

INSTITUTO FEDERAL DE SANTA CATARINA

EMANOEL ARILDO DOS SANTOS

GERENCIAMENTO DE PROJETOS COM UTILIZAÇÃO
DE REDES PERT/CPM: UMA APLICAÇÃO INDUSTRIAL

Jaraguá do Sul, SC
20 de Junho de 2018

EMANOEL ARILDO DOS SANTOS

GERENCIAMENTO DE PROJETOS COM UTILIZAÇÃO
DE REDES PERT/CPM: UMA APLICAÇÃO INDUSTRIAL

Monografia apresentada ao curso de Tecnologia em Fabricação Mecânica do Câmpus Jaraguá do Sul - Rau do Instituto Federal de Santa Catarina para a obtenção do diploma de Tecnólogo em Fabricação Mecânica. Orientador: Prof. Dr. Gerson Ulbricht

Jaraguá do Sul, SC

20 de junho de 2018

Santos, Emanuel Arildo dos
Gerenciamento de Projetos com Utilização de Redes
PERT/CPM: Uma Aplicação Industrial / Emanuel Arildo dos Santos
; orientação de Gerson Ulbricht. Jaraguá do Sul,
SC, 2018.
40 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) - Instituto Federal
de Santa Catarina, Câmpus Jaraguá do Sul -
Rau. Tecnologia em Fabricação Mecânica. .
Inclui Referências.

1. PERT/CPM. 2. Planejamento. 3. Projetos. I. Ulbricht,
Gerson. II. Instituto Federal de Santa Catarina.
. III. Título.

EMANOEL ARILDO DOS SANTOS

GERENCIAMENTO DE PROJETOS COM UTILIZAÇÃO DE REDES PERT/CPM:
UMA APLICAÇÃO INDUSTRIAL

Este trabalho foi julgado adequado para obtenção do título em Tecnólogo em
Fabricação Mecânica, pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de
Santa Catarina, e aprovado na sua forma final pela comissão avaliadora abaixo
indicada.

Jaraguá do Sul, 20 de junho de 2018



Prof. Dr. Gerson Ulbricht
Orientador

IFSC – Campus Jaraguá do Sul - RAU



Prof. Me. Alexandre Zammar

IFSC – Campus Jaraguá do Sul - RAU



Profa. Dra. Laine Broetto

IFSC – Campus Jaraguá do Sul - RAU

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho primeiramente a Deus, pela força e coragem durante toda essa longa caminhada, minha esposa Mirelle e aos meus filhos Helena e o que está a caminho.

AGRADECIMENTOS

Após todos esses anos de luta para alcançar meus objetivos quero agradecer a todos que me ajudaram a alcançar esse objetivo

A Deus por me proporcionar saúde para a conclusão de mais uma etapa da vida que se consuma neste trabalho;

Aos meus pais que me deram as condições prévias e muito incentivo para chegar até aqui;

Aos colegas de classe por enfrentar as dificuldades e alegrias juntos comigo.

Ao Instituto Federal de Santa Catarina, em especial ao Curso de Tecnólogo de Fabricação Mecânica, através da qual me proporcionou o conhecimento necessário para minha formação acadêmica.

A Empresa WEG equipamentos Elétricos que possibilitou o aprendizado e o desenvolvimento do estudo nesta área de conhecimento abordada.

Ao meu orientador Gerson Ulbricht por colaborar na organização, clareza e direcionamento do trabalho realizado.

Especialmente a minha mulher Mirelle Soares que me acompanhou diariamente nessa luta, dando força para continuar assumindo algumas tarefas que eram minhas para possibilitar a conclusão e principalmente suportou toda a minha ausência na criação da minha filha enquanto eu me desdobrava nas jornadas de trabalho na WEG, administração da nossa empresa e aos estudos.

A todos meu muito obrigado.

RESUMO

Este trabalho aborda a utilização da técnica PERT/CPM no gerenciamento de projetos. Essa técnica consiste na identificação de tarefas e sua forma de execução, as quais podem ser desenvolvidas em série ou de modo paralelo. Consiste ainda na definição do tempo estimado de duração de cada tarefa e nas relações de precedência e dependência, visando identificar caminhos críticos, onde qualquer atraso em uma das tarefas pode fazer com que todo o trabalho seja afetado. Esta técnica possibilita elaborar e executar um plano em larga escala tanto para pré-definir datas limites para cada etapa do processo, como para auxiliar na identificação do não cumprimento dos tempos de uma determinada etapa durante o projeto, permitindo ao coordenador do projeto priorizar as soluções potenciais visando garantir o prazo final de execução. Como aplicação da técnica, partiu-se de uma necessidade identificada em uma empresa de grande porte no ramo de motores elétricos, que possui dificuldade em garantir prazos para envios de documentos e do produto propriamente dito para grandes projetos. Os resultados alcançados mostraram que a utilização do método de planejamento PERT/CPM no gerenciamento de projetos trouxe bons resultados sendo uma importante ferramenta de auxílio à gestão.

Palavras-Chave: PERT/CPM, Planejamento, Projetos.

ABSTRACT

This work approaches the using of PERT/CPM technique in project management. This technique consists in the identification of tasks and its way of execution, which can be developed in series or in parallel module. Also, consists in the definition of the estimated duration time of each task and the precedence and dependency ratios, aiming to identify critical paths, where any delay in a task can affect all the job. This technique allow to create and execute a full-scale plan both to pre-define lead time for each step of the process and to help in the identification of the non-compliance of times of a certain stage during the project, allowing the coordinator of the project to prioritize the potential solution aiming to guarantee the final lead time. As technical application, it was started from an identified need of a large company in electrical motors segment, that has difficulties to guarantee lead times in documents submission and products delivery for big projects. The results achieved shown that the using of PERT/CPM planning method in the project management bring good results as an important tool of management assistance.

Keywords: PERT/CPM, Planning, Projects.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Exemplo de Rede PERT: Atividades Paralelas e em Série.....	19
Figura 2: Exemplo de Diagrama de Gantt	21
Figura 3: Tempo inicial mais cedo de cada tarefa i	24
Figura 4: Tempo final mais tarde de cada tarefa i	25
Figura 5: Rede PERT.....	30
Figura 6: Curva Gaussiana com probabilidades de ocorrências.....	36

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Tarefas	29
Quadro 2: Diagrama de Gantt.....	32
Quadro 3: Durações das atividades.	33
Quadro 4: Tempos e folgas para as tarefas.....	34

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	12
1.1 Objetivos.....	13
1.1.1 Objetivo geral	13
1.1.2 Objetivos específicos.....	13
1.1.3 Justificativa.....	13
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	15
2.1 Planejamento de Projetos.....	15
2.2 Abordagem Histórica e Panorama Geral	16
2.3 Rede PERT (grafo)	18
2.4 Incerteza nas Redes PERT.....	19
2.5 Diagrama de Gantt.....	21
3 METODOLOGIA.....	22
3.1 Identificação do problema	22
3.2 Modelagem do problema.....	22
3.3 Resolução do problema com auxílio computacional.....	23
3.4 Cálculo dos Tempos de Início e Término das Atividades.....	23
4 RESOLUÇÃO DO PROBLEMA APLICADO.....	27
4.1 Descrição das tarefas	27
4.2 Atividades, precedências e duração.....	28
4.3 Rede PERT	30
4.4 Diagrama de Gantt.....	31
4.5 Duração esperada das atividades	32
4.6 Tempos e folgas para as atividades.....	33
4.7 Caminho Crítico	34
4.8 Média e Variância do Projeto e Cálculo de Probabilidades.....	34
5 CONCLUSÃO E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	37

1 INTRODUÇÃO

O termo globalização é muito utilizado nas organizações. Mesmo não sendo um fenômeno recente, a globalização atual é caracterizada pelo aumento na frequência e na intensidade do fluxo de produtos, matérias primas, serviços, componentes, capital e informações que ultrapassam as fronteiras dos países.

A economia brasileira vem em um processo crescente de internacionalização das empresas, embora ainda tímido se comparado com os chamados países de primeiro mundo, mas vem demonstrando uma força cada vez maior. Esse é um dos principais fatores influenciadores para o aumento de projetos globais nas empresas nacionais.

A quantidade de projetos globais vem crescendo consideravelmente nos últimos anos e sua importância tem se destacado entre as empresas que participam fornecendo os produtos para esses projetos. Diante desta tendência de crescimento agregada com a alta competitividade presente atualmente em todos os negócios, indústrias dos mais variados setores buscam soluções que as possibilitem serem competitivas perante as demais e principalmente soluções e melhorias que as tornem um diferencial no mercado. Diante desta busca por espaço no mercado, surgiram muitos conceitos e metodologias para aprimorar o gerenciamento de projetos.

O problema da presente pesquisa baseia-se no fato de que o gerenciamento de projetos globais é uma tarefa complexa que envolve diversas atividades que consomem tempo e recursos variados. Diante do exposto, propõe-se a utilização de técnicas auxiliares de planejamento para a empresa se tornar mais assertiva possível nos prazos e aumentar sua eficiência. Uma dessas técnicas é a metodologia PERT/CPM. É conveniente ou pode-se dizer que é necessário que engenheiros, economistas, organizadores, consultores e, em geral, todas as pessoas que tenham responsabilidades na elaboração e no controle de cronogramas, possam apreciar as possibilidades oferecidas pelo método do caminho crítico.

Nesse contexto, um estudo será desenvolvido sobre essas técnicas para aprimorar o gerenciamento de projetos, tornando mais assertiva a determinação de tempo necessário e a alocação de recursos para cada atividade do processo.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo geral

Desenvolver um estudo sobre o método de planejamento e controle conhecido como PERT/CPM, examinando, discutindo e exemplificado de forma acessível por meio da aplicação a um exemplo industrial.

1.1.2 Objetivos específicos

- Fazer um estudo teórico sobre a metodologia PERT/CPM, compreendendo sua abordagem teórica;
- Identificar um problema industrial buscando uma aplicação dos métodos abordados neste estudo;
- Estudar um software que possa ser de auxílio à aplicação da metodologia PERT/CPM;
- Estudar uma aplicação real, abordando as respectivas tarefas com os elementos que as compõe;
- Identificar os resultados obtidos e possíveis melhorias que a metodologia possa trazer;

1.1.3 Justificativa

Adquirir conhecimentos e experiência em gerenciamento de projetos é um diferencial para qualquer profissional no mercado de trabalho, devido a grande complexidade do assunto abordado.

Atualmente as empresas buscam pela redução de custos, onde, um dos fatores que podem contribuir para essa finalidade é a identificação dos tempos de cada tarefa a ser executada tanto durante os projetos dos produtos, quanto no processo produtivo. O

gerenciamento correto dos tempos pode possibilitar para as empresas uma redução nos riscos de serem penalizadas por multas fixadas nos contratos por atrasos tanto em determinadas etapas do projeto quanto no tempo de conclusão/entrega do produto.

Com os estudos feitos individualmente para cada etapa do processo pode-se melhorar o tempo para execução de cada atividade atribuindo melhorias. Porém, em alguns casos essas reduções de tempos muitas vezes são consideravelmente pequenas, em virtude disso o gerenciamento do projeto como um todo pode trazer reduções consideráveis no tempo total do projeto.

A utilização da técnica PERT/CPM ajuda a melhorar o rendimento através de um planejamento prévio do projeto, onde são identificados os tempos de início e de término para execução das tarefas bem como tarefas sucessoras e predecessoras, permitindo estabelecer um fluxo de execução dessas tarefas, bem como a identificação de caminhos críticos, ou seja, tarefas que, se atrasarem, comprometem todo o andamento do projeto.

A PERT/CPM pode ser utilizada desde as mais simples aplicações bem como em aplicações mais complexas, sendo um conhecimento muito útil para profissionais da área de projetos. Essa importância é mostrada pela quantidade de instituições que atualmente vem criando cursos exclusivos para o gerenciamento de projetos em virtude da alta procura de profissionais que percebem as possibilidades de melhorias que esse conhecimento pode gerar para suas empresas.

Neste trabalho, foi abordada a técnica PERT/CPM no sentido de estabelecer um estudo sobre seu funcionamento por meio de um exemplo prático. Sendo assim, o foco do trabalho não está na resolução de um grande problema de planejamento, mas sim, na apresentação e estudo da técnica, para que essa possa ser aplicada em situações futuras.

Sendo assim, foi estabelecido durante as pesquisas um roteiro de estudos que passou pela compreensão dos fundamentos da técnica, até a aplicação em um problema prático, mas de pequeno porte o qual é apresentado neste trabalho.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este capítulo aborda aspectos importantes da teoria de gerenciamento de projetos através da técnica PERT/CPM.

A sigla PERT (*Program Evaluation and Review Technique*) que significa “Técnica de avaliação e revisão de programas” trata basicamente da definição e avaliação de tarefas a serem executadas no desenvolvimento de um projeto. Já o CPM (*Critical Path Method*), “Método do Caminho Crítico”, corresponde a identificar quais as atividades críticas, que merecem atenção especial, pois podem atrasar todo o projeto (STANGER, 1976).

Nos tópicos a seguir serão descritos os fundamentos teóricos que baseiam essa técnica.

2.1 Planejamento de Projetos

Os projetos são considerados meios pelos quais as estratégias das organizações, inclusive aquelas relacionadas à internacionalização, são levadas a efeito. Conseqüentemente, são cada vez mais desenvolvidas além das fronteiras nacionais. Essa nova realidade introduz uma gama inédita de desafios gerenciais, a partir do momento em que indivíduos de diferentes organizações, de diferentes países, e com sistemas de valores precisam compartilhar autoridade, responsabilidade e tomada de decisões (SHORE; CROSS, 2005).

Para as empresas multinacionais inseridas nesse contexto de projetos globais o principal desafio é garantir que o produto que estão fornecendo está cumprindo com todas as especificações do projeto que o produto será inserido. É comum um projeto possuir dezenas de especificações e em alguns casos podem estar se contradizendo a respeito de um mesmo componente, matéria prima, ensaios, entre outros. Nesses casos o alinhamento deve ser feito de preferência no momento da cotação do produto, mas se por algum motivo acabar passando é fundamental que se tenha uma verificação apurada assim que o produto for vendido, e seja feito o alinhamento antes de colocar em produção evitando desperdícios, retrabalhos e principalmente satisfazendo o cliente final.

Uma outra variável importante nesse contexto de internacionalização das empresas é a

distância cultural entre os países que compõem as equipes de projetos. É comum fornecer produtos para o mesmo projeto, porém, administrados por países distintos que trazem à tona peculiaridades de seus clientes fazendo com que o produto tenha algumas variáveis. Avaliar se essas peculiaridades não estão na contramão das especificações é outra tarefa árdua para quem gerencia o projeto.

Conforme Valeriano (2001), o gerenciamento de projetos é uma metodologia que favorece a competitividade das organizações através da padronização das atividades. É relevante mencionar que o gerenciamento de projetos e administração de projetos são expressões que possuem a mesma definição.

2.2 Abordagem Histórica e Panorama Geral

Em 1957 a Marinha dos EUA estava realizando o Projeto Polaris e vinha enfrentando problemas técnicos, científicos e de gerenciamento do controle de recursos humanos e materiais, visto que havia mais de 9.000 contratados de diversas agências trabalhando em conjunto para executar esse projeto. Diante disto a Marinha decidiu desenvolver uma solução que permitisse executar projetos de grande porte que foi denominado PERT (*Program Evaluation and Review*), que permitiu a redução do tempo de conclusão desse projeto para três anos, sendo que inicialmente estava previsto para cinco (FERREIRA, 2005).

Conforme Stanger (1976), “Este método, desenvolvido em 1958 por uma equipe de Departamento de Projetos Especiais da Marinha dos Estados Unidos, é baseado em métodos estatísticos e matemáticos no planejamento, avaliação e controle de esforços de pesquisas e desenvolvimento”.

No fim da década de 1950 surgiu a técnica CPM desenvolvida pela DuPont em conjunto com a Remington Rang com o objetivo de balancear o prazo de execução e os custos diretos e indiretos, visando minimizar o custo total do projeto. As técnicas PERT e CPM foram desenvolvidas independentemente para o planejamento e controle de projeto, mas a grande semelhança entre elas tornou o termo PERT/CPM utilizado corriqueiramente como uma única técnica apenas (FERREIRA, 2005)..

Segundo Slack (2002) a análise de redes através das técnicas PERT/CPM ajudam no

planejamento e controle de projetos, na visualização das informações, através das redes (grafos) ou das barras do Diagrama de Gantt, criadas pelas relações de precedência e sucessão das atividades a partir do sequenciamento das atividades, do planejamento e controle da execução de diversos tipos de projetos.

Conforme Menezes (2001) é possível identificar em um cronograma PERT/CPM o início e o fim do projeto, o início e o fim de cada atividade, a duração de cada atividade, a folga estática das atividades, atividades críticas, relação entre as atividades.

Importantes aplicações da técnica PERT/CPM podem ser vistas em (Barra et al. (2013), Monteiro e Ramires (2012), Bastos et al. (2014), Nuss et al. (2017):

- Projetos envolvendo construção civil.
- Desenvolvimento de sistemas computacionais.
- Construção de navios.
- Produção de filmes.
- Pesquisa e desenvolvimento de um produto.
- Determinação de tempo total de fabricação de produtos.
- Condução de campanhas publicitárias.
- Instalação de um sistema de informação.

Muitas outras aplicações podem ser citadas com uso da técnica PERT/CPM. Basta que se tenha a descrição das tarefas a serem realizadas, suas durações e a suas ordens de precedência. Como a técnica PERT/CPM permite um maior controle nos tempos do projeto, ela é aplicada em diversas áreas e em vários projetos com diferentes níveis de complexidade. A seguir serão citadas algumas aplicações já realizadas utilizando essa técnica.

Monteiro e Ramires (2012), aplicaram a técnica PERT/CPM em uma indústria de móveis de madeira. Conforme os autores, por meio dos “cálculos realizados foi possível a determinação do tempo total de fabricação do produto e a identificação das atividades críticas para o processo de fabricação”, o que possibilitou um melhor controle do processo produtivo.

Barra et al. (2013) utilizaram a técnica PERT/CPM na Indústria da construção Civil utilizando o software MS Project. Conforme os autores “pode-se observar que a aplicação dessa ferramenta é de extrema relevância, pois permite uma visualização de fácil entendimento do sequenciamento das atividades” o que auxiliou no planejamento e execução de obra.

Bastos et al. (2014) aplicaram a técnica em um projeto de implementação de software integrado de gestão de uma empresa de tecnologia da informação. Resultados obtidos pelos

autores mostraram que o uso da técnica PERT/CPM reduziu o tempo de conclusão do projeto em mais de 40%, quando comparado ao cronograma inicial.

Nuss et al. (2017) aplicaram a ferramenta ao processo de produção de coluna de ferro armada em uma empresa de lajes, onde foram identificadas as atividades críticas, o que contribuiu para melhorar o gerenciamento do projeto evitando atrasos no processo.

Como pode ser identificado nos artigos acima citados da técnica PERT/CPM está sendo aplicada nos ramos da administração, informática, construção civil e na indústria, podendo ser utilizada nas mais diversas aplicações.

2.3 Rede PERT (grafo)

O método PERT consiste basicamente na representação gráfica de uma rede de atividades que interligadas seja possível verificar suas dependências e cronologia apontando tempos de início e término das tarefas bem como os caminhos para execução das atividades.

Conforme Stanger (1976), “O princípio fundamental da técnica PERT é que o Planejamento e Programação constituem funções distintas, portanto devem ser tratadas separadamente.”

Stonner (2001) apresenta o seguinte conceito de PERT: "Técnica de representação do plano de execução de um projeto ou empreendimento, por meio de um diagrama, que mostra as inter-relações entre as diversas, além de informações relativas ao prazo e recursos de cada tarefa".

Segundo Clements e Gido (2007), tarefa ou atividade é uma porção definida de trabalho que consome tempo, mas que não obrigatoriamente depende de esforços de pessoas.

De acordo com Barcaui et al. (2006) e Maximiano (2002), a definição das tarefas que irão fazer parte do cronograma é o primeiro processo de gerenciamento de tempo, sendo dessa forma, a porta de entrada para o gerenciamento de projetos.

Os principais elementos de uma rede PERT são:

- a) As tarefas, que são representadas por setas contínuas e mostram o tempo de desenvolvimento da atividade. Sobre essas setas está indicada a operação e o tempo

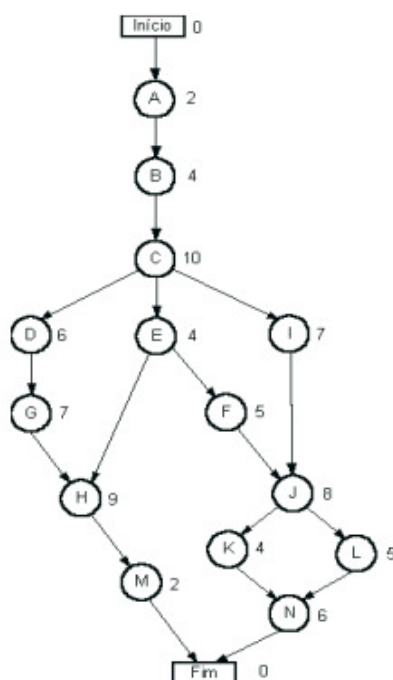
de duração.

Essas tarefas podem ser sucessivas (quando uma determinada tarefa só inicia após a conclusão da tarefa anterior), simultâneas (quando várias tarefas podem ser realizadas ao mesmo tempo) ou convergentes (quando várias etapas concluem em um mesmo tempo)

- b) As tarefas fantasmas, representadas por setas pontilhadas, que não consomem recursos e nem precisam de tempo, são as chamadas tarefas artificiais.
- c) Os eventos, que determinam o início e fim de cada tarefa.

A Figura 1 mostra um exemplo de rede PERT, a qual é representada por meio de um grafo. Nota-se que nessa rede são representadas tarefas em série e paralelas, e os respectivos tempos de duração.

Figura 1: Exemplo de Rede PERT: Atividades Paralelas e em Série



Fonte: https://www.ime.usp.br/~rvicente/PERT_CPM.pdf - Acesso em 06/04/2018.

2.4 Incerteza nas Redes PERT

Muitas vezes, ocorrem incertezas quanto à duração de uma atividade. Por exemplo, ao se planejar a terraplanagem de um terreno, pode ser esperado uma certa duração da tarefa, mas

dependendo do clima, no caso de ocorrerem chuvas além do esperado, esse tempo pode ser maior. Ou ainda, esse tempo pode ser menor, se já houvesse previsões de paradas para manutenção das máquinas, e se estas não foram necessárias. Sendo assim, é possível trabalhar com três estimativas de tempo:

- a) Otimista (o menor tempo possível no qual é provável concluir a atividade corretamente)
- b) Pessimista (duração máxima de uma atividade, levando em conta as condições mais desfavoráveis possíveis)
- c) Mais provável (duração que provavelmente vai acontecer sem as ocorrências de condições favoráveis ou desfavoráveis)

A fórmula utilizada para calcular a duração da atividade levando em conta essas três durações é mostrada na expressão (1), (ANDRADE, 2004).

$$\mu_i = \frac{p + 4m + o}{6} \quad (1)$$

Onde:

μ_i : Tempo médio de duração da tarefa i

p : previsão pessimista de duração da tarefa

m : previsão mais provável de duração da tarefa

o : previsão otimista de duração da tarefa

Essa equação proporciona um grande diferencial, sendo que diminui a incerteza e os riscos que existem em uma determinada atividade.

A variância (σ^2) da atividade levando em conta as previsões otimista e pessimista é calculada conforme expressão (2), (ANDRADE, 2004).

$$\sigma^2 = \frac{o - p}{6} \quad (2)$$

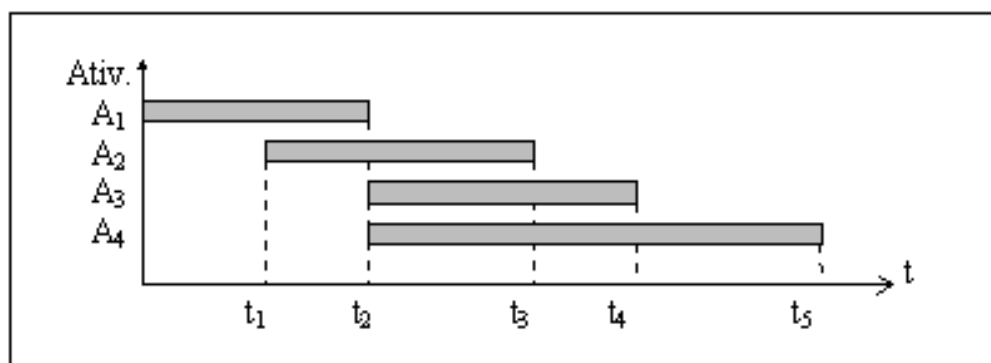
2.5 Diagrama de Gantt

Elaborado em 1917 por Henry Laurence Gantt, o modelo de diagrama de Gantt é indispensável no gerenciamento de projeto por ser uma ferramenta que demonstra uma ótima percepção visual do andamento das atividades, exibindo informações no formato de texto e barras de Gantt em escala de tempo e sequência de atividades.

Muito utilizado por permitir criar e editar o projeto inserindo tarefas e as respectivas durações possibilita definir uma relação sequencial entre suas tarefas, atribuindo pessoal e outros recursos necessários para realizar suas tarefas, além de facilitar o controle do andamento do projeto.

Conforme Junqueira (2015), o Diagrama de Gantt “é voltado para a o planejamento e programação das atividades e o fator tempo é representado por uma barra no gráfico, podendo ser demarcado os momentos de início e fim de atividades como também o progresso real ao longo do tempo”.

Figura 2: Exemplo de Diagrama de Gantt



Fonte: <https://cavalovapor.webnode.com.br/software-de-planejamento/grafico-de-gantt> - Acesso em 11/06/2018.

3 METODOLOGIA

Neste capítulo serão abordadas as etapas para o desenvolvimento do trabalho, o qual aborda o gerenciamento de um projeto para produção de uma linha específica de motores elétricos de grande porte.

3.1 Identificação do problema

Para o desenvolvimento deste trabalho delimitou-se o campo de pesquisa, abordando as etapas produtivas, focando-se somente em um tipo de produto. O objetivo principal, foi o de mostrar o funcionamento da técnica de gerenciamento PERT/CPM, para que posteriormente, essa possa ser aplicada em outros projetos.

De modo geral na empresa objeto de estudos, foi constatado que há necessidade de aprimorar o gerenciamento de projetos desde a entrada do pedido até o momento que se inicia a produção.

Foram consideradas neste trabalho, todas as etapas produtivas necessárias para a fabricação de um determinado tipo de motor. O tipo de motor e a empresa não serão mencionados no trabalho, pois o foco é mostrar o funcionamento da técnica PERT/CPM.

3.2 Modelagem do problema

Esta fase é composta pelos estudos e compreensão do problema e compreendeu as seguintes etapas:

- a) Identificação das tarefas a serem executadas;
- b) Verificação das atividades antecessoras e predecessoras;
- c) Determinação da duração de cada tarefa;
- d) Cálculos dos tempos médios e variâncias;
- e) Cálculos das folgas, e tempos de início e término das atividades;
- f) Confeção do diagrama de Gantt;
- g) Construção da rede PERT;

h) Cálculo de probabilidades de conclusão.

Cada uma dessas etapas será abordada detalhadamente no Capítulo 4.

3.3 Resolução do problema com auxílio computacional

Devido à complexidade dos projetos a serem executados, os quais envolvem geralmente um grande número de tarefas, e conseqüentemente um alto volume de cálculos, é comum recorrer ao auxílio de softwares específicos que abordam projetos PERT/CPM.

Um software bastante conhecido no mercado é o Microsoft Project, sendo de fácil utilização e possuindo bons relatórios de resultados, porém, necessita de licença para sua utilização.

Neste trabalho, recorreu-se ao uso de softwares e sistemas de licença gratuita.

Um software livre contendo várias funcionalidades, é o GanttProject, o qual pode ser obtido no endereço <https://www.ganttproject.biz>. Este software permite a inserção das tarefas, fazendo o diagrama de Gantt e calculando o caminho crítico.

Outra ferramenta de uso livre, e que produz bons resultados está disponível no endereço <http://www.mpsantos.com.br/Pert1.aspx>, e denomina-se “Aplicação PO”, podendo ser utilizada de modo on-line, sem necessitar de instalação, porém seu uso se limita a um número máximo de 30 tarefas.

Neste trabalho foi utilizada a ferramenta on-line “Aplicação PO”, para resolução do problema identificado.

3.4 Cálculo dos Tempos de Início e Término das Atividades

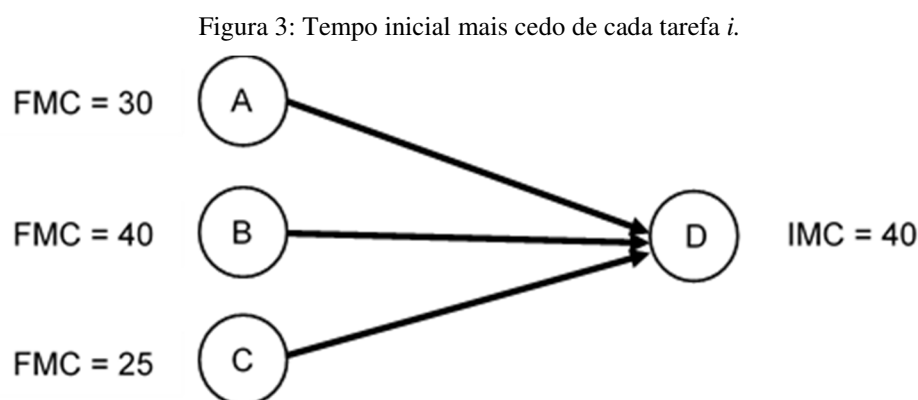
Para cada atividade constante em um projeto PERT/CPM, podem ser calculados os tempos mais cedo e mais tarde tanto no início como referente ao fim de cada tarefa (ANDRADE, 2004). Os tópicos a seguir descrevem como é calculado cada um desses tempos.

3.4.1 Tempo inicial mais cedo - IMC

O tempo inicial mais cedo de cada tarefa i (IMC_i), é calculado tomando-se o maior (máximo) tempo final mais cedo das atividades que a antecedem, conforme mostrado na Equação 3.

$$IMC_i = \max(FMC_{precedentes}) \quad (3)$$

A Figura 3 exemplifica o cálculo do IMC_i , onde o IMC da tarefa sucessora é dado pelo maior FMC das tarefas antecessoras.



Fonte: O Autor, 2018.

3.4.2 Tempo final mais cedo FMC

O FMC_i caracteriza-se como sendo o mais cedo possível que se pode concluir uma tarefa i . É calculado tomando-se o tempo inicial mais cedo de uma tarefa, e adicionando-se o tempo de duração D_i .

$$FMC_i = IMC_i + D_i \quad (4)$$

3.4.3 Tempo inicial mais tarde IMT

O IMT_i é calculado pela diferença entre o tempo final mais tarde FMT_i e a duração da tarefa i D_i conforme mostra a Equação 5.

$$IMT_i = FMT_i - D_i \quad (5)$$

3.4.4 Tempo final mais tarde FMT

O FMT_i corresponde ao tempo mais tarde que poderá ocorrer o fim de uma determinada tarefa. Equivale ao menor tempo inicial mais tarde (IMT) dentre todas as atividades sucessoras.

$$FMT_i = \min(IMT_{sucessoras}) \quad (6)$$

A Figura 4 exemplifica o cálculo do FMT da tarefa i , sendo este dado pelo menor IMT das tarefas sucessoras à tarefa i .

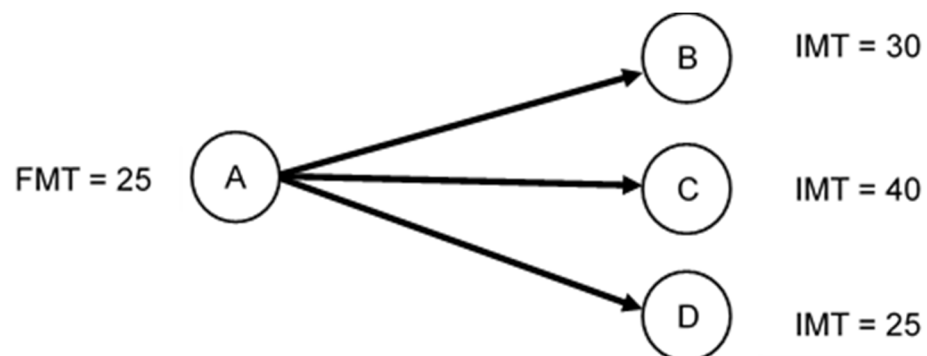


Figura 4: Tempo final mais tarde de cada tarefa i .

Fonte: O Autor, 2018.

3.4.5 Cálculo das Folgas

As folgas S (*Slack*) correspondentes a cada atividade são calculadas pela diferença entre o tempo final mais tarde (FMT) e o tempo final mais cedo (FMC), conforme mostrado na expressão 7, ou ainda pela diferença entre o tempo inicial mais tarde (IMT) e o tempo inicial mais cedo (IMC), conforme expressão 8 (ANDRADE, 2004).

$$S = FMT_i - FMC_i \quad (7)$$

$$S = IMT_i - IMC_i \quad (8)$$

As atividades que não possuem folgas determinam o caminho crítico do projeto, de forma que o atraso em qualquer uma dessas atividades implica como consequência, no atraso da conclusão do projeto.

4 RESOLUÇÃO DO PROBLEMA APLICADO

Este capítulo descreve o problema identificado no ambiente industrial, e como este foi tratado de forma a obter resultados com a utilização das ferramentas PERT/CPM.

Para isso, em uma primeira etapa foram identificadas as tarefas a serem realizadas. A partir daí, foram calculadas os tempos para início e término das atividades, bem como as possíveis folgas entre essas.

Nos tópicos a seguir são descritos esses passos.

4.1 Descrição das tarefas

A seguir estão explicadas as funções desenvolvidas em cada tarefa a ser realizada.

Tarefa 1: (Análise das solicitações do cliente). Nesta tarefa o vendedor responsável pela oferta avalia todas as solicitações do cliente e as especificações técnicas citadas para serem seguidas no projeto.

Tarefa 2: (Análise elétrica preliminar). Nesta fase um engenheiro eletricitista avalia de forma preliminar se é possível atender as especialidades elétricas solicitadas e mencionadas nas especificações, por fim, gera-se uma folha de dados com as características elétricas do motor.

Tarefa 3: (Análise Mecânica preliminar). Neste encargo um engenheiro mecânico avalia de forma preliminar se é possível atender as especialidades mecânicas solicitadas e mencionadas nas especificações. O responsável descreve as especialidades que o desenhista deve considerar.

Tarefa 4: (Desenho preliminar). Neste ofício um técnico gera o desenho preliminar do produto que será fornecido.

Tarefa 5: (Finalizar oferta). Com toda documentação elétrica e mecânica o vendedor forma o preço do produto, faz uma avaliação do tempo que levará para o produto ser produzido após a confirmação do pedido e envia ao cliente.

Tarefa 6: (Pedido de compra). Após a avaliação da documentação, tempo de entrega e preço o cliente envia o pedido de compra confirmado.

Tarefa 7: (Conferir solicitações do cliente). Nesta etapa o vendedor 2 confere se há novas especialidades que não foram consideradas na fase de oferta e se existe alguma divergência entre os documentos enviados e os comentários do cliente. Posteriormente envia uma solicitação para certificar os documentos preliminares enviados.

Tarefa 8: (Análise elétrica certificada). Nesta fase um engenheiro eletricista confere se o cálculo feito na fase de oferta está correto para produção.

Tarefa 9: (Análise mecânica certificada). Nesta incumbência um engenheiro mecânico avalia as especialidades da oferta, passa as orientações para certificar o dimensional e encaminha para as áreas de compras e engenharia industrial avaliar os componentes/ferramentais necessários para produção.

Tarefa 10: (Compras). Nesta etapa o responsável por compras cota as melhores opções de preço e prazo de entrega dos componentes comprados que serão necessários no projeto e efetua as compras.

Tarefa 11: (Engenharia Industrial). Nesta tarefa são avaliados os ferramentais necessários para produção dos componentes.

Tarefa 12: (Desenho certificado). Neste ofício um técnico gera o desenho certificado do produto que será fornecido.

Tarefa 13: (Implantação da ordem). Após toda documentação estar certificada o vendedor 2 implanta a ordem no sistema e liberando para engenharia realizar o projeto.

Tarefa 14: (Projeto elétrico). Nesta função o projetista elétrico cria toda lista de materiais elétricos necessários para o projeto.

Tarefa 15: (Projeto mecânico). Nesta etapa o projetista mecânico finaliza a lista de dos componentes necessários para o projeto.

Tarefa 16: (PCP Planejamento e controle da produção). Por fim o produto é lançado para produção.

4.2 Atividades, precedências e duração.

De acordo com PMI (2013), o sequenciamento das atividades é o processo pelo qual se

identifica e documenta os relacionamentos entre as atividades do projeto de forma lógica. Cada atividade é interligada com pelo menos um predecessor e um sucessor, com exceção da primeira e da última atividade. Pode ser necessário que se utilize o tempo de antecipação ou espera entre as atividades, para que o cronograma do projeto possa ser realista e executável.

Segundo Maximiano (2002), o sequenciamento das atividades consiste em determinar a ordem de execução das tarefas, e suas dependências. Este sequenciamento possibilita o estabelecimento de prioridades, e em seguida representar em gráficos as relações entre elas, sintetizando em um diagrama de precedências.

Para Barcaui et al. (2006), o processo de sequenciamento viabiliza a identificação das dependências lógicas entre as atividades. Além de representar este sequenciamento, é necessário que se documente todos os tipos de dependência.

No Quadro 1 foram sequenciadas as tarefas, atividades predecessoras e foram estimados os tempos pessimistas, mais prováveis e otimistas. Esse sequenciamento foi feito utilizando o histórico de metas da empresa e com um questionamento aos responsáveis por cada tarefa. É fundamental que os dados abaixo sejam os mais realistas possíveis, para que os objetivos do gerenciamento do projeto sejam alcançados.

Quadro 1: Tarefas

Tarefa	Descrição	Tarefas Predecessoras	Duração Pessimista (dias)	Duração Mais Provável (dias)	Duração Otimista (dias)
A	Análise do pedido	-	3	4	1
B	Análise elétrica preliminar	A	2	0,5	0,1
C	Análise mecânica preliminar	A	2	1	0,5
D	Desenho preliminar	B, C	2	1	0,5
E	Formalizar oferta	B, D	3	2	0,5
F	Confirmação do pedido	E	7	3	1
G	Analisar pedido	F	3	1	0,3
H	Análise elétrica certificada	G	2	1	0,5
I	Análise mecânica certificada	G	3	2	1
J	Compras	I	7	3	1
K	Engenharia industrial	I	3	2	1
L	Desenho certificado	I	2	1	0,3
M	Implantação do a ordem	H, J, K, L	2	1	0,2
N	Projeto elétrico	M	3	2	0,5
O	Projeto mecânico	M	5	2	0,8
P	PCP	N, O	2	1	0,5

Fonte: O autor (2018)

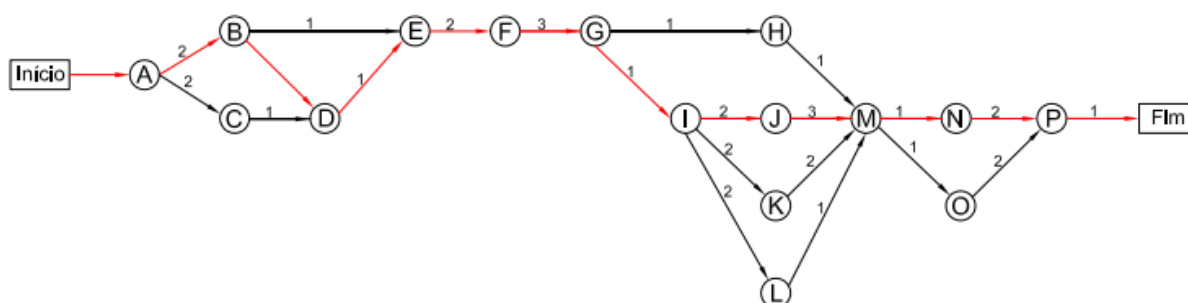
4.3 Rede PERT

A partir da lista de atividades e das relações de precedência a rede pode ser facilmente construída, podendo ser respondidas duas perguntas cruciais no planejamento do projeto:

1º- Qual o tempo total requerido para concluir o projeto se nenhum atraso ocorrer?

2º- Quais as atividades que não podem sofrer atrasos, pois acarretariam em um atraso no tempo de conclusão do projeto inteiro (Atividades Gargalos)?

Figura 5: Rede PERT.



Fonte: O autor, 2018.

Considerando a rede PERT, apresentada acima, foram encontrados 24 diferentes caminhos. A descrição dos caminhos e seu tempo de conclusão são mostrados a seguir.

- 1) A, B, E, F, G, H, M, N, P = 14 dias
- 2) A, B, E, F, G, H, M, O, P = 14 dias
- 3) A, B, E, F, G, I, J, M, N, P = 18 dias
- 4) A, B, E, F, G, I, J, M, O, P = 18 dias
- 5) A, B, E, F, G, I, K, M, N, P = 17 dias
- 6) A, B, E, F, G, I, K, M, O, P = 17 dias
- 7) A, B, E, F, G, I, L, M, N, P = 16 dias
- 8) A, B, E, F, G, I, L, M, O, P = 16 dias

- 9) A, B, D, E, F, G, H, M, N, P= 16 dias
- 10) A, B, D, E, F, G, H, M, O, P= 16 dias
- 11) A, B, D, E, F, G, I, J, M, N, P = 19 dias
- 12) A, B, D, E, F, G, I, J, M, O, P= 19 dias
- 13) A, B, D, E, F, G, I, K, M, N, P= 18 dias
- 14) A, B, D, E, F, G, I, K, M, O, P= 18 dias
- 15) A, B, D, E, F, G, I, L, M, N, P= 17 dias
- 16) A, B, D, E, F, G, I, L, M, O, P= 17 dias
- 17) A, C, D, E, F, G, H, M, N, P= 16 dias
- 18) A, C, D, E, F, G, H, M, O, P= 16 dias
- 19) A, C, D, E, F, G, I, J, M, N, P = 19 dias
- 20) A, C, D, E, F, G, I, J, M, O, P= 19 dias
- 21) A, C, D, E, F, G, I, K, M, N, P= 18 dias
- 22) A, C, D, E, F, G, I, K, M, O, P= 18 dias
- 23) A, C, D, E, F, G, I, L, M, N, P= 17 dias
- 24) A, C, D, E, F, G, I, L, M, O, P= 17 dias

O caminho destacado na Figura 5, corresponde ao caminho crítico, o qual será melhor explicado no tópico 4.4.

4.4 Diagrama de Gantt

O desenvolvimento do cronograma foi realizado utilizando uma planilha de cálculo, onde foram inseridas as atividades, o período de duração e o sequenciamento das atividades, sendo gerado o diagrama de Gantt, que é um padrão de visualização do cronograma de fácil e rápida compreensão. O diagrama de Gantt é mostrado no Quadro 2.

Quadro 2: Diagrama de Gantt (em dias)

Tarefa	Descrição	Predecessoras	Mais Provável	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
A	Análise do pedido	-	2	■	■																		
B	Análise elétrica preliminar	A	1			■																	
C	Análise mecânica preliminar	A	1			■																	
D	Desenho preliminar	B, C	1				■																
E	Formalizar oferta	B, D	2					■	■														
F	Confirmação do pedido	E	3							■	■	■											
G	Analisar pedido	F	1										■										
H	Análise elétrica certificada	G	1											■									
I	Análise mecânica certificada	G	2											■	■								
J	Compras	I	3													■	■	■					
K	Engenharia industrial	I	2													■	■						
L	Desenho certificado	I	1													■							
M	Implantação do a ordem	H, J, K, L	1															■					
N	Projeto elétrico	M	2																■	■			
O	Projeto mecânico	M	2																	■	■		
P	PCP	N, O	1																			■	

Fonte: O autor, 2018.

4.5 Duração esperada das atividades

A seguir é mostrado o Quadro 3, onde foi identificada a lista de atividades elaborada para o projeto, suas durações e calculada a variância de cada tarefa.

Nesta etapa são avaliados detalhadamente os fatores que podem interferir ou não na duração de cada tarefa. Cada atividade pode ter fatores que oneram o tempo para sua conclusão dependendo do nível de complexidade do projeto, como exemplo, pode ser citada a tarefa *J* (Compras) onde o tempo estimado de conclusão da tarefa vai ter uma dependência relativamente alta com a complexidade do projeto. Nesta atividade pode ser necessário desenvolver fornecedor para um ou vários materiais novos visando atender as solicitações do cliente referente a especialidades de *layout* da planta, que pode fazer com que o produto necessite de componentes comprados para atendê-lo.

A determinação das especificações técnicas é algo comum em projetos globais, também pode ter grande influência na quantidade de materiais comprados. Nelas geralmente já são definidos os “*Vendor List*” (Fabricantes qualificados pelo cliente), que o comprador exige que determinados acessórios do produto sejam fornecidos somente por esses fabricantes, aumentando assim a quantidade de materiais a serem comprados.

Diante dos fatores expostos na tarefa *J* por exemplo, utilizaram-se alguns históricos que a empresa possuía para identificar as durações otimista, provável e pessimista que para essa tarefa, os quais são respectivamente 1, 3 e 7 dias. Procedeu-se de forma análoga para as demais tarefas de modo que seus valores são mostrados no Quadro 3.

Quadro 3: Durações das atividades.

Atividade	Durações (em dias)			Duração Média (em dias)	Variância
	Otimista	Provável	Pessimista		
A	1	2	3	2	0,11
B	0,1	0,5	2	0,68	0,1
C	0,5	1	2	1,08	0,06
D	0,5	1	2	1,08	0,06
E	0,5	2	3	1,92	0,17
F	1	3	7	3,33	1
G	0,3	1	3	1,22	0,2
H	0,5	1	2	1,08	0,06
I	1	2	3	2	0,11
J	1	3	7	3,33	1
K	1	2	3	2	0,11
L	0,3	1	2	1,05	0,08
M	0,2	1	2	1,03	0,09
N	0,5	2	3	1,92	0,17
O	0,8	2	5	2,3	0,49
P	0,5	1	2	1,08	0,06

Fonte: O autor - quadro gerado pelo software Aplicação PO, 2018.

4.6 Tempos e folgas para as atividades

Após determinadas as durações médias, foram calculados os tempos de início e fim e as folgas para cada tarefa, conforme é mostrado no Quadro 4.

Quadro 4: Tempos e folgas para as tarefas.

Atividade	Duração média (dias)	Tempo mais cedo (dias)		Tempo mais tarde (dias)		Folga Total (dias)	Atividade Crítica
		Início	Fim	Início	Fim		
A	2	0	2	0	2	0	SIM
B	0,68	2	2,68	2	2,68	0	SIM
C	1,08	2	3,08	2,68	3,77	0,68	
D	1,08	2,68	3,77	2,68	3,77	0	SIM
E	1,92	3,77	5,68	3,77	5,68	0	SIM
F	3,33	5,68	9,02	5,68	9,02	0	SIM
G	1,22	9,02	10,23	9,02	10,23	0	SIM
H	1,08	10,23	11,32	14,49	15,57	4,25	
I	2	10,23	12,23	10,23	12,23	0	SIM
J	3,33	12,23	15,57	12,23	15,57	0	SIM
K	2	12,23	14,23	13,57	15,57	1,34	
L	1,05	12,23	13,28	14,52	15,57	2,29	
M	1,03	15,57	16,6	15,57	16,6	0	SIM
N	1,92	16,6	18,52	16,6	18,52	0	SIM
O	2,3	16,6	18,9	17,3	19,6	0,7	
P	1,08	18,52	19,6	18,52	19,6	0	SIM

Fonte: O autor - quadro gerado pelo software Aplicação PO

4.7 Caminho Crítico

O caminho em que a soma das durações das atividades tem maior duração e que não possui folgas é considerado o caminho crítico. As atividades sobre este caminho são as Atividades Críticas (Atividades gargalos), ou seja, qualquer atraso em qualquer uma dessas atividades irá atrasar a duração de todo projeto.

As demais atividades se sofrerem algum atraso poderão ou não atrasar a duração de todo o projeto.

No problema resolvido, o caminho: A, B, D, E, F, G, I, J, M, N, P corresponde ao caminho crítico. Neste caso, qualquer das tarefas que atrasar, implicará no atraso do projeto todo.

4.8 Média e Variância do Projeto e Cálculo de Probabilidades

As médias e variâncias referentes à duração do projeto, podem ser calculadas, baseadas nas estatísticas obtidas de cada tarefa, conforme é mostrado nas expressões 9 e 10 (ANDRADE, 2004).

$$\mu = \sum_i \mu_i \quad (9)$$

A expressão (9) mostra que a duração média do projeto, é calculada pela soma das médias de cada tarefa i .

Analogamente, a variância do projeto é calculada pela soma das variâncias de cada tarefa i , conforme mostrado na expressão (10).

$$\sigma^2 = \sum_i \sigma_i^2 \quad (10)$$

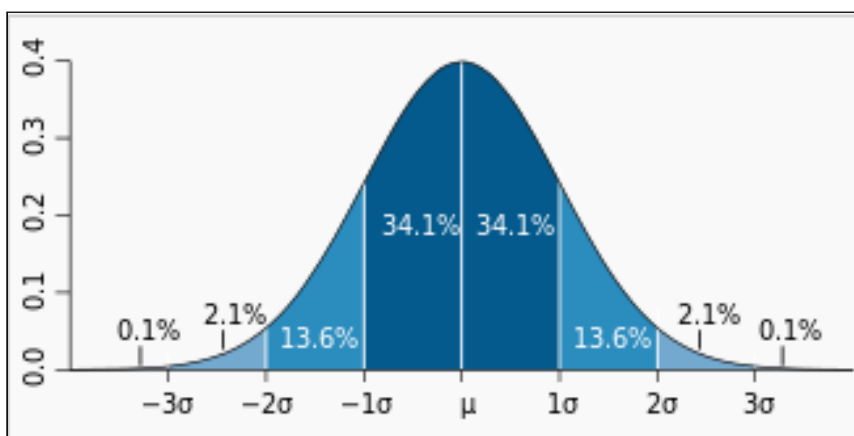
Sendo assim, no problema desenvolvido nesse trabalho chegou-se a uma duração esperada do projeto (duração média) de 19,6 dias com variância 3,1, obtendo-se assim, um desvio padrão de 1,8 dias.

Considerando uma distribuição normal de probabilidade, há naturalmente as seguintes probabilidades (BARBETTA, 2010):

- Probabilidade de 68,26% de ocorrência dos fenômenos entre $(\mu - \sigma)$ e $(\mu + \sigma)$, ou seja: média ± 1 desvio padrão;
- Probabilidade de 95,44% de ocorrência dos fenômenos entre $(\mu - 2\sigma)$ e $(\mu + 2\sigma)$, ou seja: média ± 2 desvios padrão;
- Probabilidade de 99,74% de ocorrência dos fenômenos entre $(\mu - 3\sigma)$ e $(\mu + 3\sigma)$, ou seja: média ± 3 desvios padrão.

A Figura 6 ilustra essas probabilidades, na curva Gaussiana.

Figura 6: Curva Gaussiana com probabilidades de ocorrências.



Fonte: <https://cognoscentes.wordpress.com/2013/03/07/as-curvas-de-gauss/> Acesso em 05/06/2018.

Levando em consideração a distribuição Normal de probabilidade, há, nesse caso 68,26% de chance que o projeto seja concluído no intervalo 19,6 dias \pm 1,8 dias ($\mu \pm \sigma$), ou seja, entre 17,8 e 21,4 dias, o que pode ser arredondado para aproximadamente 17 a 22 dias.

Considerando 2 desvios padrão, por exemplo, há chance de 95,44% que o projeto seja concluído no intervalo 19,6 dias \pm 3,6 dias ($\mu \pm 2\sigma$), ou seja, entre 16 e 23 dias aproximadamente.

Ainda, considerando 3 desvios padrão, há chance de 99,74% que o projeto seja concluído no intervalo 19,6 dias \pm 5,5 dias ($\mu \pm 3\sigma$), ou seja, entre 14 e 25 dias aproximadamente.

Outras probabilidades para os prazos de conclusão, podem ser calculados utilizando a distribuição Normal de probabilidade, o que não será tratado neste trabalho.

5 CONCLUSÃO E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Este estudo que teve como objetivo o estudo e aplicação da metodologia PERT/CPM no gerenciamento de um projeto simples, baseado em um problema fabril, possibilitou a verificação do fluxo de execução de tarefas, identificando níveis de precedência e dependência entre tais tarefas. A metodologia ainda, permite um maior controle sobre o projeto a ser desenvolvido, pois permite em primeiro lugar, identificar atividades que precisam ser executadas em série, ou paralelamente, e a partir daí calcular seus tempos de início e término, possibilitando identificar o caminho crítico.

Com os resultados obtidos na aplicação apresentada neste trabalho, a ferramenta PERT/CPM se mostra eficaz na busca da melhoria do controle da duração estimada do projeto, possibilitando uma maior assertividade nas propostas passadas aos clientes.

A identificação do caminho crítico do projeto, ou seja, atividades que não devem atrasar, permite que esforços sejam concentrados nesse grupo de tarefas, de modo a evitar atrasos em suas execuções de modo garantir o prazo final de conclusão do projeto.

Como sugestões para trabalhos futuros pode-se mencionar a aplicação da técnica em problemas de maior porte, comparando com o rendimento com técnicas utilizadas cotidianamente nas empresas na gestão de projetos.

Outra sugestão seria abordar também os custos na execução das tarefas, que podem ser relacionados com seus prazos de execução, obtendo como resultado assim, não somente o tempo de execução, mas também o custo total do projeto.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, E. L. **Introdução à Pesquisa Operacional - Métodos e Modelos para Análise de Decisões**. LTC, 2004.
- BARBETTA, P.; R., Marcelo Menezes; BORNIA, Antonio Cezar. **Estatística: para cursos de engenharia e informática**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2010.
- BARCAUI, A. B. et al. **Gerenciamento do tempo em projetos**. 2 ed. Rio de Janeiro: FGV, 2006.
- BARRA, R. B. M; SEPTIMIO, G. A.; BASTOS, L. S. L; MARTINS, V. W. B. **Elaboração de Rede PERT/CPM na Indústria da Construção Civil através da Utilização do Software MS Project: um Estudo de Caso**. Enegep. Salvador – BA, 2013.
- BASTOS, L. S. L. et. al. **Rede PERT/CPM como Instrumento de Análise do Sequenciamento de Projetos em Uma Empresa de Sistemas Integrados de ERP**. SIMPEP - Simpósio de Engenharia de Produção, At Bauru / SP, Volume: Anais 2014
- CLEMENTS P. J.; GIDO J. **Gestão de Projetos**. São Paulo: Thomson Learning, 2007.
- FERREIRA, H. B. **Redes de Planejamento: Metodologia e Prática Com PERT/CPM e MS Project**. Salvador: Real e Dados, 2005.
- JUNQUEIRA, M. N.; SALOMAO, S.; QUEIROZ, G. A.; IANNONI, J. R. **Utilização da Ferramenta Gráfico de GANTT no Processo Produtivo de uma Empresa de Equipamentos Médicos de Franca-SP**. Fortaleza: XXXV Enegep, 2015.
- MAXIMIANO, A. C. A. **Administração de projetos: como transformar ideias em resultados**. 2 ed. São Paulo: Atlas, 2002.
- MENEZES, Luís César de Moura. **Gestão de projetos**. São Paulo: Atlas, 2001.
- MONTEIRO, N. J.; RAMIRES, V. R. M. **Aplicação das Técnicas de PERT/CPM para Determinação do Tempo Total de Fabricação e do Caminho Crítico do Produto Cadeira Diretor em uma Empresa de Móveis em Belém Do Pará**. Enegep. Salvador – BA, 2013.
- NUSS, A. E. G. et al. **Aplicação da técnica PERT/CPM no Processo de Produção de Coluna de Ferro Armada em uma Empresa de Lajes**. XI Encontro de Engenharia de Produção Agroindustrial. Campo Mourão, 2017.
- PMI. **Um Guia do Conhecimento em Gerenciamento de Projetos (Guia PMBOK) – 5ª Edição** – Project Management Institute, 2013.
- SHORE, B.; CROSS, B. J. Exploring the role of national culture in the management of large-scale international science projects, **International Journal of Project Management**. Elsevier, n°23, pp. 55-64, 2005.
- SLACK, Nigel et al. **Administração da produção**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

STANGER, L. B. P. **PERT/CPM: técnica de planejamento e controle**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 1976.

STONNER, R. **Ferramentas de Planejamento: Utilizando o MS Project para gerenciar empreendimentos**. Rio de Janeiro: E-papers, 2001.

VALERIANO, Dalton L. **Gerenciamento estratégico e administração por projetos**. São Paulo: Makron, 2001. 295 p.