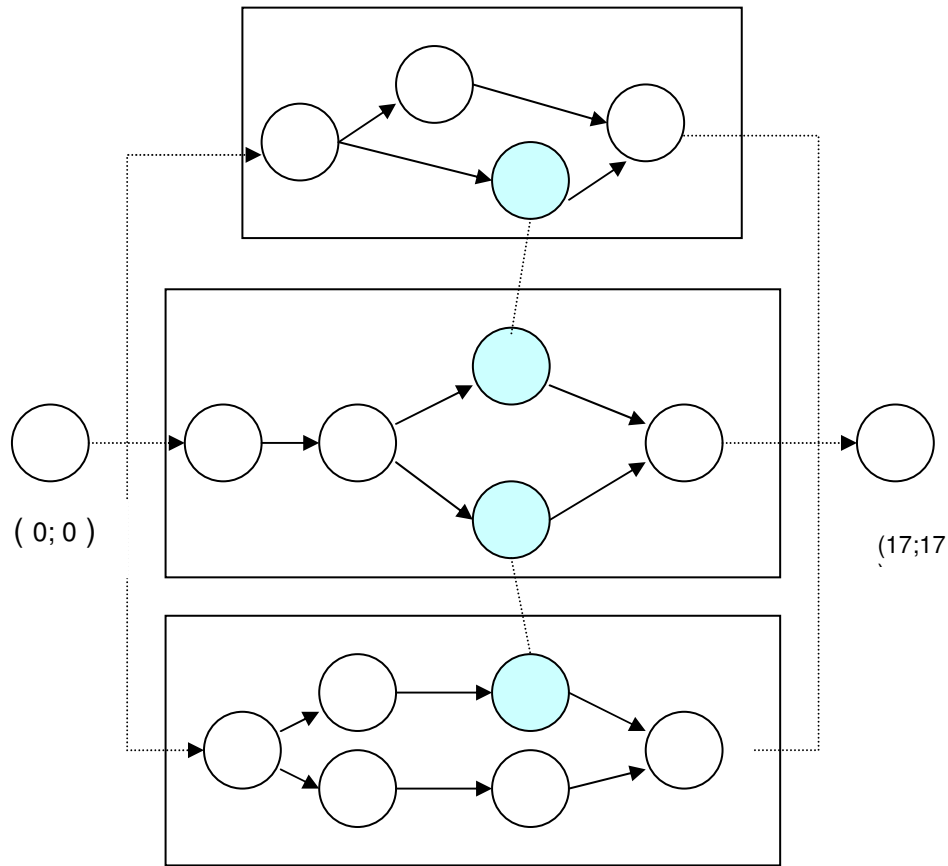
Um empreendimento de grande porte foi dividido em três partes, visando à facilidade de planejamento e de execução, denominadas de Alfa, Gama e Delta.

O planejamento de cada uma das partes foi elaborado independentemente.

Solicita-se efetuar a integração dos mesmos, o que permitirá definir a data final do empreendimento global e as datas dos eventos dos projetos singulares correlacionadas ao evento final.

Além disso, as atividades D&K e, L&X, devem ser iniciadas nas mesmas datas, por força contratual.

Empreendimento Global – Tempo em meses			
Projeto	Atividade	Dependência	Duração
ALFA	A	---	4
	B	A	6
	C	---	7
	D	C	5
GAMA	H	---	4
	I	H	4
	J	H	5
	K	I	6
DELTA	L	J	7
	S	---	4
	T	---	5
	U	S	6
	V	T	6
	X	U	5
	Z	V	6



6.8 - Programações em PDI & UDI.

6.8.1 – Definições.

Com o advento dos programas computacionais o diagrama de Gantt, o cronograma físico financeiro e o fluxo de caixa, passaram a ser um produto das redes PERT/CPM.

Assim sendo, os óbices à utilização destas ferramentas, conforme relatadas no Capítulo 4, deixaram de existir. A representação gráfica da rede dos projetos indica as relações de dependências entre as tarefas; dado a rapidez dos processos computacionais tornaram-se fácil a reprogramação e a simulação de diversos cronogramas. Conseqüentemente, estas ferramentas passaram a ser utilizadas em grandes projetos.

Dada a facilidade de reprogramação, podem-se realizar, facilmente, três distintas possibilidades cronograma: planejamento em primeira data de início - PDI; planejamento em última data de início - UDI; planejamento intermediário.

a) No planejamento em PDI, toda atividade não críticas é programada para ser iniciada em sua data mais cedo de início. Deste fato decorre um adiantamento no cronograma físico-financeiro, propiciando uma antecipação dos investimentos.

b) No planejamento em UDI, toda atividade não críticas é programada para estar conclusa em sua data mais tarde de fim. Deste fato decorre um adiamento no cronograma físico-financeiro, causando uma postergação dos investimentos.

c) O planejamento intermediário corresponde a uma programação efetuada entre as duas anteriores, em que as atividades são ajustadas segundo a disponibilidade de recursos.

Ressalta-se que somente podem ser reprogramadas as atividades não críticas. Mantida a data final do projeto, as atividades críticas não podem ser reprogramadas pois podem acarretar atraso nessa data.

O fluxo de caixa, por sua vez, é decorrente do somatório dos custos realizados, por atividade, a cada período.

6.8.2 – Metodologia.

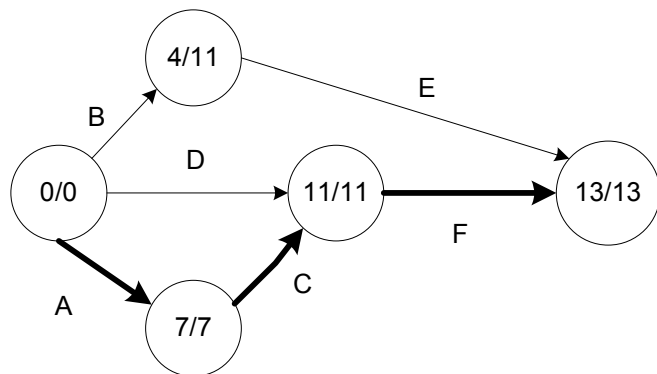
A metodologia de reprogramação segue os seguintes passos:

- 1º. Definir o rol de atividades do projeto, da obra, ou do empreendimento;
- 2º. Definir o tempo de duração das atividades;
- 3º. Traçar a rede PERT;
- 4º. Calcular os tempos Mais Cedo e Mais Tarde de Início de cada atividade (TCI & TTI) e as Folgas das atividades;
- 5º. Analisar as folgas. E, distribuir, num diagrama de tempo, a execução de cada atividade visando aproveitar ou otimizar recursos disponíveis, segundo a disponibilidade das folgas.

6.8.3 – Exemplo.

Seja elaborar um diagrama de Gantt conhecida a EAP do projeto.

Estrutura Analítica do Projeto					
Atividade	Dep.	Duração	Custos mil R\$	Tempo Início	Tempo Fim
A	---	7	35	TI = 0	TF = 7
B	---	4	12	TI = 0	TF = 4
C	A	4	16	TI = 7	TF = 11
D	C	2	18	TI = 11	TF = 13
E	B	5	15	TI = 4	TF = 13
F	C;D	5	25	TI = 0	TF = 11



Elaborando o diagrama de Gantt utilizando a primeira data de início – PDI – das atividades, pode-se constatar que o caminho crítico é integrado pelas atividades A, C, F. Estas atividades apresentam continuidade de execução sem constar folgas entre o evento início e o evento final do programa.

E, que as atividades B, D e E são não - críticas, pois apresentam folga total.

a) Programação em PDI																
Ativ.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
A	5															
B	3															
C								4								
D	9															
E					3			3								
F												5				
Fluxo Caixa	17	17	8	8	8	8	8	7	7	4	4	5	5	5	5	5

b) Programação em UDI																
Ativ.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
A	5															
B								3								
C								4								
D										9						
E												3				
F												5				
Fluxo Caixa	5	5	5	5	5	5	7	7	7	16	16	8	8	8	8	8

c) Programação Intermediária																
Ativ.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
A	5	5	5	5	5	5	5									
B	3	3	3	3												
C								4	4	4	4					
D										9	9					
E					3	3	3	3	3							
F												5	5	5	5	5
Fluxo Caixa	8	8	8	8	8	8	8	7	7	13	13	5	5	5	5	5

Na programação intermediária as atividades não-críticas podem ser desenvolvidas considerando as folgas disponíveis, mantida as relações de precedência.

Comentando o exemplo de programação intermediária, verifica-se que no arranjo adotado efetuado, as atividades B, D e E podem ser realizadas em de forma contínua, o que não ocorre nas programações em UDI e PDI.

Tal fato permite uma reanálise e realocação dos custos, especialmente quanto àqueles realizados em equipamentos e mão de obra.

A realocação pode ser efetuada de dois modos:

i) variando a data de início da atividade não crítica considerando a folga disponível;

ii) aumentando a duração da atividade, com a adequada redução de recursos mobilizados, ou seja, de pessoal e equipamentos.

Quando apenas é variada a data de início de uma atividade, a quantidade dos recursos mobilizados permanece constante.

Porém, quando se aumenta a duração da mesma com a conseqüente redução da folga total, ocorre uma liberação de pessoal e equipamentos que podem ser realocados em outras atividades, decorrendo na redução desses custos diretos incorridos.

Finalizando, ressalta-se que, comumente, o planejamento não é um processo que se decide ou se conclui na primeira tentativa realizada. Cabe ao gestor verificar qual a alternativa a ser adotada que permita a melhor rentabilidade ou a maior redução de custos dos projetos.

6.9 – Exercícios.

6.9.1 – Elaborar, utilizando o método americano e o método Frances, a rede de planejamento do projeto dispondo de sua estrutura analítica conforme abaixo:

ID	Atividade	Dependência
A	Locação da obra	Não tem
B	Escavação das fundações	A
C	Confecção de formas de madeira	Não tem
D	Confecção das armaduras	Não tem
E	Colocação das formas	B,C
F	Colocação das armaduras	E,D
G	Produção de concreto "in loco".	F
H	Lançamento/adensamento do concreto	G

6.9.2 - Elaborar: a rede PERT-CPM do projeto caracterizado por suas atividades, utilizando o método francês e o americano; e, o cronograma físico-financeiro.

ID	Atividade	Dependência	Duração Meses	Custo R\$ mil
1	A	Nenhuma	1	3
2	B	A	2	5
3	C	A	3	7
4	D	A	3	8
5	E	D	4	9
6	F	C, E	5	7
7	G	B	3	4
8	H	E	4	5
9	I	F, G, H	2	3

Obs: havendo repetição de dependência é possível ocorrer à necessidade de interpor atividade fantasma ao adotar o método americano

6.9.3 - Elaborar: a rede PERT-CPM do projeto caracterizado por suas atividades, utilizando o método francês e o americano; E, o cronograma físico-financeiro.

ID	Atividade	Precedência	Duração Meses	Custo R\$ mil
1	A	Nenhuma	2	5
2	B	Nenhuma	1	6
3	C	Nenhuma	4	3
4	D	C	3	8
5	E	A	4	9
6	F	A, B, C	5	7
7	G	E	3	4
8	H	D	4	5
9	I	F, G, H	2	3
10	K	I	3	8

Obs: havendo repetição de dependência é possível ocorrer à necessidade

de interpor atividade fantasma ao adotar o método americano.

6.9.5 - Elaborar: a rede PERT-CPM do projeto caracterizado por suas atividades, utilizando o método francês e o americano; e, cronograma físico-financeiro.

ID	Atividade	Dependência	Duração Semanas	Custo R\$ mil
1	A	Nenhuma	1	3
2	B	Nenhuma	2	5
3	C	Nenhuma	3	7
4	D	C	3	5
5	E	A	2	2
6	F	B, D	1	4
7	G	C	3	1
8	H	C	4	5
9	I	F, G, A	5	4
10	J	F, G, A	2	8
11	K	E, F	3	9
12	L	K, I	4	12
13	M	L, H	3	5

Obs: havendo repetição de dependência é possível ocorrer à necessidade de interpor atividade fantasma ao adotar o método americano.

6.9.6 - Dada uma rede expressa por suas atividades, referente a construção de uma edificação de múltiplos pavimentos e composta de pavimento térreo, três pavimentos tipo e do ático, solicita-se:

- Elaborar a rede PERT/CPM pelo método americano;
- A duração do programa e as datas mais cedo e mais tarde de início e final de cada atividade;

- Estabelecer o caminho crítico.
- Elaborar o fluxo de caixa.

ID	Atividade	Precedência	Duração	Custo R\$ 10 ⁴
1	Instalações	---	1	3,00
2	Escavações	1	2	6,00
3	Estrutura-1	2	3	9,00
4	Estrutura-2	3	3	7,20
5	Estrutura-3	4	3	7,20
6	Estrutura-4	5	3	7,20
7	Estrutura-5	6	2	7,00
8	Alvenaria-1	4	2	2,00
9	Alvenaria-2	5;8	2	3,00
10	Alvenaria-3	6;9	2	3,00
11	Alvenaria-4	7;10	2	3,00
12	Alvenaria-5	11	1	2,00
13	Reboco-1	6;9	1	1,50
14	Reboco-2	10;13	3	6,00
15	Reboco-3	11;14	3	6,00
16	Reboco-4	12;15	3	6,00
17	Reboco-5	16	2	6,00
18	Desmobilização	17	1	3,00

Obs: havendo repetição de dependência é possível ocorrer à necessidade de interpor atividade fantasma ao adotar o método americano.

- Evitar a realização de mais de três atividades simultaneamente.
- Elaborar o cronograma físico financeiro e o fluxo de caixa.

ID	Atividade	Dependência	Volume de Serviço	Unidade	Índice De Produção	Preço Total R\$ 10 ³	Duração
1	A	---	600	m ³	150m ³ /sem	210,0	
2	B	---	1.200	un	400 un/sem	81,6	
3	C	---	5.200	m	1.300 m/sem	635,0	
4	D	A, B	1.500	m ³	250 m ³ /sem	93,0	
5	E	B, C	20.000	m	4.000 m/sem	178,0	
6	F	A,B	9.450	m ²	1.350 m ² /sem	113,4	
7	G	B,C	512	un	64 un/sem	60,0	
8	H	D, E, K	18.900	m ²	3.150 m ² /sem	122,0	
9	K	B	6.408	m ²	534 m ² /sem	387,0	

Obs: tempo em semanas

6.9.7 - Dado o programa abaixo, pede-se:

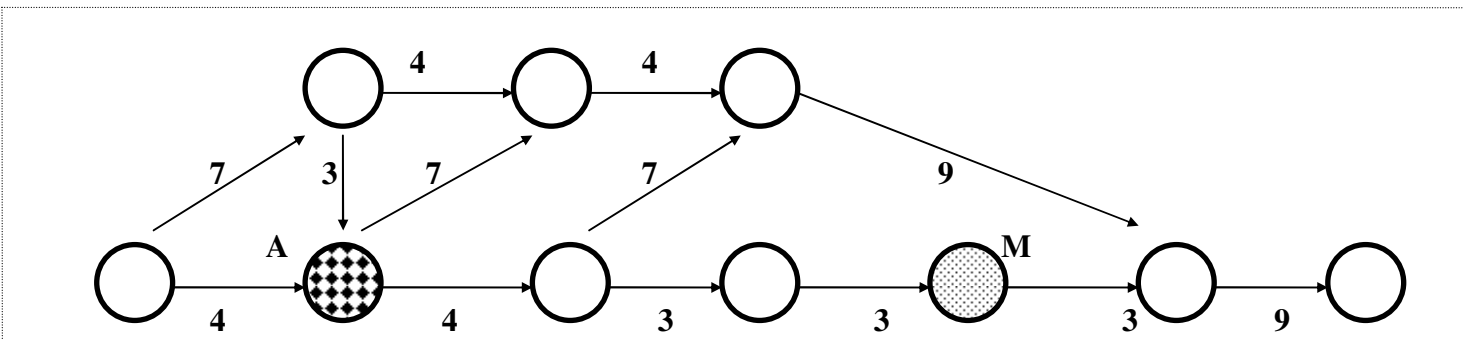
- Elaborar a rede PERT/CPM pelos métodos conhecidos;
- Elaborar o diagrama de Gantt com as seguintes restrições:
1^a - a equipe responsável pela execução da atividade F será a mesma que executou a D; 2^a - a equipe que executou a atividade E, responderá também pela atividade G.

Ativ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
A																						
B																						
C																						
D																						
E																						
F																						
G																						
H																						
K																						
FC																						
Σ																						

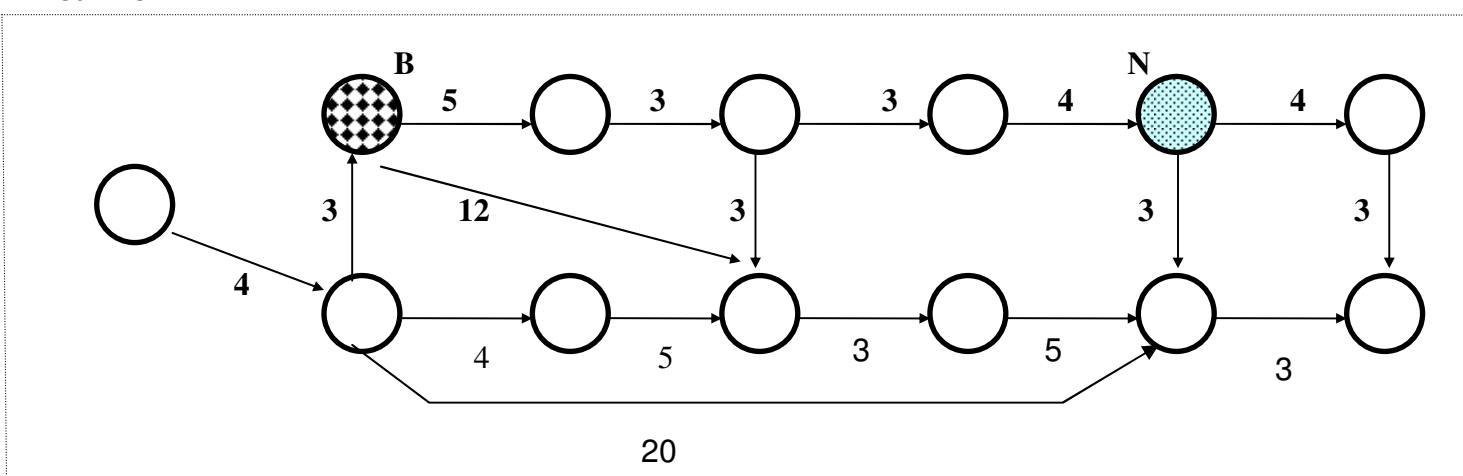
g) Efetuar a integração dos projetos Alfa e Beta cujas redes singulares foram resolvidas independentemente.

Há que se ter cuidado em compatibilizar estes projetos, pois, por imposição contratual, os eventos A&B e M&N, deverão ocorrer nas mesmas datas.

PROJETO “ALFA”



PROJETO “BETA”



6.10 – Curiosidade.

6.10.1 – Abrangência.

A metodologia em discussão pode ser adotada na realização de qualquer tipo de empreendimento tal como: desenvolvimento de um projeto complexo como o da construção de hidrelétrica, construção de edificação, montagem de equipamentos eletro mecânicos, lançamento de foguete aeroespacial, planejamento de um programa de treinamento esportivo de esporte coletivo, etc. E, até, para preparar um prato culinário.

Como exemplo prático da assertiva acima, a seguir é mostrado a elaboração de um prato da culinária chinesa denominado macarrão Yakisoba, efetuada pelo Eng^o Marco Heinzen enquanto estudante do curso de engenharia civil da UFSC e versado na arte culinária.

6.10.2 – O Caso

O Autor, após ter elaborado o acepipe em questão, resolveu desenvolver a EAP do trabalho realizado, tendo concluído que poderia tê-lo elaborado em 1½ horas, em vez das duas horas havidas no serviço, caso tivesse identificado, antecipadamente, o caminho crítico e o rol de prioridade das atividades.

Analisando o processo que realizou, verificou que iniciou os serviços pelo corte das carnes. O caminho crítico efetuado a posteriori indicou ser mais eficiente se o tivesse começado pelo corte das verduras. E simultaneamente, enquanto elas cozinhavam, efetuaria o corte das carnes, etc.

número	EAP	Duração Minutos	Depend.
A	Corte Carne Porco	5	--
B	Corte Frango e Gado	8	--
C	Cozimento Carne Porco	15	A
D	Cozimento Carne Frango / Gado	10	B
E	Cozimento conjunto da União Carne Porco com Gado e da Galinha	20	D, C
F	Limpeza – Lavagem Legumes	3	--
G	Limpeza – Lavagem Verduras	12	F
H	Corte Legumes – pedaços pequenos	12	F
I	Pré-cozimento dos Legumes	15	H
J	Corte Verduras	10	G
K	Cozimento Integrado de Legumes e Verduras	40	I;J
L	Ferver água e reservar	20	--
M	Juntar o macarrão à água – Cozimento	5	L
N	Cozer a União de Carnes, Verduras e Legumes. Adicionar Água e Shoyu	10	E, K
O	Adição do Macarrão à mistura com Shoyu	8	M, N
P	Servir ainda Quente	2	O

Dado o exposto, pede-se:

- Quais as atividades possíveis de serem desenvolvidas simultaneamente?
- Qual a possível subdivisão de funções;
- Como cozinhar em fogão de quatro bocas, sendo necessária a utilização de cinco panelas?
- O número mínimo de ajudantes no processo visando cumprir no tempo programado;
- O respectivo diagrama PERT/COM.

6.11 – Aplicação.

A seguir é apresentado o planejamento de um viaduto realizado no Estado do Paraná, onde constam a EAP e a rede de blocos, simplificada.



Fig.6.8 – Vista Geral da Obra



Fig. 6.9 – Vista Inferior do Viaduto

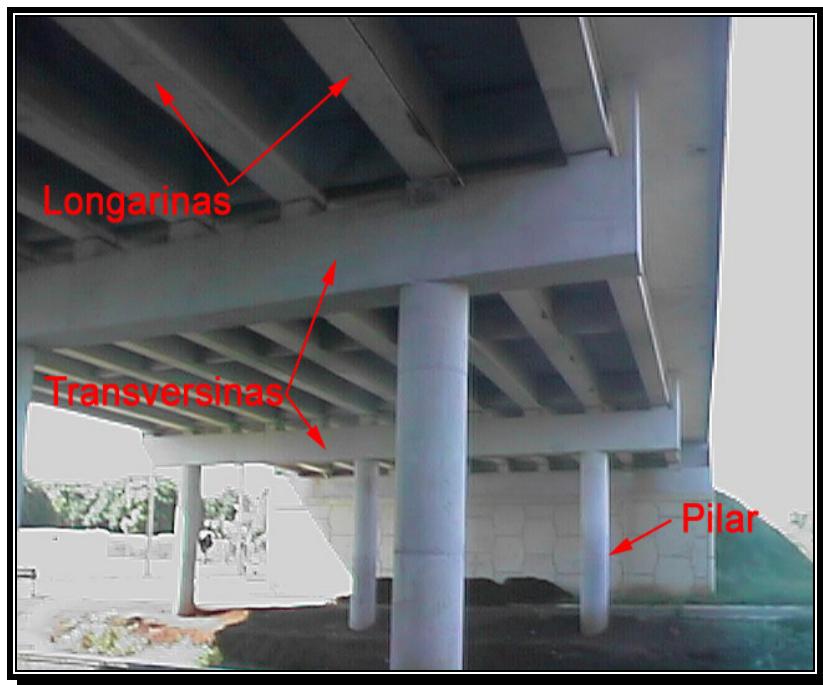
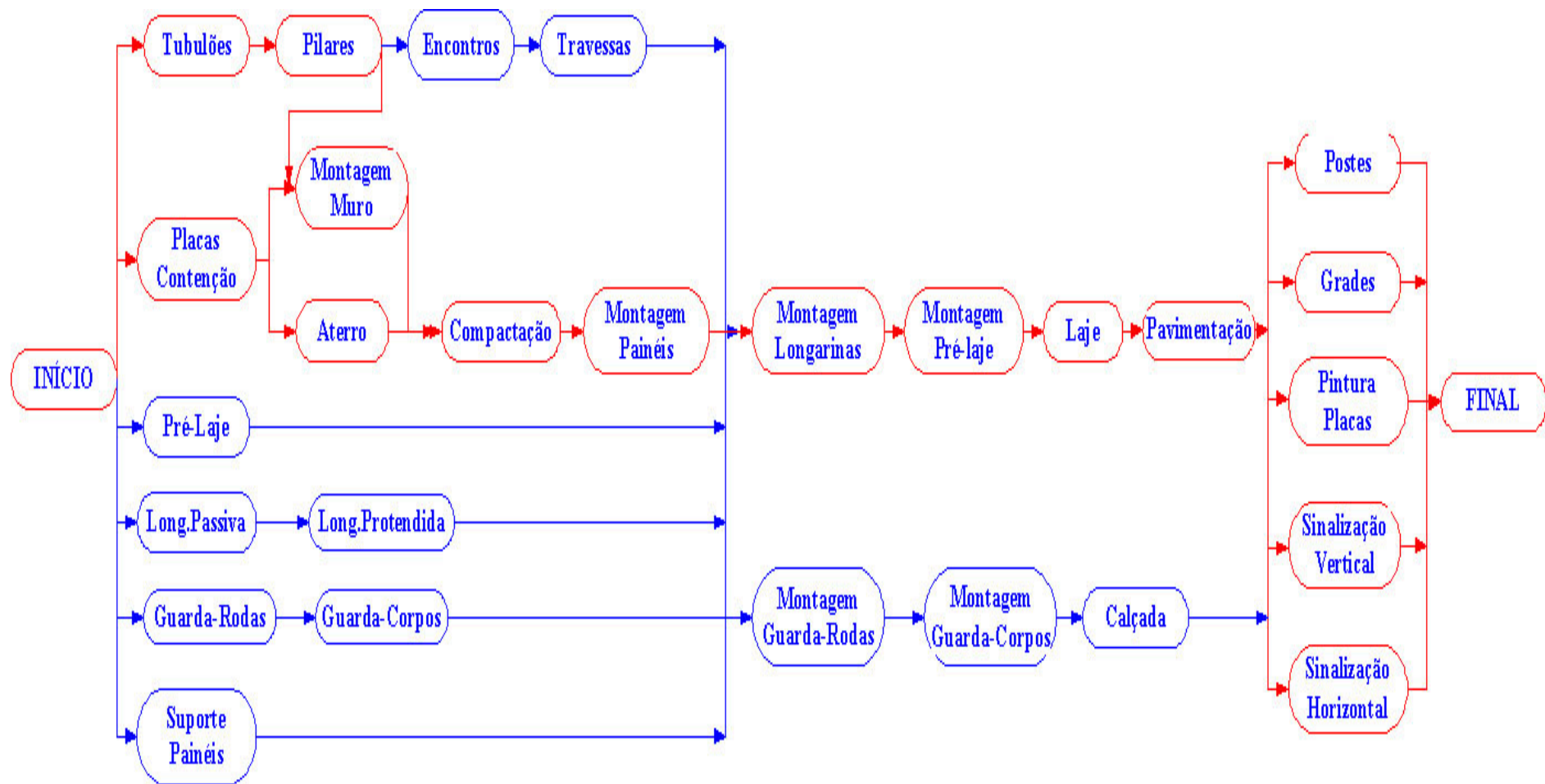


FIG.6.10 – Vista do Vão Central – Tabuleiro



Fig. 6.11 – Vista Lateral



Id	Nome da tarefa	Duração	Início	Término	Predecessoras
1	SERVIÇOS PRELIMINARES	6 dias	Seg 21/8/00	Seg 28/8/00	
2	Demolição construção existente	2 dias	Seg 21/8/00	Ter 22/8/00	
3	Limpeza do terreno	1 dia	Qua 23/8/00	Qua 23/8/00	2
4	Mobilização do canteiro	3 dias	Qui 24/8/00	Seg 28/8/00	3
5	FUNDAÇÕES / INFRAESTRUTURA	13 dias	Ter 29/8/00	Sex 15/9/00	
12	MESO ESTRUTURA	15 dias	Sex 8/9/00	Qui 28/9/00	
13	Pilares em Concreto	9 dias	Sex 8/9/00	Qua 20/9/00	
20	Transversinas	12 dias	Qua 13/9/00	Qui 28/9/00	
21	Encontros	4 dias	Qua 13/9/00	Seg 18/9/00	17
22	Travessas	6 dias	Qui 21/9/00	Qui 28/9/00	21;14
23	SUPRAESTRUTURA	57 dias	Qui 31/8/00	Qui 23/11/00	
24	Concretagem	21 dias	Qui 31/8/00	Sex 29/9/00	
25	Longarinas	13 dias	Qui 31/8/00	Ter 19/9/00	
26	Longarinas de Armadura Passiva	7 dias	Qui 31/8/00	Seg 11/9/00	4TI+2 dias
27	Longarinas Protendidas	6 dias	Ter 12/9/00	Ter 19/9/00	26
28	Lajes	20 dias	Qui 31/8/00	Qui 28/9/00	
29	Pré-Lajes	20 dias	Qui 31/8/00	Qui 28/9/00	4TI+2 dias
30	Barreiras	18 dias	Ter 5/9/00	Sex 29/9/00	
31	Guarda-Roda	9 dias	Ter 5/9/00	Seg 18/9/00	4TI+5 dias
32	Guarda-Corpo	9 dias	Ter 19/9/00	Sex 29/9/00	31
33	Muro de Arrimo	20 dias	Qui 31/8/00	Qui 28/9/00	
34	Placas de Contenção	20 dias	Qui 31/8/00	Qui 28/9/00	4TI+2 dias
35	Painéis Laterais	10 dias	Qui 31/8/00	Qui 14/9/00	34II
36	Suporte de painéis	10 dias	Qui 31/8/00	Qui 14/9/00	35II

Id	Nome da tarefa	Duração	Início	Término	Predecessoras
37	Montagem Peças Estruturais	45 dias	Ter 19/9/00	Qui 23/11/00	
38	Longarinas	3 dias	Sex 6/10/00	Ter 10/10/00	
41	Pré-lajes	2 dias	Qua 11/10/00	Sex 13/10/00	29;40
42	Concretagem Laje	3 dias	Seg 16/10/00	Qua 18/10/00	41
43	Guarda-Roda	8 dias	Qua 11/10/00	Seg 23/10/00	41II
44	Guarda-Corpo	10 dias	Seg 6/11/00	Seg 20/11/00	43TI+8 dias;50
45	Montagem do Muro	20 dias	Ter 19/9/00	Ter 17/10/00	21
46	Aterro	18 dias	Ter 19/9/00	Sex 13/10/00	45II
47	Aterro - Compactação	12 dias	Sex 6/10/00	Ter 24/10/00	46TI-5 dias
48	Painéis Laterais e Suportes	15 dias	Qua 1/11/00	Qui 23/11/00	45TI+10 dias;42
49	SERVIÇOS COMPLEMENTARES	34 dias	Ter 24/10/00	Ter 12/12/00	
50	Meio Fio / Sarjeta	8 dias	Ter 24/10/00	Sex 3/11/00	43
51	Drenagem	10 dias	Qua 25/10/00	Qua 8/11/00	47
52	Caixa de passagem em alvenaria	1 dia	Qui 9/11/00	Qui 9/11/00	47;51
53	Calçada de concreto	8 dias	Ter 21/11/00	Qui 30/11/00	44;47
54	Pavimentação CBUQ	20 dias	Qua 25/10/00	Qui 23/11/00	42;43;47
55	Postes de transmissão	2 dias	Sex 24/11/00	Seg 27/11/00	54
56	Grade Metálica de proteção	2 dias	Sex 24/11/00	Seg 27/11/00	54
57	Pintura das Placas - Superconservado P.	10 dias	Ter 28/11/00	Seg 11/12/00	54TI+2 dias
58	Sinalização Horizontal	4 dias	Ter 28/11/00	Sex 1/12/00	55
59	Sinalização Vertical	5 dias	Ter 28/11/00	Seg 4/12/00	55
60	Limpeza final	1 dia	Ter 12/12/00	Ter 12/12/00	59;57
61	ENTREGA DA OBRA	0 dias	Ter 12/12/00	Ter 12/12/00	60TT