



ELABORAÇÃO DE REDE PERT/CPM NA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL ATRAVÉS DA UTILIZAÇÃO DO SOFTWARE MS PROJECT: UM ESTUDO DE CASO

Renata Brabo Mascarenhas Barra (UEPA)
renatabarra@hotmail.com

GABRELA ANDRADE SEPTIMIO (UEPA)
gabygabyseptimio@gmail.com

Leonardo dos Santos Lourenco Bastos (UEPA)
lsbastos@hotmail.com

Vitor William Batista Martins (UEPA)
vitor_engenharia@hotmail.com

Atualmente se observa uma crescente e constante mudança no setor de construção civil devido à rapidez com que novas tecnologias se apresentam no mercado, forçando um maior investimento no planejamento e controle da produção de obras dessas empresas. Portanto, este estudo apresenta uma aplicação da ferramenta PERT/CPM através software MS Project no planejamento e gerenciamento de um projeto de construção de uma escola. Foi realizado o sequenciamento das atividades globais do planejamento, construção da rede, definição das atividades críticas, sequenciamento de duas outras atividades do caminho crítico, construção da rede e definição das subatividades críticas. Ao final, pode-se observar que a aplicação dessa ferramenta é de extrema relevância, pois permite uma visualização de fácil entendimento do sequenciamento das atividades e determinação de quais atividades são críticas, auxiliando nas decisões de planejamento e execução de obra.

Palavras-chaves: Rede PERT/CPM; MS Project; caminho crítico

1. Introdução

Com a crescente e constante mutação no cenário da construção civil, a velocidade com que novas tecnologias vêm sendo disponibilizadas, a quantidade e o acesso rápido a informações, requer das empresas desse setor uma grande capacidade e investimento em seu planejamento e controle da produção de obras, visando sua sustentação nesse mercado tão competitivo.

A relevância da pesquisa está no fato do trabalho ter realizado uma análise detalhada no que tange ao planejamento de execução de obras de uma empresa construtora da região metropolitana de Belém, através da elaboração da rede PERT/CPM das atividades correspondentes à construção de uma escola no interior do estado do Pará. Para o tratamento dos dados fornecidos pela empresa utilizou-se o software *Ms Project 2010*.

A ferramenta PERT/CPM se caracteriza por ser de simples elaboração e fácil entendimento, o que permite qualquer pessoa visualizar e ter a noção do tempo de execução de uma determinada atividade, além da interdependência das mesmas, programadas em um planejamento. Tal ferramenta aplica-se a diversos setores e principalmente naqueles onde os serviços são segmentados (executados em fases) e por isso adequa-se ao ramo da construção civil, alvo da presente pesquisa. A ferramenta permite analisar a sequência das atividades, onde, identifica-se o caminho crítico, ou seja, as atividades principais dentro de um processo de execução.

De acordo com o contexto apresentado, a pesquisa procurou responder o seguinte questionamento: Quais as atividades dependentes, o tempo de execução e o caminho crítico dentro de um planejamento de obra de uma escola?

A pesquisa teve como objetivo principal a elaboração da rede PERT/CPM das atividades de um planejamento de execução de uma obra. Em relação aos objetivos específicos, destaca-se:

- Identificação das dependências entre as atividades;
- O tempo de cada atividade, e;
- A identificação das atividades que correspondem ao caminho crítico.

O artigo encontra-se estruturado da seguinte forma: a seção 2 apresenta o referencial teórico que serviu para dar o embasamento necessário a pesquisa, a seção 3 aborda a metodologia empregada para o alcance dos objetivos, ou seja, o passo a passo para realização do estudo, a

seção 4 explana a análise dos dados colhidos na empresa e a seção 5 faz uma conclusão e apresenta propostas de pesquisa futuras a partir desta.

2. Referencial Teórico

Mostra-se a seguir a revisão conceitual, com as definições referentes à rede PERT/CPM, à elaboração da rede, ao caminho crítico e ao *Microsoft Project*, os quais serviram para dar embasamento teórico ao artigo.

2.1. Rede PERT/CPM

Também conhecido como Método do Caminho Crítico, refere-se a um conjunto de técnicas utilizado para o planejamento e controle de empreendimentos e projetos (LAUGENI; MARTINS, 2005).

De acordo com Tubino (2000), PERT/CPM é a técnica mais empregada para planejamento, sequenciamento e acompanhamento de projetos. Junior (2007) diz que é um método de planejamento, replanejamento, e avaliação de progresso, com a finalidade de melhor controlar a execução de um programa ou projeto.

Laugeni e Martins (2005) pontuam que o método é utilizado para programar uma produção de algum produto único e não repetitivo. Moreira (2001) diz ainda que as técnicas de PERT/CPM são úteis especialmente em casos nos quais os gerentes são responsáveis pelo planejamento, programação e controle de projetos que envolvem grande número de atividades e variedade de mão de obra. Ambos os argumentos enquadram perfeitamente o objeto de estudo: uma obra de construção civil.

Ainda conforme explica Junior (2007), o PERT/CPM permite a listagem das atividades de um projeto, os momentos de suas realizações e quais delas são determinantes para a ocorrência ou não de atrasos na entrega; após uma análise de dependências e durações dessas atividades, é possível mostrar quais podem ser realizadas paralelamente ou em sequência.

Tubino (2000) lista algumas habilidades possíveis a serem adquiridas através do PERT/CPM:

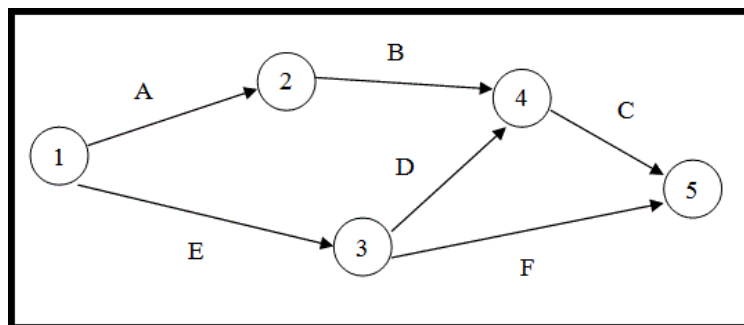
- a) Visão gráfica das atividades componentes de um projeto;
- b) Tempo estimado do projeto;
- c) Visualização das atividades críticas para a conclusão de um projeto;
- d) Visualização do tempo de folga disponível (nas atividades não-críticas), que pode ser negociado para uma menor aplicação de recursos e redução de custos.

2.2. Construção da Rede

Um projeto é constituído por um conjunto de atividades independentes, mas logicamente ligadas, e pode ser representado por meio de uma rede (LAUGENI; MARTINS, 2005).

Tubino (2000) pontua que a elaboração dessa rede é o primeiro passo para a utilização do PERT/CPM, onde devem ser representadas todas as dependências entre as atividades de um projeto.

Figura 1 - Rede de um projeto



Fonte: Martis e Laugeni (2005, p. 419)

As setas representam atividades do projeto que consomem determinado recurso (...) e/ou tempo, já os nós representam o momento de início e fim das atividades, que são chamados de eventos. Os eventos são pontos no tempo que demarcam o projeto e, diferente das atividades, não consomem recursos, nem tempo. (TUBINO, p. 169, 2000)

Com base na explicação de Laugeni e Martins (2005), através da figura acima exposta, é possível perceber que as atividades A e E são independentes de qualquer outra, podendo ser executadas paralelamente. Atividades como B dependem de outra (no caso, A). Atividades como C dependem de duas outras (no caso, B e D). Atividades como D e F dependem do término de uma para a outra poder começar (no caso, E). Cada atividade do projeto é representada por um conjunto de dois nós diferentes.

Normalmente, utilizam-se dados em uma tabela para auxiliar a montagem da rede. Para isso, o modelo de tabela a ser constituído será definido abaixo.

Tabela 1 - Tabela para montagem de rede PERT/CPM

<i>Atividade</i>	<i>Descrição</i>	<i>Dependências</i>	<i>Duração</i>
A	No que consiste a atividade	-	Tempo estimado que a atividade leva para ser realizada
B	No que consiste a atividade	A	Tempo estimado que a atividade leva para ser realizada
C	No que consiste a atividade	B, D	Tempo estimado que a atividade leva para ser realizada

D	No que consiste a atividade	E	Tempo estimado que a atividade leva para ser realizada
E	No que consiste a atividade	-	Tempo estimado que a atividade leva para ser realizada
F	No que consiste a atividade	E	Tempo estimado que a atividade leva para ser realizada

Fonte: Autores (2012)

2.3. Caminho Crítico

Tubino (2005) define como “Caminho Crítico” aquele que leva maior tempo para ser concluído e, portanto, determina o tempo que o projeto inteiro leva. Qualquer atraso na execução das atividades que o compõem (“atividades críticas”) reflete diretamente na forma de atrasos na conclusão do projeto.

Conforme Santos (2003), achar o maior caminho da rede significa encontrar a data mínima para conclusão do projeto.

O cálculo dos tempos dos eventos envolve seu Cedo e Tarde, os quais são definidos por Tubino (2000) como:

- Cedo: é o tempo necessário para que um evento seja atingido, ou seja, valor máximo entre os tempos de conclusão da atividade que chegam a este evento, que corresponde à soma do Cedo do evento inicial da atividade mais o valor de seu tempo de execução;
- Tarde: é a última data de início das atividades do evento, de forma a não atrasar a conclusão do projeto, ou seja, valor mínimo entre os tempos de início das atividades que partem deste evento, que corresponde ao Tarde do evento aonde a atividade chega menos seu tempo de execução.

Santos (2003) ainda cita mais um ponto:

- Data de início do projeto: data que o projeto inicia à qual, para facilitação de cálculos, deve-se atribuir o valor zero.

De acordo com as somas de tais tempos, é possível identificar o caminho que não possui sobras, ou seja: o caminho crítico.

2.4. Microsoft Project (MS Project)

O software *MS Project* foi desenvolvido para o gerenciamento de projetos. É um aplicativo que possibilita: organizar a informação sobre a atribuição de tempos as tarefas, a associação de custos tanto de mão de obra quanto de materiais, de forma a propiciar o gerenciamento dos prazos, sem exceder o orçamento, com o objetivo de alcançar as metas propostas para o projeto.

O software é uma ferramenta eficaz e flexível, que conta com interface gráfica e bons recursos que permitem a administração de projetos simples e complexos.

O programa é alimentado com as informações de projetos em sua base de dados. A partir disso, é possível calcular e controlar a programação, os custos e outros elementos do projeto através de um planejamento. Quanto mais informações disponibilizadas, mais preciso será o planejamento.

3. Estudo de caso

3.1. Estratégia de pesquisa

De acordo com Gil (2002) a pesquisa pode ser compreendida como uma atividade racional e sistemática, eminentemente processual, que visa a proporcionar respostas a problemas propostos e que é desenvolvida mediante a escolha dos conhecimentos disponíveis e o uso criterioso de métodos, técnicas e outros procedimentos científicos.

A estratégia de pesquisa adotada foi o estudo de caso. Segundo Yin (2001) tal estratégia é caracterizada quando se investiga questões do tipo “como” e “por que”. É quando o pesquisador tem pouco controle sobre os eventos e o foco se encontra em fenômenos contemporâneos inseridos em algum contexto da vida real. A clara necessidade pelos estudos de caso surge do desejo de se compreender fenômenos sociais complexos. Ou seja, o estudo de caso permite uma investigação para se preservar as características holísticas e significativas dos eventos da vida real (YIN, 2001).

3.2. Classificação da pesquisa

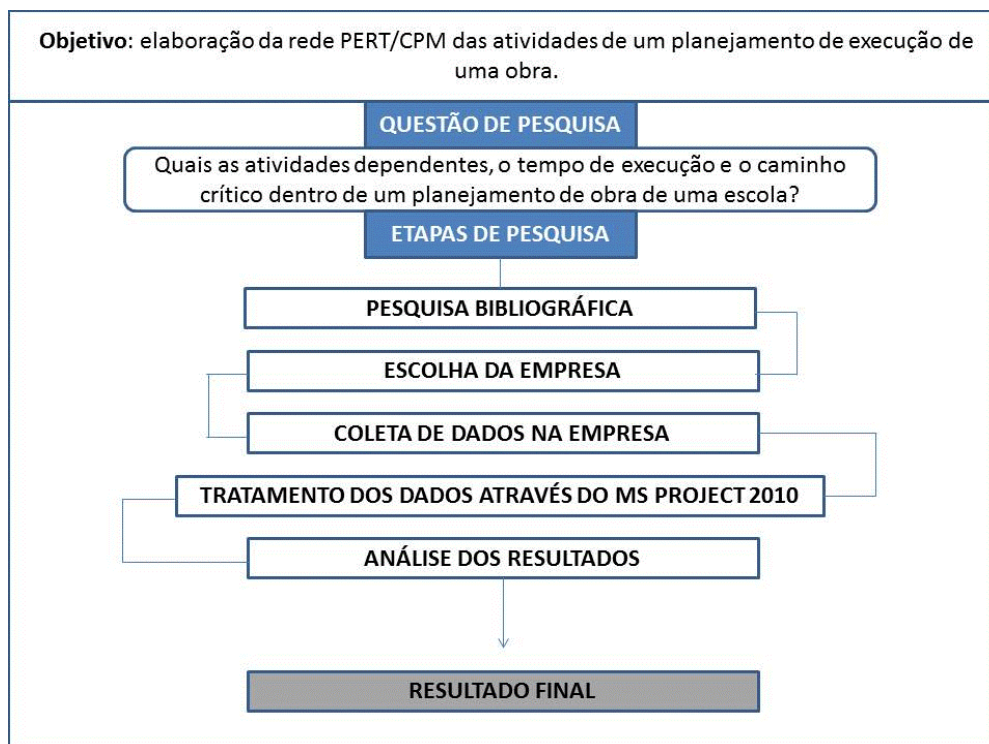
De acordo com Silva e Menezes (2005), a pesquisa do ponto de vista da forma da abordagem do problema é considerada qualitativa, pois considera-se que pode ser qualificável, o que significa traduzir opiniões e informações para classificá-las e analisá-las, através do uso de recursos e técnicas. Do ponto de vista dos seus objetivos, o artigo foi considerado pesquisa descritiva, pois visa descrever as características de um fenômeno e envolve o uso de técnicas e coletas de dados com observação sistêmica. Do ponto de vista dos procedimentos técnicos, a mesma foi classificada como estudo de caso, pois analisa os resultados da coleta de dados *in loco* na empresa buscando entender fenômenos contemporâneos.

3.3. Delineamento da pesquisa

A pesquisa empírica se desenvolveu por meio de estudos nos quais se investigou os dados do planejamento de obras de uma empresa construtora. Tal análise correspondeu ao tratamento

dos dados por parte dos pesquisadores, tendo como ponto de partida a questão de pesquisa e os dados obtidos através da entrevista com o representante da empresa responsável pelo planejamento de obra. Os dados fornecidos pela empresa foram manipulados no software *MS Project*. De acordo com os resultados, os pesquisadores realizaram uma análise sobre a construção da rede PERT/CPM. O estudo foi realizado de acordo com as etapas apresentadas na Figura 2.

Figura 2 - Delineamento da pesquisa



Fonte: Autores (2012)

3.4. Etapas de pesquisa

3.4.1. Pesquisa bibliográfica

Realizaram-se pesquisas em livros e artigos, a fim de embasar a pesquisa sobre os temas envolvidos no estudo. Os levantamentos abordaram a ferramenta PERT/CPM e a ferramenta computacional utilizada na pesquisa. De posse da revisão bibliográfica, escolheu-se uma empresa na qual se desenvolveu o estudo. Abaixo são apresentadas as características da empresa participante da pesquisa.

3.4.2. Características da empresa

O estudo foi desenvolvido em uma empresa de construção civil presente há sete anos no mercado, com sede localizada na cidade de Abaetetuba e conta com escritório de apoio em Belém no estado do Pará; a empresa atua principalmente na construção de obras públicas. Possui um corpo técnico constituído por: dois engenheiros civis, um engenheiro de produção, um engenheiro eletricista e um técnico em edificações. As obras que a empresa realiza, caracterizam-se por apresentar dificuldades logísticas, devido à distância das obras para capital.

Atualmente a empresa executa sete obras simultaneamente. Conta com um organograma do setor de engenharia composto por: um diretor de engenharia, um gerente de obras, um gerente de planejamento, um engenheiro eletricista, além de mestres de obra e um técnico de edificação.

3.4.3 Coleta de dados

A coleta de dados consistiu na visita ao escritório da empresa, objetivando coletar dados relevantes para o alcance dos objetivos da pesquisa. Entrevistou-se o engenheiro responsável pelo planejamento de obras e procurou identificar as atividades envolvidas na execução de uma obra de acordo com o planejamento feito pela empresa. Esta etapa durou uma manhã, onde, pôde-se ter acesso a dados como: planejamento macro, micro e submicro.

3.4.4 Tratamento dos dados através do *MS Project*

Ao iniciar o planejamento da obra usando o *MS Project* os pesquisadores seguiram os seguintes passos: Primeiramente para as atividades globais, especificou-se a data de início do projeto, nessa fase não se definiu a data final do projeto, pois o próprio software programa e calcula a data mais cedo para o término do projeto. O segundo passo foi criar e organizar a lista de tarefas na folha de Diagrama de Gantt (um gráfico que exhibe informações sobre as tarefas do projeto). Em seguida foram inseridos os tempos de duração de cada tarefa. Depois de criada a lista de tarefas com a duração de cada uma, partiu-se para estabelecer as relações de precedência entre tarefas. Ao finalizar esse procedimento pode-se visualizar a tabela (Tabela 2) pronta para a montagem da rede PERT/CPM.

Após a elaboração da tabela das atividades globais e identificação do caminho crítico, decidiu-se aplicar o procedimento descrito acima para a elaboração de mais duas redes PERT/CPM das atividades de execução de fundação e estruturas respectivamente, ambas pertencentes ao caminho crítico das atividades do planejamento macro da empresa

pesquisada. A escolha dessas atividades justifica-se pelo fato de serem as duas com maior grau de detalhamento com relação às outras. A elaboração dessas novas redes PERT/COM objetivou identificar dentro das atividades o caminho crítico das subatividades, mostrando quais destas influenciavam diretamente no cronograma da obra.

4. Análise dos resultados

4.1 Características da obra pesquisada

A obra pesquisada conta com uma equipe de funcionários que corresponde a: um engenheiro civil, um engenheiro de produção, um técnico em edificações, um encarregado de obra, um ferreiro, seis pedreiros, três carpinteiros e doze serventes de obra. A mão de obra possui carteira assinada, de acordo com os valores salariais do sindicato da construção civil. A execução dos serviços elétricos e pisos são terceirizados através de contratos de trabalho. Com relação a fornecedores, a empresa trabalha com um mix de cinco fornecedores de materiais para suprir a obra (sendo um local e quatro da capital do estado). O pagamento da obra é através de medição do andamento físico da mesma junto a entidade responsável pelo repasse da verba. A duração planejada para construção da obra é de 8 meses, não havendo multa por atraso e envolvendo um custo médio de R\$ 1.200.000,00. Abaixo apresenta-se a elaboração da rede PERT/CPM das atividades envolvidas/planejadas no projeto de execução da obra.

4.2 Elaboração da rede PERT/CPM com as atividades macro

De acordo com a revisão bibliográfica, o primeiro passo para elaboração da rede PERT/CPM é elaborar a tabela com os dados de cada atividade envolvida no planejamento de execução, destacando a descrição das atividades, as atividades que se relacionam (precedentes) e o tempo de duração de cada uma. Abaixo, apresenta-se a tabela estruturada com as atividades macros informadas pela empresa para a execução da obra pesquisada.

Tabela 2 - Montagem de Rede PERT/CPM com etapas de construção da escola

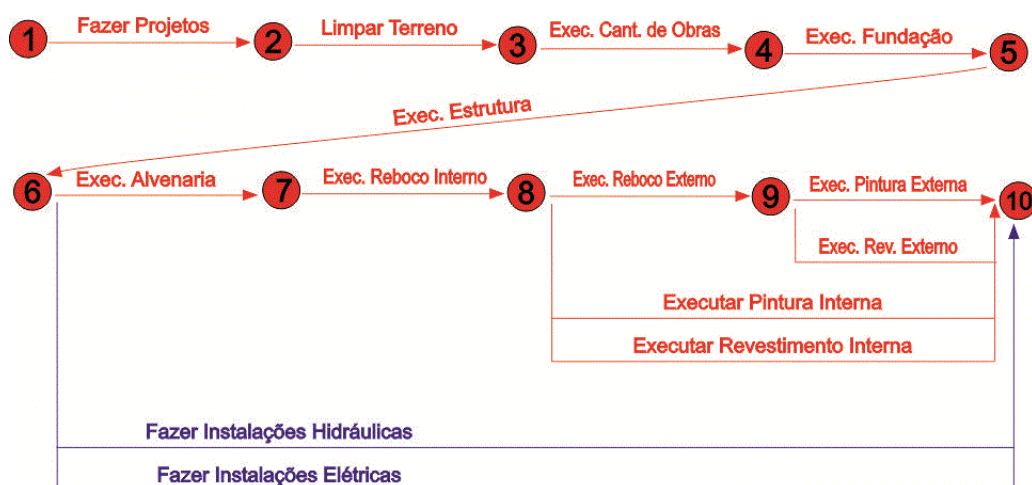
Atividade	Descrição	Atividade Precedente	Duração estimada (dias)
1	FAZER PROJETOS		30
2	LIMPAR TERRENO	1	5
3	EXECUTAR CANTEIRO DE OBRAS	2	5
4	EXECUTAR FUNDAÇÃO	3	8
5	EXECUTAR ESTRUTURA	4	60

6	EXECUTAR ALVENARIA	5	30
7	EXECUTAR REBOCO INTERNO	6	15
8	EXECUTAR REBOCO EXTERNO	7	15
9	FAZER INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS	6	20
10	FAZER INSTALAÇÕES ELÉTRICAS	6	30
11	EXECUTAR PINTURA INTERNA	7	20
12	EXECUTAR PINTURA EXTERNA	8	20
13	EXECUTAR REVESTIMENTO INTERNO	7	20
14	EXECUTAR REVESTIMENTO EXTERNO	8	20

Fonte: Autores (2012)

De posse dos dados da tabela, partiu-se para a elaboração da rede PERT/CPM, conforme Figura 3.

Figura 3 - Caminho crítico: Rede PERT/CPM das atividades envolvidas na construção da Escola



Fonte: Autores (2012)

4.3 Elaboração da rede PERT/CPM da atividade fundação

Como foi dito no tópico 3.4.4, optou-se por aprofundar o estudo das atividades macro do planejamento através da elaboração de uma nova rede PERT/CPM da atividade de fundação escolhida, por ser uma atividade presente no caminho crítico e por apresentar um maior número de etapas em relação as outras. Abaixo, apresenta-se a tabela estruturada com as subatividades da atividade de fundação.

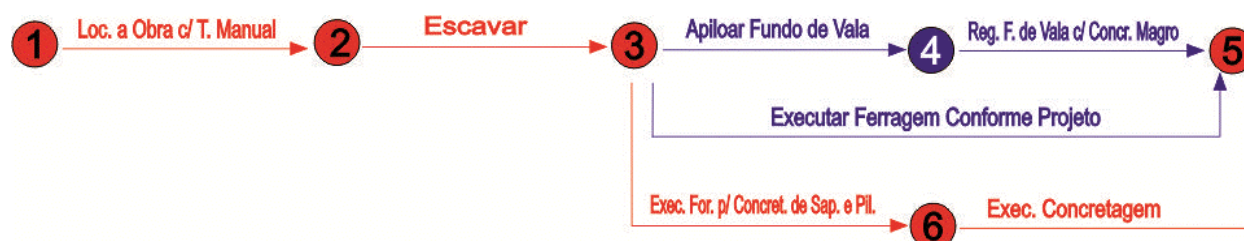
Tabela 3 - Montagem de rede PERT/CPM com as atividades de Fundação

Atividade	Descrição	Atividade Precedente	Duração estimada (dias)
1	LOCAR A OBRA COM TRENA MANUAL		1
2	ESCAVAR	1	4
3	APIOLAR FUNDO DE VALA	2	1
4	REGULARIZAR FUNDO DE VALA COM CONCRETO MAGRO	3	1
5	EXECUTAR FERRAGEM CONFORME PROJETO	2	3
6	EXECUTAR FORMA PARA CONCRETAGEM DE SAPATAS E PILARES	2	3
7	EXECUTAR CONCRETAGEM	6	2

Fonte: Autores (2012)

De posse dos dados da Tabela 3, elaborou-se a rede PERT/COM correspondente a eles, conforme Figura 4.

Figura 4 - Caminho crítico: Rede PERT/CPM das atividades envolvidas na etapa Fundação



Fonte: Autores (2012)

4.4 Elaboração da rede PERT/CPM da atividade estrutura

A atividade Estrutura foi a segunda atividade do caminho crítico do planejamento macro escolhida para elaborar uma nova rede PERT/CPM. Na tabela abaixo apresentam-se as subatividades, as atividades precedentes e o tempo de duração de cada uma.

Tabela 4 - montagem de rede PERT/CPM com as etapas de Execução das Estrutura

Atividade	Descrição	Atividade Precedente	Duração estimada (dias)
1	EXECUTAR ARMAÇÃO DE PILAR		12
2	FAZER FORMA DE PILAR	1	12
3	CONCRETAR PILAR	2	1

4	EXECUTAR FORMAS DE VIGAS	3	12
5	EXECUTAR ARMAÇÃO DAS VIGAS	4	12
6	EXECUTAR FORMA PARA CONCRETAGEM DE SAPATAS E PILARES	5	1
7	CONCRETAR VIGAS	6	12
8	EXECUTAR FORMAS DAS LAJES	7	12
9	FAZER ARMAÇÕES DAS LAJES	8	2
10	CONCRETAR LAJES	9	2

Fonte: Autores (2012)

De posse dos dados da tabela 4, partiu-se para a elaboração da rede PERT/CPM, conforme figura 5.

Figura 5 - Caminho crítico - Rede PERT/CPM das atividades envolvidas na Execução das Estruturas.



Fonte: Autores (2012)

5. Conclusões

Analisando os resultados alcançados com a elaboração da rede PERT/CPM, a mesma mostra-se de extrema relevância, uma vez que o caminho crítico das atividades definidas pela empresa em seu planejamento a nível estratégico (cronograma físico financeiro) foi identificado, ou seja, é possível visualizar quais as atividades que estão influenciando diretamente no cronograma de execução da obra, e, conseqüentemente, proporcionando uma melhor atenção no planejamento de tais atividades.

A aplicação desta ferramenta na construção de uma escola permitiu a elaboração de uma tabela (Tabela 2), com o sequeciamento das atividades globais do planejamento e seus respectivos tempos e a precedência de cada atividade, além da representação do caminho crítico. Para esta tabela de atividades do planejamento macro da obra, visualizaram-se as seguintes atividades no caminho crítico: Fazer projetos; limpar terreno; executar canteiro de obra; executar fundação; executar estrutura; executar alvenaria; executar reboco interno;

executar pintura interna, executar revestimento interno; executar reboco externo; executar pintura externa; executar revestimento externo.

Observa-se que de um total de 14 atividades que compõem o planejamento global da obra, 12 atividades determinam o caminho crítico. Dentre essas 12 atividades, duas foram escolhidas para serem analisadas, foram estas: atividade 4 (fundação) e atividade 5 (execução).

Para a Tabela 3, que representa a atividade de fundação presente no caminho crítico das atividades globais, pode-se visualizar que dentre sete subatividades, quatro formam o caminho crítico (locar a obra com trena manual; escavar; executar formas para a concretagem de sapatas e pilares; executar concretagem.)

Na tabela 4 da atividade execução, visualizou-se que dentre as 10 subatividades todos formam o caminho crítico. Isso reflete a importância dessa atividade e suas etapas para não atrasar o cronograma de execução da obra.

Entregar a obra no prazo estipulado é responsabilidade da empresa que deve se esforçar e se concentrar no planejamento e, principalmente nas etapas críticas do projeto.

De acordo com o contexto da empresa e os resultados alcançados nesta pesquisa, propõe-se como oportunidades de pesquisas futuras:

- Realizar uma análise das dificuldades logísticas objetivando propor melhorias dessa vertente na empresa pesquisada.
- Estudar o setor de custos da empresa, para identificação de oportunidades de redução dos custos de transporte.
- Realizar um estudo de viabilidade financeira e econômica das obras de difícil acesso que empresa realiza, com o intuito de dar garantias de rentabilidade do empreendimento a ser realizado.

REFERÊNCIAS

GIL, A. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

JUNIOR, R. Z. **O que é Planejamento PERT-CPM? 2007**. Disponível em: <<http://romelzanini.blogspot.com.br/2007/07/planejamento-pert-cpm.html>> Acesso em 20/11/2012.

LAUGENI, F. P.; MARTINS, P. G. **Administração da Produção**. 2 ed. São Paulo: Saraiva, 2005.

MOREIRA, D.A. **Administração da Produção e Operação**. 1 ed. São Paulo:Pioneira, 2001.
SILVA, E; MENEZES E. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. 4º Edição, Florianópolis, 2005.

SANTOS, M. P. **Pesquisa Operacional**. Rio de Janeiro: UFRJ, 2003. Disponível em: <
<http://www.mpsantos.com.br/po/arquivos/po.pdf>> Acesso em 20/11/2012.

TUBINO, D. F. **Manual de Planejamento e Controle da Produção**. 2 ed. São Paulo: Atlas, 2000.

YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. Porto Alegre: Bookman, 2001