



# ConBRepro

X CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO



EVENTO  
ON-LINE

02 a 04  
de dezembro 2020

## Gerenciamento de projetos com utilização de redes PERT/CPM: uma aplicação industrial

**Gerson Ulbricht**

Departamento de Ensino – Instituto Federal de Santa Catarina - IFSC

**Emanoel Arildo dos Santos**

Departamento de Ensino – Instituto Federal de Santa Catarina – IFSC

**Cassiano Rodrigues Moura**

Departamento de Ensino – Instituto Federal de Santa Catarina - IFSC

**Resumo:** Este trabalho aborda a utilização da técnica PERT/CPM no gerenciamento de projetos. A técnica consiste na identificação de tarefas e sua forma de execução e 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.

## Project management with use of PERT/CPM networks: an industrial application

**Abstract:** This work approaches the using of PERT/CPM technique in project management. The technique consists of the identification of tasks and their way of execution and also 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.

## 1. Introdução

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.

## 2. Planejamento de Projetos

Os projetos são considerados meios pelos quais as estratégias das organizações, inclusive aquelas relacionadas à internacionalização, são levadas a efeito. Consequentemente, 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).

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. 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. 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.

Segundo (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". Conforme 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.

### 3. Metodologia

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.

### 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.

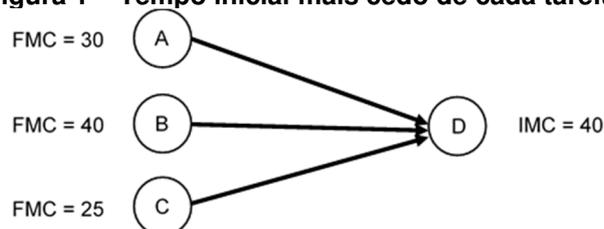
#### 4.1 Tempo inicial mais cedo - IMC

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 1.

$$IMC_i = \max(FMC_{precedentes}) \quad (1)$$

A Figura 1 exemplifica o cálculo do  $IMC_i$ , onde o IMC da tarefa sucessora é dado pelo maior FMC das tarefas antecessoras.

Figura 1 – Tempo inicial mais cedo de cada tarefa  $i$ .



Fonte: Os autores (2020)

## 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  $D_i$ .

$$FMC_i = IMC_i + D_i \quad (2)$$

## 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.

$$IMT_i = FMT_i - D_i \quad (3)$$

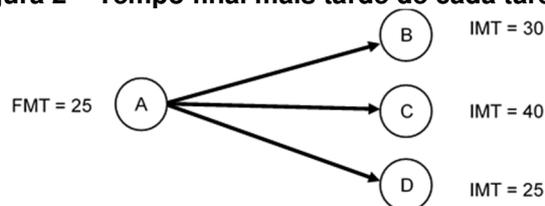
## 4.4 Tempo final mais tarde FMT

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.

$$FMT_i = \min(IMT_{sucessoras}) \quad (4)$$

A Figura 2 exemplifica o cálculo do FMT da tarefa  $i$ , sendo este dado pelo menor IMT das tarefas sucessoras à tarefa  $i$ .

Figura 2 – Tempo final mais tarde de cada tarefa  $i$ .



Fonte: Os autores (2020)

## 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).

$$S = FMT_i - FMC_i \quad (5)$$

$$S = IMT_i - IMC_i \quad (6)$$

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.

## 5 Modelagem e resolução do problema

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

- Identificação das tarefas a serem executadas;
- 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.

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.

## **6 Descrição das tarefas, 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.

Na Tabela 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.

**Tabela 1 – Descrição das Tarefas**

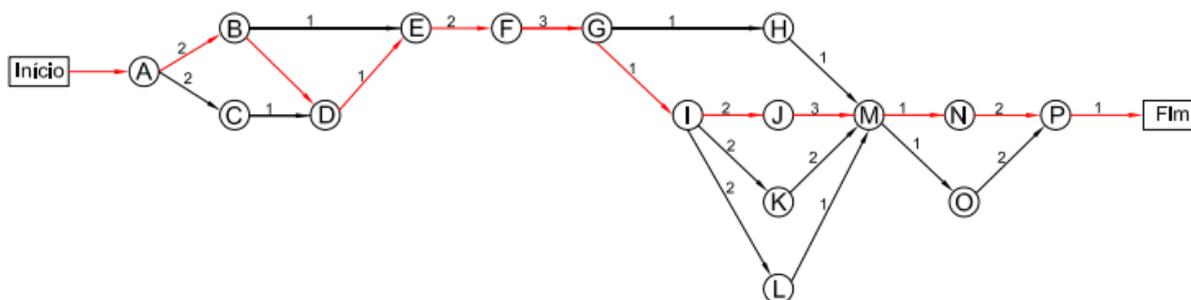
Tarefa	Descrição	Tarefas predecessoras	Duração pessimista (dias)	Duração mais provável (dias)	Duração otimista (dias)
A	Análise do pedido	-	3	4	1
B	Análise elétrica preliminar	A	2	0,5	0,1
C	Análise mecânica preliminar	A	2	1	0,5
D	Desenho preliminar	B, C	2	1	0,5
E	Formalizar oferta	B, D	3	2	0,5
F	Confirmação 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 (2020)

## 7 Rede PERT e diagrama de Gantt

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: 1) Qual o tempo total requerido para concluir o projeto se nenhum atraso ocorrer? 2) Quais as atividades que não podem sofrer atrasos, pois acarretariam em um atraso no tempo de conclusão do projeto inteiro (Atividades Gargalos)?

**Figura 3: Rede PERT.**



Fonte: Os autores (2020)

Considerando a rede PERT, apresentada acima, foram encontrados 24 diferentes caminhos. O caminho destacado na Figura 3, corresponde ao caminho crítico.

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 1.

**Quadro 1 – Diagrama de Gantt**

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: Os autores (2020)

## 8 Duração esperada das atividades

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 na Tabela 2.

**Tabela 2 – Duração 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)

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.

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.

### 8.1 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 na Tabela 3.

**Tabela 3 – Duração, folga e criticidade de cada tarefa**

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 (2018)

### 8.2 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.

## 9 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.

BARCAUI, A. B. et al. **Gerenciamento do tempo em projetos**. 2 ed. Rio de Janeiro: FGV, 2006.

CLEMENTS P. J.; GIDO J. **Gestão de Projetos**. São Paulo: Thomson Learning, 2007.

MAXIMIANO, A. C. A. **Administração de projetos: como transformar ideias em resultados**. 2 ed. São Paulo: Atlas, 2002.

MENEZES, L. C. M. **Gestão de projetos**. São Paulo: Atlas, 2001.

PMI. **Um Guia do Conhecimento em Gerenciamento de Projetos**. 5ª Ed. 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, N. 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, D. L. **Gerenciamento estratégico e administração por projetos**. São Paulo: Makron, 2001. 295 p.