

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ**

**Henrique Andrade Godoy**

**INCORPORAÇÃO DA INCERTEZA NO CÁLCULO  
DO EARNED VALUE MANAGEMENT**

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

**Orientador:** Prof. Carlos Eduardo Sanches Silva, Dr.

**Itajubá**

**2011**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ**

**Henrique Andrade Godoy**

**INCORPORAÇÃO DA INCERTEZA NO CÁLCULO  
DO EARNED VALUE MANAGEMENT**

Dissertação submetida para avaliação por banca examinadora em 25 de fevereiro de 2011, conferindo ao autor o título de Mestre em Ciências em Engenharia de Produção

**Banca examinadora:**

Prof. Carlos Eduardo Sanches Silva, Dr.

Prof. Carlos Henrique Pereira Mello, Dr.

Prof. Valério Antonio Pamplona Salomon, Dr.

**Itajubá**

**2011**

# DEDICATÓRIA

À minha família e amigos, pois só  
com ajuda deles este trabalho se  
tornou possível.

## AGRADECIMENTOS

A realização deste trabalho se traduz numa conquista neste momento de dificuldades e dúvidas. Dessa forma, não posso me esquecer das pessoas que tornaram essa jornada menos árdua e mais prazerosa.

Agradeço, então, aos meus pais Domingos e Conceição por todos os momentos, ensinamentos e palavras que me fizeram refletir e buscar um ideal, possibilitando, assim, que este trabalho alcançasse sucesso. Sou grato por todo amor, carinho, dedicação e confiança que vocês têm por mim em toda minha vida.

Aos meus irmãos Aline e Gustavo, cujas atitudes relacionadas à busca por conhecimento serviram como exemplo em mais esta titulação.

Ao amigo Carlos Eduardo Sanches da Silva, por ter sido mais do que orientador, mas também uma referência dentro do Gerenciamento de Projetos, além de alguém em quem pude confiar. Também ao amigo Carlos Henrique Pereira Mello, pelos sábios conselhos, dicas e orientações desde a época da graduação. Obrigado por terem me guiado desde o início do mestrado.

Da mesma forma, sou grato a todos os professores do IEPG, por terem conduzido esse instituto rumo ao sucesso crescente, possibilitando a existência desse curso, e também pelos ensinamentos que contribuíram para minha formação e desenvolvimento. Agradeço, especialmente, ao Professor Anderson Paulo de Paiva pela ajuda e colaboração em partes essenciais dessa pesquisa. Agradeço, também, aos amigos de mestrado, pelas sugestões, críticas e companheirismo. Um obrigado especial àqueles que estão juntos comigo desde a graduação: Barbara, Janaína, Mona Liza, Rafael Florêncio e Rafael Miranda, pois essa amizade foi essencial em mais essa jornada. Ao amigo Lucas um agradecimento particular pelos momentos de conselho, desabafo e espaiamento que nunca faltaram, principalmente nas horas mais difíceis. Não posso deixar de estender estes agradecimentos a todos os amigos da graduação, especialmente Denis, Tiago, Matheus, Eduardo Kawai e Rafael Carneiro, pela presença sempre constante ao meu lado. Obrigado, também, aos amigos da “República Mamute” pela acolhida, momentos de alegria, compreensão quando necessário e todos os gestos que tornaram essa estadia em Itajubá mais prazerosa.

Meus agradecimentos à empresa objeto de estudo por abrir suas portas e a seus funcionários que, com sua ajuda e disponibilidade, permitiram que este trabalho se concretizasse.

Agradeço a CAPES, FAPEMIG e CNPq pelo apoio financeiro que permitiram a realização do mestrado e por incentivar a pesquisa e desenvolvimento de profissionais no nosso país.

*“Os eruditos são aqueles que leram nos livros;  
mas os pensadores, os gênios, os iluminadores  
do mundo e os promotores do gênero humano  
são aqueles que leram diretamente no livro do  
mundo”*

*(Arthur Schopenhauer)*

## RESUMO

O Gerenciamento de Projetos tem sido adotado por companhias do mundo todo como forma de organização do trabalho, através de suas metodologias e técnicas. Não chega a ser difícil, assim, encontrar citações entusiastas sobre este tema. Ao mesmo tempo, porém, não são raros projetos que fracassam ao tentar cumprir as metas pré-estabelecidas. O papel que os riscos desempenham nessas situações indesejadas é de considerável consenso. Para minimizar este tipo de problema, aumentando a controlabilidade sobre essas variáveis, a adoção do *Earned Value Management* tem sido crescente nos últimos anos e sua utilidade cada vez mais reconhecida.

Ocorre, porém, que, como o *Earned Value* e seus indicadores resultam de operações envolvendo variáveis passíveis de oscilações, a precisão dessa ferramenta torna-se, em alguns casos, limitada. Partindo dessa constatação, o presente trabalho tem como objetivo propor a incorporação da incerteza no cálculo do *Earned Value*, possibilitando análises sobre dados que indicam suas variâncias e contribuindo, assim, para o processo de tomada de decisão. Para isso, adotou-se o método de pesquisa-ação. Inicialmente, custos e prazos foram estimados para cada atividade do projeto objeto de análise, o qual necessitava ser monitorado devido a metas de custo e prazo impostas por um órgão governamental. Outra necessidade encontrada pela empresa onde o mesmo se desenvolveu foi concluí-lo o quanto antes para que suas atividades de comercialização pudessem ser iniciadas.

Para que se pudesse calcular o orçamento, *Earned Value* e demais indicadores desejados, utilizou-se a simulação pelo método de Monte Carlo. O efeito da consideração ou supressão das relações de dependência estatística entre as variáveis também foi investigado, através de criação de cenários onde os coeficientes de correlação foram desconsiderados ou estimados e simulados. Os resultados e análises feitas pelo gerente do projeto indicaram que a sistemática proposta se mostrou adequada e útil para o monitoramento e controle dos custos e dos prazos, apontando sucesso no atendimento dos objetivos iniciais.

## **ABSTRACT**

Project Management has been adopted by worldwide companies as a job organization system, using its methodologies and tools. It's not difficult to find enthusiastic quotations about this theme, indicating that succeeding in projects is a key path towards the competitiveness in business environment. In the meantime, projects that fail trying to meet pre-established costs goals and deadlines are not rare. The role that risk and uncertainty play in such unwanted situations has considerable consensus. To minimize such problems, increasing the controllability of these variables, the adoption of Earned Value Management has been growing in recent years and its usefulness increasingly recognized.

As Earned Value and its indicators are the result of operations involving cost and time variables, however, the values found may inherit their deviations, what can take the calculated values away from the real ones, making the accuracy of this tool, in some cases, inadequate.

Based on this observation, this paper aims to propose the incorporation of uncertainty in Earned Value calculations. Conducting analysis on data that contemplate their variances, it is expected that decision making should be better substantiated. For this, we adopted the action research method. Initially, cost and time were estimated for each activity of the project under examination, which needed to be monitored due to cost and schedule targets imposed by a government agency. Besides, there was a need to complete the project as soon as possible so it could start their commercial activities.

Monte Carlo Simulation method was used, so that one could calculate the budget, Earned Value and other indicators. The effect of accounting or slighting the statistical dependence relations between variables was also investigated, by creating scenarios where the correlation coefficients were ignored or estimated and simulated.

Results and analysis by the Project Manager indicated that the methodology proposed was adequate and useful for monitoring and controlling both costs and time, indicating success in meeting the initial goals.

## Lista de figuras

Figura 2.1 – Fluxo de informações nos processos de monitoramento e controle.-----	50
Figura 2.2 – Ciclo de análise de risco. -----	57
Figura 2.3 – Exemplo de distribuição triangular-----	62
Figura 3.1 – Exemplo de desempenho final de custos.-----	72
Figura 4.1 – Ciclo de pesquisa-ação.-----	78
Figura 4.2 – Ciclos de pesquisa-ação.-----	79
Figura 4.3 – Cronograma para atividade 19 -----	85
Figura 4.4 – Custos estimados da atividade 19 -----	86
Figura 4.5 – Matriz de correlação entre atividades do 1º ciclo-----	89
Figura 4.6 – Custos estimados para dezembro e janeiro para atividade 42 -----	91
Figura 4.7 – Custos estimados para dezembro e janeiro para a parte concluída da atividade 42 até 29 de janeiro de 2010 -----	92
Figura 4.8 – Resultados do teste ANOVA One-Way para as amostras de CPI 1º ciclo -----	93
Figura 4.9 – Resultados do teste ANOVA One-Way para as amostras de SPI 1º ciclo -----	94
Figura 4.10 – Adequação dos dados amostrais de CPI de 1º ciclo à diferentes distribuições de possibilidades -----	95
Figura 4.11 – Adequação dos dados amostrais de SPI de 1º ciclo à diferentes distribuições de possibilidades -----	96
Figura 4.12 – Gráfico matricial dos dados simulados de SPI e CPI 1º ciclo -----	97
Figura 4.13 – Adequação dos dados amostrais de SPI de 2º ciclo à diferentes distribuições de possibilidades -----	99
Figura 4.14 – Adequação dos dados amostrais de CPI de 2º ciclo à diferentes distribuições de possibilidades -----	99
Figura 4.15 – Gráfico matricial dos dados simulados de SPI e CPI 2º ciclo -----	100
Figura 4.16 – Adequação dos dados amostrais de SPI do 3º ciclo à diferentes distribuições de possibilidades -----	102
Figura 4.17 – Adequação dos dados amostrais de CPI do 3º ciclo à diferentes distribuições de possibilidades -----	103
Figura 4.18 – Gráfico matricial dos dados simulados de SPI e CPI 3º ciclo -----	103

## **Lista de tabelas**

Tabela 2.1 - Exemplo de custos do projeto estimados por meio de entrevista sobre riscos. -----	63
Tabela 3.1 – Exemplo de orçamento e percentual terminado para cálculo do EV -----	68
Tabela 4.1 – Parte concluída das atividades no final de janeiro-----	91

## **Lista de quadros**

Quadro 2.1 – Processos do gerenciamento de projetos-----	28
Quadro 2.2 – Áreas de conhecimento do gerenciamento de projetos-----	30
Quadro 2.3 – Técnicas para programação e monitoramento de projetos-----	32
Quadro 2.4 – Razões para a subestimação de custos -----	41
Quadro 2.5 – Processos do Gerenciamento de Riscos segundo PMI (2004) -----	58
Quadro 2.6 – Técnicas de modelagem na análise quantitativa de riscos -----	60
Quadro 3.1 – Dificuldades potenciais de implantação e recomendações para maior eficiência do EVM -----	65
Quadro 4.1 – Propósitos e detalhamento dos ciclos desta pesquisa-ação -----	80

## Lista de siglas e abreviaturas

ACWP	<i>Actual Cost of Work Performed</i>
AEWP	<i>Actual Expenditure of Work Performed</i>
AHP	<i>Analytic Hierarchy Process</i>
AIPM	<i>Australian Institute of Project Management</i>
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
BaC	<i>Budget at Completion</i>
BBN	<i>Bayesian Belief Network</i>
BCWP	<i>Budgeted Cost of Work Performed</i>
BCWS	<i>Budgeted Cost of Work Scheduled</i>
CAD	<i>Computer Aided Design</i>
CBR	<i>Case-Based Reasoning</i>
CPI	<i>Cost Performance Index</i>
CPM	<i>Critical Path Method</i>
CO	Custo Orçado
CR	Custos Reais
CrR	<i>Critical Ratio</i>
C/SCSC	<i>Cost/Schedule Control Systems Criteria</i>
CV	<i>Cost Variance</i>
EaC	<i>Estimate at Completion</i>
EAP	Estrutura Analítica de Projetos
EBT	Empresa de Base Tecnológica
ERP	<i>Enterprise Resources Planning</i>
ES	<i>Earned Schedule</i>
EV	<i>Earned Value</i>
EVM	<i>Earned Value Management</i>
EVPMS	<i>Earned Value Project Management System</i>
FINEP	Financiadora de Estudos e Projetos
GERT	<i>Generalized Activity Network</i>
GP	Gerenciamento de Projetos

IPMA	<i>International Project Management Association</i>
JRAP	<i>Judgmental Risk Analysis Process</i>
KPI	<i>Key Performance Indicator</i>
MCDM	<i>Multi Criteria Decision Making</i>
NN	<i>Neural Network</i>
PAVA	<i>Phase-Assured Value Analysis</i>
PBEV	<i>Performance-Based Earned Value</i>
PERT	<i>Program Evaluation and Review Technique</i>
PMBok	<i>Project Management Body of Knowledge</i>
PMI	<i>Project Management Institute</i>
PRIME	Primeira Empresa Inovadora
PVWP	<i>Price Value of Work Performed</i>
SBS	<i>Stochastic Budget Simulation</i>
SGQ	Sistema de Gestão pela Qualidade
SMC	Simulação de Monte Carlo
SPI	<i>Schedule Performance Index</i>
SV	<i>Schedule Variance</i>
TAPAS	<i>Time And Priority Allocation Scheduling</i>
TI	Tecnologia da Informação
TQM	<i>Total Quality Management</i>
VME	Valor Monetário Esperado
VP	Valor Planejado
WBS	<i>Work Breakdown Structure</i>

# ÍNDICE

<b>Capítulo 1 - Introdução.....</b>	<b>17</b>
1.1 Contextualização .....	17
1.2 Justificativa .....	19
1.3 Objetivos.....	22
1.4 Método de pesquisa .....	22
1.4.1 Classificação da pesquisa.....	22
1.4.2 Objeto de estudo da pesquisa .....	23
1.4.3 Instrumentos de coleta de dados.....	24
1.5 Limitações.....	24
1.6 Estrutura da dissertação .....	24
<b>Capítulo 2 - Gerenciamento de projetos .....</b>	<b>26</b>
2.1 Os processos de gerenciamento de projetos .....	27
2.2 As áreas de conhecimento do gerenciamento de projetos .....	28
2.3 Gerenciamento do tempo do projeto .....	31
2.3.1 Incertezas afetando o tempo dos projetos .....	32
2.3.2 Lidando com incertezas nos cronogramas .....	35
2.3.3 Monitoramento e controle do tempo do projeto.....	36
2.4 Gerenciamento de custos do projeto .....	38
2.4.1 Estimativa de custos .....	38
2.4.2 Orçamentação.....	42
2.4.3 Controle de custos .....	48
2.5 Gerenciamento de riscos do projeto .....	52
2.5.1 Análise Quantitativa de Riscos .....	59
2.5.2 Distribuições de Probabilidades .....	61
<b>Capítulo 3 - Earned Value Management (EVM) .....</b>	<b>64</b>
3.1 Funcionamento do Earned Value .....	66
3.1.1 Monitorar o progresso das atividades e atualizar o cronograma .....	67
3.1.2 Identificar e incorporar os custos reais .....	68
3.1.3 Calcular o EV .....	68

3.1.4 Analisar os dados e preparar relatório .....	69
3.2 Indicadores do Earned Value Management .....	69
3.2.1 Medições de desempenho .....	69
3.2.2 Medições de desvio .....	70
3.2.3 Previsões .....	71
3.2.3.1 Desempenho final de custos .....	71
3.2.3.2 Previsão de duração do projeto.....	72
3.3 Trabalhos relacionados .....	73
3.4 Incertezas afetando o Earned Value .....	76
<b>Capítulo 4 - Pesquisa-ação.....</b>	<b>78</b>
4.1 Contexto e propósito .....	80
4.2 Objeto de estudo e unidade de análise.....	81
4.3 Coleta dos dados .....	85
4.4 Primeiro ciclo da pesquisa ação .....	86
4.4.1 Custos orçados.....	87
4.4.2 Custos reais .....	90
4.4.3 <i>Earned Value</i> .....	90
4.4.4 Cálculo dos índices para avaliação do desempenho .....	92
4.4.5 Análise do projeto com base no EVM.....	96
4.5 Segundo ciclo da pesquisa ação .....	98
4.5.1 Análise do projeto com base no EVM.....	100
4.6 Terceiro ciclo da pesquisa ação .....	101
4.6.1 Análise do projeto com base no EVM.....	103
4.7 Avaliação geral pelo gerente do projeto .....	104
<b>Capítulo 5 - Análise dos resultados .....</b>	<b>107</b>
<b>Capítulo 6 – Conclusões.....</b>	<b>111</b>
6.1 Conclusões gerais .....	111
6.2 Recomendações para trabalhos futuros .....	112
6.3 Considerações finais.....	113
<b>APÊNDICE A – Cronograma do projeto.....</b>	<b>114</b>
<b>APÊNDICE B – Custos estimados do projeto.....</b>	<b>124</b>

<b>APÊNDICE C – Custos reais do projeto.....</b>	<b>129</b>
<b>APÊNDICE D – Percentual realizado e custos estimados das partes concluídas.....</b>	<b>133</b>
<b>APÊNDICE E – Matriz de correlações .....</b>	<b>137</b>
<b>Referências bibliográficas.....</b>	<b>139</b>

# Capítulo 1 - Introdução

## 1.1 Contextualização

É comumente divulgado que o gerenciamento de projetos atual surgiu durante a segunda guerra mundial, quando era dedicado a grandes projetos militares e de construção. A partir desse contexto, o gerenciamento de projetos tem então crescido e se difundido ao redor do mundo, se formalizando e se estruturando, até se tornar o que é hoje, ou seja, um conjunto de teorias, princípios, metodologias e práticas (VIDAL e MARLE, 2008).

Segundo Kwak e Anbari (2009), é notável um crescimento da popularidade e interesse em pesquisas na área de gerenciamento de projetos a partir dos anos 1980 e a tendência é que aumentem ainda mais no futuro. Eles destacam ainda que o gerenciamento de projetos não é mais uma mera prática de planejar, programar e executar projetos visando eficácia e eficiência, mas também uma área acadêmica e uma das disciplinas chaves de gestão, que consiste de pesquisas empíricas e teóricas baseadas em sólidos fundamentos acadêmicos.

Hoje o gerenciamento de projetos tem emergido como uma profissão, com práticas aceitas, corpos profissionais e padrões definidos por órgãos internacionais destinados exclusivamente à sua organização, como o *Project Management Institute* (PMI), o *International Project Management Association* (IPMA) e o *Australian Institute of Project Management* (AIPM) (MOHANTY E TUNGARE, 2007).

Pode-se perceber, nos últimos anos, uma tendência inequívoca das maiores companhias do mundo em adotar o gerenciamento de projetos não como uma simples metodologia ou conjunto de ferramentas, mas sim como uma filosofia de trabalho (EVE, 2007). Tipicamente, o termo projeto é usado para descrever o padrão observado de organização ou interação dentro de uma organização. Frequentemente, porém, este termo é também citado de forma normativa, por aqueles que advogam que projeto é aquilo no que as organizações devem se tornar se quiserem ser competitivas nos ambientes de negócio (SÖDERLUND, 2004).

Como grande parte dos trabalhos hoje em dia é desenvolvida através de projetos, adquirir maior eficiência nisso irá, provavelmente, permitir que a organização encare com menores dificuldades diversos desafios estratégicos e operacionais que possam entrar no seu caminho (LONGMAN e MULLINS, 2004).

Cicmil (1997) aponta como possíveis ganhos ao se introduzir e conduzir de forma satisfatória uma sistemática de gerenciamento de projetos: obtenção de maiores retornos pela otimização do uso dos recursos; maior atendimento aos objetivos do desenvolvimento de produtos, e consequente expansão de mercado (o gerenciamento de projetos proporciona uma abordagem disciplinada para garantir que se coloque no mercado o produto correto na hora certa); e suporte para uma maior eficiência da gestão do conhecimento através da organização de equipes e networking.

Eve (2007) lembra ainda como ponto forte de uma boa aplicação do gerenciamento de projetos a possibilidade de se maximizar os resultados obtidos com metodologias que visam melhorar a eficiência e competitividade das empresas, como o *six sigma* e o *lean manufacturing*. O autor destaca, ainda, os resultados obtidos por grandes corporações como AT&T, Boeing, Hewlett Packard, IBM e GM através da boa prática do gerenciamento de projetos, como redução de tempos de ciclo/processo entre 30% e 65%, redução de defeitos/partes rejeitadas e retrabalhos entre 35% e 75%, diminuição no número de mudanças de escopo e engenharia entre 45% e 68%, aumento no lucro médio da ordem de 6% e no retorno sobre investimentos da ordem de 20%.

Existem, porém, numerosas publicações que mostram que projetos freqüentemente falham em cumprir suas metas de cronograma e orçamento, havendo diversas propostas de soluções. O impacto que riscos/incertezas causam sobre tais metas de um projeto é substancial e comumente aceito, o que torna o gerenciamento de riscos uma questão importante, bem como compreender de que forma ele contribui com esses problemas dos projetos (KRANE, ROLSTADÅS e OLSSON, 2010).

As incertezas relevantes são uma questão central em qualquer projeto, independente da sua duração ou de quanto custará, e incluem as partes que devem estar envolvidas, o alinhamento dos seus objetivos, o alinhamento dos objetivos do projeto com as estratégias da organização, as definições de requisitos de recurso e escopo, escolha e gerenciamento dos processos apropriados, gerenciamento dos *trade-offs* existentes entre os atributos de medição de desempenho e as implicações dos riscos associados. Uma gestão de riscos eficiente diz respeito a gerenciar tais riscos relevantes, buscando entender **onde** e **por que** eles impactam, o que **pode** e **deve** ser feito a respeito e **quem** deve assumir as responsabilidades gerenciais e financeiras por isso (CHAPMAN e WARD, 2004).

Iniciar, planejar, executar e encerrar o projeto, realizando análises de riscos visando realizar essas tarefas com o melhor desempenho possível não garante, porém, que ele esteja de fato convergindo para os resultados desejáveis. Parte daí, então, a importância das atividades e ferramentas referentes aos processos de monitoramento e controle.

O interesse em acompanhar o projeto no seu decorrer a fim de melhorar os resultados finais vem crescendo nos últimos anos e pesquisas abordando o monitoramento e avaliação são cada vez mais frequentes nos periódicos científicos (CRAWFORD, POLLACK e ENGLAND, 2006). Dentro desta área, as pesquisas de desempenho abordando o *Earned Value Management* (EVM) tem se destacado, com crescimento de mais de 100% nos anos 2000. Em termos absolutos, porém, esta área representa, ainda, apenas 7% do total de pesquisas envolvendo a gestão de projetos (KWAK e ANBARI, 2009).

EVM consiste de um monitoramento refinado dos custos do projeto e a melhor ferramenta atualmente disponível em termos de confiabilidade e precisão para medir o desempenho global do mesmo (JIGEESH e BHAT, 2006). Peeters e Madauss (2008) defendem esta como uma eficiente ferramenta para fins de controle de cronograma e custos. Porém, a confiabilidade das informações fornecidas pelo EVM são diretamente proporcionais a precisão dos dados em que elas se baseiam (BOWER e FINEGAN, 2009). Essa pesquisa busca, assim, integrar a análise de riscos com o EVM, analisando a precisão dos dados de custos e prazos dos projetos, verificando os riscos e incertezas que lhes são inerentes, para posteriormente buscar um meio de se melhorar a confiabilidade do EVM, incorporando estas incertezas no seu cálculo.

## **1.2 Justificativa**

A importância dessas duas áreas (gerenciamento de riscos e monitoramento do projeto) pode ser evidenciada pelo *survey* realizado por Yousef (2008), que mostrou que as técnicas de análise de risco estão entre os cinco tipos de técnicas de gerenciamento mais utilizadas dentro das organizações e que a área de avaliação de projetos é a primeira na lista das áreas onde mais se aplicam tais técnicas. Albeny (2007) porém, é cauteloso quanto ao crescimento de trabalhos envolvendo gerenciamento de riscos, sugerindo que, embora este seja considerável, essa área ainda não pode ser considerada como consolidada.

Ojiako, Johansen e Greenwood (2008), ao tentar identificar as variáveis chaves que influenciam mudanças em um projeto levando ao fracasso ou sucesso, concluiu que não há algum fator

responsável integralmente. As falhas ou sucessos ocorrem devido a uma combinação de eventos em uma base contínua. Assim, há necessidade de maior atenção com relação aos fatores críticos que influenciam o sucesso dos projetos (BOURNE e WALKER, 2004) e desenvolvimento de regimes mais refinados que garantam que estes fatores foram efetivamente identificados (CICMIL, 2000). Um *survey* realizado por Yasin, Czuchry e Alavi (2002) constatou que os fatores custo e tempo estão entre as variáveis consideradas de maior importância para os gerentes de projeto. O gerenciamento de riscos, porém, figurou na lista dos fatores subjugados. A obtenção de tal resultado levou os autores a sugerirem um conflito com a visão das empresas, havendo uma brecha entre as práticas de gerenciamento de projetos e a realidade dos negócios. Isso pelo fato da não valorização de algumas variáveis consideradas estratégicas pelos autores por parte dos gerentes, como o gerenciamento de riscos.

A falta de aprofundamento nesse tipo de análise é também apontada por Cervone (2006), quando este diz que os gerentes de projeto realizam apenas um exame superficial e então estipulam uma “margem de risco”. Dada e Jagboro (2007) também observaram essa prática de considerar riscos apenas pela adição de um valor de contingência, sem utilizar técnicas matemáticas de análise ou abordagens sistemáticas. Segundo os autores, a maior parte dos casos de atrasos e extrapolação de custos em projeto se deve a eventos que não foram previstos ou cujas incertezas não foram estimadas adequadamente. Estes autores realizaram um *survey* para verificar o impacto (em termos monetários) que os riscos causam nos orçamentos. A conclusão foi que a extrapolação de custos devido a fatores de risco pode chegar a 30% do montante do contrato do projeto. Esse resultado levou os autores a afirmarem que a integração da análise de riscos merece maior atenção, defendendo que a mesma pode contribuir com melhoras no desempenho dos custos e tempo.

Dikmen, Birgonul e Han (2007), similarmente, ao final de seu trabalho sobre quantificação de riscos e seu impacto sobre o orçamento de projetos, foram ainda mais específicos ao sugerirem a integração de análise de riscos, os fatores que os influenciam e os custos reais do projeto, defendendo ainda que os riscos sejam calculados por meio de análise estatística. Essa dissertação busca trazer, assim, uma sistemática para essa integração.

Como motivação para o desenvolvimento deste trabalho, destaca-se, também, a sugestão de Ward e Chapman (2003) de que os processos de gerenciamento de risco, como operados correntemente, adotam uma definição de que riscos são “eventos que podem dar errado”, limitando seu foco a

melhorar o desempenho dos projetos. Os autores defendem que é necessária uma perspectiva mais ampla, que englobe o tratamento das incertezas e da noção de que incerteza é “falta de certeza”, havendo possibilidade de ocorrerem eventos favoráveis ao sucesso do projeto. É sugerida, assim, uma transformação do gerenciamento de riscos em gerenciamento das incertezas. Dessa forma, neste trabalho, o gerenciamento de riscos terá seu foco no tratamento de incertezas, enquanto a consideração das mesmas na forma de cenários pessimista, realista ou mais provável e otimista visa abordar os riscos tanto em condições favoráveis como desfavoráveis.

A proximidade entre o gerenciamento de riscos e o *Earned Value Management* foi discutida por Hillson (2004a). Segundo ele, ambos os temas são ferramentas favoráveis ao fornecimento de uma visão sobre os fatores que podem afetar os resultados do projeto, havendo interesse considerável em desenvolver uma abordagem combinada para criar benefícios em sinergia. Dessa forma o autor esboça em seu trabalho passos práticos para combinar o EVM e o gerenciamento de riscos. Essa integração é sugerida também por Bower e Finegan (2009).

Oliveira (2003), seguindo a mesma linha de pesquisa, sugeriu estudar a integração da técnica do *Earned Value Management* (EVM) com o gerenciamento de riscos e os processos de tomada de decisão, a fim de se obter uma ação conjunta sobre as contingências e reservas dos projetos. Partindo dessa sugestão, Albeny (2007) desenvolveu seu trabalho. Entendendo a razão destes autores, esta dissertação busca propor uma forma de integração desses temas.

Oliveira (2003) constatou ainda que a projeção de prazos através do *Earned Value* (EV), ao contrário dos custos, ainda não é muito abordada e discutida, talvez pelo fato de ferramentas tradicionais como o *Critical Path Method* (CPM) se apresentarem mais práticas. O autor sugere, então, analisar a precisão das estimativas de prazo através do EV, o que também será feito no presente trabalho.

Peeters e Madauss (2008) constatam, por fim, que casos de práticas de sucesso envolvendo aplicação de ferramentas de controle não estão devidamente documentados. Alguns projetos foram geridos por meio dessas ferramentas sendo concluídos dentro do orçamento, mas seu processo não foi socializado em publicações, havendo risco de perda do conhecimento tácito para as futuras gerações de controladores de projeto. A documentação da pesquisa que se propõe no presente estudo visa contribuir, também, nesta brecha.

Em suma, partindo desse contexto que inclui certa desatenção dos gerentes na questão de riscos ao mesmo tempo em que a literatura (SANCHEZ *et al.*, 2009, MCGREW e BILOTTA, 2000; MOBEY e PARKER, 2002; WOOD e ELLIS, 2003; DEY e OGUNLANA, 2004; BACCARINI, SALM e LOVE, 2004) enfatiza a importância dessa área para o sucesso de um projeto, a maturidade ainda não consolidada do tema, a importância emergente que a técnica do EVM vem apresentando e das oportunidades de estudo sugeridas por outros autores, justifica-se estudar a integração entre a análise de riscos e a técnica do *Earned Value*, identificando os impactos que as incertezas das variáveis de custo e tempo causam no cálculo do EV.

### 1.3 Objetivos

O objetivo geral desta dissertação é propor e apresentar a incorporação da incerteza no cálculo do *Earned Value Management*.

O atendimento deste objetivo desdobra-se nos seguintes objetivos específicos:

- Levantar, através de revisão da literatura, os fatores que podem causar incerteza nas estimativas de prazos e custo e, conseqüentemente, nos cronogramas e no orçamento;
- Verificar métodos propostos na literatura para tratamento das incertezas nessas variáveis e nos índices do EVM;
- Propor e analisar a precisão de um método estatístico para se obter o EV e seus índices na forma de média e variância;
- Utilizar o método proposto para controle dos custos e tempo do projeto de adequação do Sistema de Gestão pela Qualidade aos requisitos da NBR ISO 9001, contribuindo para o sucesso do projeto na empresa objeto de estudo.

### 1.4 Método de pesquisa

#### 1.4.1 Classificação da pesquisa

Segundo Bryman (2008), é viável que se tente conciliar o problema de pesquisa com o método adotado o mais estreitamente possível, de forma a minimizar as perdas que limitações ocorrentes possam trazer. Sendo assim, foi realizado para o presente trabalho um planejamento de pesquisa procurando verificar qual o método se mostraria o mais adequado para se atingir os objetivos propostos proporcionando, ao mesmo tempo, confiabilidade e validade científica. Determinou-se, então, a realização de uma pesquisa-ação devido:

- ao fato de que o pesquisador participará diretamente nas reuniões de controle dos custos e tempos do projeto, testando a eficácia do método de cálculo do EV proposto juntamente com profissionais da empresa objeto de estudo, visando solucionar conjuntamente o problema. Isso enquadra o trabalho em características da pesquisa-ação (COUGHLAN e COUGHLAN, 2002) e;
- a objetivar-se utilizar a sistemática proposta para fins de controle do projeto visando melhorar o desempenho do mesmo, sendo necessário analisar posteriormente a eficiência dessa sistemática (BALLANTYNE, 2004);

Além disso, Jorgensen e Wallace (2000) nos lembram que grande parte das ferramentas existentes para elaboração de cronogramas é estática. Quando o gerente altera seus planos, porém, ele pode reduzir o custo total esperado. De forma a captar estas variações do orçamento e do cronograma, é conveniente analisar o projeto durante vários ciclos, verificando a variação da incerteza conforme o projeto caminha das fases iniciais para seu final. O método de pesquisa-ação de Coughlan e Coughlan (2002), adotado neste trabalho, permite tal análise em ciclos, mostrando-se, mais uma vez, adequado à proposta da dissertação.

#### **1.4.2 Objeto de estudo da pesquisa**

Trata-se de uma empresa pertencente a um programa de incubação, que tem como atividades o desenvolvimento, produção e comercialização de equipamentos eletromédicos visando atender a hospitais, clínicas e demais profissionais de saúde.

A escolha deste objeto de estudo se mostrou adequada devido a particularidades referentes a empresas de base tecnológica, tais como deficiências nas suas práticas de gestão (apontada por TOLEDO *et al.* (2008) como uma das principais causas da baixa natalidade e alta mortalidade desse tipo de empresa no Brasil) e a importância apontada por Evans (1998) que a área de qualidade (incluindo certificação na NBR ISO 9001) possui para as estratégias de crescimento das mesmas.

Dentre as empresas de base tecnológica, verificou-se a viabilidade de se focar naquelas que se encontram em processo de incubação. Isso se deve a fatores observados em uma revisão da literatura, tais como sua importância para a economia em contrapartida com as dificuldades que elas enfrentam nos estágios iniciais de vida (XU, 2010).

Por fim, dentre as empresas da incubadora acessada (que se enquadram nesse perfil), a realização da pesquisa nessa empresa em especial se mostrou oportuna devido à necessidade que a mesma

possuía de cumprir suas metas de custo e tempo. Como, contemporaneamente à elaboração do presente trabalho, a mesma iniciava seu projeto de adequação do Sistema de Gestão pela Qualidade aos requisitos da NBR ISO 9001, tornou-se possível o desenvolvimento deste trabalho.

### **1.4.3 Instrumentos de coleta de dados**

Os dados foram levantados por meio de entrevista semi-estruturada com o gestor da empresa, responsável pelo gerenciamento desse projeto, e com o consultor especialista em Sistemas de Gestão da Qualidade contratado pela empresa. Complementam-se os registros do projeto efetuados pelos funcionários e estagiários envolvidos nas atividades, bem como as observações do pesquisador.

## **1.5 Limitações**

O trabalho se limita à proposta incorporação da incerteza no cálculo do *Earned Value*, sugerindo e avaliando uma sistemática estruturada para a aplicada no projeto objeto de estudo.

Sendo assim, reconhecem-se as limitações particulares que o projeto analisado apresenta: valores de custo relativamente baixos, o que colocou o fator tempo como prioridade ao gerente; os poucos itens de custo envolvidos, já que estes se resumiam às remunerações pagas ao estagiário, diretor e consultor (itens estes controláveis pela empresa, já que os dois primeiros são funcionários, constituindo fatores internos, enquanto o consultor, que é o único fator externo, possui contrato com a empresa, o que diminui os riscos envolvidos); a adequação de um SGQ à norma NBR ISO 9001:2008 apresenta baixa complexidade de desenvolvimento, resultando nas etapas do projeto objeto de estudo apresentarem pouca incerteza quanto a seus pacotes de trabalho (resultados parciais) e alocação temporal de recursos.

## **1.6 Estrutura da dissertação**

Este trabalho se encontra dividido em cinco capítulos, cujo seqüenciamento e seções se dão de forma a facilitar o entendimento e interconexões entre os temas abordados.

Neste primeiro capítulo, tem-se a introdução do trabalho, que se inicia com a contextualização do tema, seguida por uma explanação que procura justificar tal estudo referente a este tema e determinar os objetivos do trabalho. O Capítulo também busca justificar o método de pesquisa adotado, a descrição do objeto de estudo, os instrumentos de coleta de dados, suas limitações, culminando na breve descrição de sua estrutura.

O segundo capítulo traz uma revisão de literatura a respeito de gerenciamento de custos e do tempo, cujas incertezas são um dos pontos-chave da dissertação. Por isso, traz, também, várias abordagens sobre gerenciamento dos riscos, procurando interligar essas três áreas.

O terceiro capítulo aborda o *Earned Value Management*, nivelando seus conceitos, funcionalidades e trabalhos já realizados sobre esse tema, terminando com abordagens estatísticas, relacionadas com a que se discute no presente trabalho.

O capítulo quatro é dedicado à pesquisa-ação, se iniciando com o detalhamento do método definido, passando pela realização dos ciclos e trazendo análises sobre os resultados encontrados.

O quinto e último capítulo é destinado às conclusões da pesquisa, às considerações gerais e às propostas para trabalhos futuros. As contribuições obtidas deste trabalho também são discutidas nesse capítulo.

Após o texto, seguem os apêndices. O Apêndice A traz o cronograma do projeto; o Apêndice B, os custos estimados do projeto; o Apêndice C, os custos reais do projeto; o Apêndice D, o percentual realizado e custos estimados das partes concluída de cada atividade; o Apêndice E, por sua vez, traz a matriz de correlações. Por final, se encontram as referências bibliográficas.

## Capítulo 2 - Gerenciamento de projetos

Projetos, segundo Kerzner (2006b), são atividades empresariais com objetivo definido que consomem recursos e possuem como fatores preponderantes, prazos, custos e qualidade. O PMI (2004) aponta ainda como característica básica dos projetos a elaboração progressiva, que significa que o mesmo é desenvolvido passo a passo e, conforme vai se avançando, ele é incrementado pela equipe, que vai obtendo melhor entendimento dos objetivos. Tendo definido o que são projetos, Kerzner (2006b) propõe que o gerenciamento de projetos (GP) consiste no planejamento, programação e controle das diversas tarefas e atividades integradas buscando-se atingir sua meta.

A fim de se facilitarem a elaboração progressiva e o gerenciamento, costuma-se dividir o projeto em fases. Para cada fase, devem-se definir seus objetivos e entregas (conhecidas como pacotes de trabalho), de forma que os mesmos possam ser planejados e controlados, fazendo-se em cada etapa uma aprovação dos resultados obtidos, podendo estes serem utilizados na próxima fase (ALBENY, 2007).

O processo de definição do ciclo de vida ideal para um determinado projeto não segue um modelo padronizado. Embora em algumas empresas haja políticas que guiem essa escolha, normalmente cabe a equipe de desenvolvimento definir um modelo que mais se adéque aos projetos em andamento, frequentemente inspirados por práticas correntes daquele setor (PMI, 2004). A mesma fonte sugere que os ciclos de vida geralmente definem quais trabalhos técnicos serão necessários em cada fase e quais partes ou setores deverão atuar nas mesmas, quando as entregas deverão ser realizadas e como elas deverão ser revisadas, verificadas e validadas e, também, como controlar e aprovar cada fase.

Ainda segundo o PMI (2004), no início do projeto os riscos de não se atingir os objetivos são maiores do que nas fases finais, devido a um maior nível de incertezas. Já os gastos com pessoal e materiais são baixos no início, passando por um aumento nos estágios intermediários até atingir o pico, decrescendo rapidamente com a aproximação do final do projeto. Faz-se necessário, então, monitorar os custos durante o decorrer do projeto, evitando que problemas e desvios das metas originais afetem o desempenho nas etapas seguintes.

Elkjaer (2000) chama atenção para a diferença entre risco e incerteza. Riscos podem ser avaliados tanto objetivamente como subjetivamente. Quando não se possui dados confiáveis, costuma-se

usar julgamento subjetivo para estimar suas consequências, o que acaba envolvendo incertezas. Julgamento similar a este é feito por Perminova, Gustafsson e Wikström (2008), que relacionam incerteza a um lado psicológico, no sentido de que esta é descrita como um estado de mente caracterizado por uma falta consciente de conhecimento sobre as saídas de um evento; dessa forma, as incertezas não estariam relacionadas apenas a fatores externos, mas também a reação mental do ser humano aos mesmos. Kerzner (2006a) completa que sob o risco há probabilidades atribuídas, enquanto para incertezas já não é possível fazer as mesmas atribuições.

Krane, Rolstadås e Olsson (2010) debatem a diferença entre os dois termos observando diversas definições que a literatura traz. Após verificar que para diferentes situações cada um se adapta melhor, é entendida a necessidade de adotar um termo que combine os significados dos dois, e decidem adotar “incertezas” para se referir em seu trabalho. Eles se justificam afirmando que o termo “risco” (que está relacionado diretamente com os **efeitos** dos riscos) não pode incluir as incertezas nas situações onde não se sabe exatamente quais são os efeitos causados. Assim, eles se referem a “riscos” como elementos de risco que possuem **algum** impacto, e se referem a “incertezas” como um termo que combina os dois. Essa mesma adoção é feita doravante no presente trabalho.

Grande parte dos estudos considera as falhas nos projetos em termos dos critérios clássicos de sucesso: tempo, custo e qualidade (OTHMAN, TORRANCE e HAMID, 2006). Albeny (2007) discute a argumentação de alguns autores de que os critérios baseados nessa tríade são limitados, mas conclui que ainda não há critérios alternativos que sejam reconhecidos e aceitos amplamente pelos estudiosos do gerenciamento de projetos. Dessa forma, nesse trabalho serão considerados bem sucedidos os projetos cujos prazos e orçamentos previstos não sejam extrapolados e cujos produtos finais atendam aos requisitos especificados.

## **2.1 Os processos de gerenciamento de projetos**

A fim de orientar os gerentes para que apliquem os conhecimentos, habilidades e ferramentas cabíveis à execução do projeto, têm-se os chamados processos de gerenciamento. Não se deve confundir esses processos com etapas que devem ser seguidas e implementadas rigorosamente em todos os tipos de projeto. Cabe ao gerente e à sua equipe de trabalho identificar as necessidades com relação às características particulares de cada projeto e então propor a aplicação dos processos adequados.

O PMI (2004) levanta cinco grupos de processos que são necessários em qualquer projeto, independente das áreas de aplicação ou do foco do setor. Além disso, eles podem interagir entre si e são executados sempre na mesma sequência, podendo haver sobreposição entre eles (quadro 2.1).

Grupo de processos	Descrição
Iniciação	Facilita a autorização formal para iniciar um projeto ou uma fase do mesmo. Inclui os processos de Desenvolver o termo de abertura do projeto e Desenvolver a declaração do escopo preliminar do projeto.
Planejamento	Por meio da coleta de informações de diversas fontes, define-se e refina-se as metas e o escopo, são planejadas as ações necessárias para alcançar os objetivos e programam-se as atividades que ocorrerão no projeto. Inclui, entre outros, os processos de desenvolver o plano de gerenciamento do projeto, definição do escopo, definição da atividade, sequenciamento das atividades, estimativas de recursos a serem alocados às atividades, estimativa de duração da atividade, desenvolvimento do cronograma, planejamento da qualidade, planejamento de recursos humanos, planejamento das comunicações, análise qualitativa de riscos, análise quantitativa de riscos e planejamento das compras e aquisições.
Execução	Integra pessoas e outros recursos para realizar o trabalho definido no plano de gerenciamento a fim de cumprir os requisitos do projeto. Inclui, entre outras, as atividades de Orientar e gerenciar a execução do projeto, Realizar a garantia da qualidade, Distribuição das informações e Selecionar fornecedores.
Monitoramento e controle	Acompanha a execução do projeto, medindo e monitorando regularmente o progresso para identificar variações em relação ao plano de gerenciamento, de forma que possam ser levantados os problemas e tomadas ações corretivas quando necessário para atender aos objetivos do projeto. Inclui os processos de Monitorar e controlar o trabalho do projeto, Controle do cronograma, Controle de custos, Relatório de desempenho, Monitoramento de riscos e Administração de contrato, entre outros.
Encerramento	Formaliza a aceitação e entrega do produto, serviço ou resultado e conduz o projeto ou uma fase do projeto a um final ordenado. No caso de cancelamento de um projeto, formaliza o encerramento do mesmo. Inclui os processos de Encerrar o projeto e Encerramento do contrato.

Quadro 2.1 – Processos do gerenciamento de projetos

Fonte: adaptado de PMI (2004)

A ênfase desta pesquisa está no processo de **planejamento**, onde serão estabelecidos os prazos e custos e efetuada a análise de riscos, estimando os valores com suas respectivas incertezas; outro processo focado é de **monitoramento e controle**, onde a eficácia do *Earned Value* será discutida e meios de se melhorar sua precisão serão propostos.

## 2.2 As áreas de conhecimento do gerenciamento de projetos

Nos processos discutidos anteriormente, são aplicadas sistemáticas e ferramentas que buscam organizar e guiar suas atividades. Essas estão agrupadas nas denominadas áreas de conhecimento.

O Quadro 2.2 apresenta, para melhor entendimento dos temas compreendidos pelo gerenciamento de projetos, fazer uma rápida abordagem sobre seis das nove áreas de conhecimento propostas pelo PMI (2004). As áreas de gerenciamento de custos, tempo e riscos não são apresentadas neste quadro já que serão abordadas com maior profundidade nos tópicos seguintes por serem fundamentos dessa pesquisa.

Área	Propósito	Principais processos, ferramentas e documentos	Observações
Integração	Consiste em uma série de responsabilidades fundamentais para a adequada organização e condução do projeto, tais como administrar as relações entre as partes envolvidas, gerenciar a distribuição de recursos, garantir que todas as atividades estejam focadas no cumprimento dos objetivos e unificar o time de projeto (ALBENY, 2007).	Geralmente é elaborado um documento onde são detalhados a execução e o controle do projeto; este contém os planos de gerenciamento das outras áreas e também as informações de cunho técnico, administrativo, histórico, político e econômico para o prosseguimento do projeto (OLIVEIRA, 2003).	De todas as áreas, esta é a que exige a visão mais holística e sistêmica por parte do gerente, além de ser a que mais demanda habilidade diplomática e estratégica, pois é necessário que se conquiste a confiança e cooperação de todos os envolvidos para se obter bons resultados (OLIVEIRA, 2003).
Escopo	Garantir que o produto ou serviço gerado pelo projeto fique em conformidade com as especificações técnicas e funcionais previamente definidas, realizando, para isso, a definição, estruturação e alocação de esforços (OLIVEIRA, 2003).	Estrutura Analítica de Projetos (EAP) (em inglês, <i>Work Breakdown Structure</i> (WBS)): diagrama onde as entregas do projeto e do trabalho estão subdivididas e organizadas hierarquicamente até os componentes de nível mais baixo (PMI, 2004).	Kerzner (2006a) aponta como saídas possíveis da WBS: possibilidade de planejamento; integração de tempo, custo e desempenho; ligação entre objetivos e recursos da companhia de maneira lógica; agendamento e relato de <i>status</i> do projeto; delegação de responsabilidades e competências a cada elemento.
Qualidade	Garantir que o projeto atenda às necessidades que motivaram sua realização estando de acordo com os requisitos pré-definidos (PMI, 2004). Orwig e Brennan (2000) consideram o gerenciamento da qualidade como essencial para o gerenciamento de processos repetitivos, onde se enquadra o gerenciamento de projetos.	Os principais processos buscam (PMI, 2004): identificar os padrões de qualidade relevantes; determinar como satisfazê-los; aplicar as atividades nos processos necessários para atender os requisitos; determinar se os resultados específicos estão de acordo com os padrões relevantes de qualidade; buscar maneiras de eliminar as causas de resultados insatisfatórios.	Bryde e Robinson (2007) sugerem a possibilidade de o TQM ( <i>Total Quality Management</i> ) ser um antecedente do gerenciamento de projetos focado no cliente. Quatro pontos chave do gerenciamento da qualidade podem ser observados também no gerenciamento de projetos (PMI, 2004): Satisfação do cliente, Prevenção sobre inspeção, Responsabilidade da gerência e Melhoria contínua. Barber <i>et al</i> (2000) chama a atenção para os custos adicionais que a falta de qualidade causam, representando estes um percentual considerável dos custos totais do projeto.

Área	Propósito	Principais processos, ferramentas e documentos	Observações
Recursos humanos	Apesar de serem atribuídos cargos e distribuídas responsabilidades entre as pessoas envolvidas num projeto, os membros da equipe precisam estar em constante contato e alinhados quanto aos acontecimentos, planejamento e tomadas de decisões realizadas. Sendo assim, o gerenciamento de recursos humanos do projeto visa organizar e gerenciar a equipe do projeto (PMI, 2004).	Cabe a essa área documentar as funções, responsabilidades e relações hierárquicas, recrutar profissionais e aprimorar as competências dos membros, através de treinamento ou agrupamentos. Loo (1996) destaca a importância e utilidade dos treinamentos para os times de projeto como um meio de se aumentar a eficiência individual e de toda a equipe em qualquer tipo de organização.	A importância de fatores relacionados a recursos humanos para melhorias no desempenho dos projetos é destacada por Iles e Hayers (1997) e por Kerzner (2006b). Belout e Gauvreau (2004), porém, confirmaram, através um estudo, os pontos levantados por Pinto e Prescott (1988), sugerindo que o fator humano pode ser de importância secundária para o sucesso do projeto dependendo do setor estudado e dos estágios de ciclo de vida do mesmo.
Aquisições	Gerir a obtenção de recursos (produtos, serviços ou resultados) externos à equipe de trabalho que serão necessários para a execução do projeto (PMI, 2004).	Os processos envolvidos nessa área na visão do PMI (2004) são: planejar compras e aquisições (inclusive avaliar os tipos possíveis de contratos a ser realizados entre as partes); planejar contratações; solicitar resposta de fornecedores (buscar as cotações e propostas de entrega dos fornecedores que se está escolhendo); selecionar fornecedores; administração de contrato; e encerramento do contrato.	Medir o desempenho da área de suprimentos em projetos de grande escala difere significativamente dos ambientes de manufatura e serviços, devido à grande quantidade de envolvidos e incertezas em potencial inerentes a área de projetos (WICKRAMATILLAKE <i>et al.</i> , 2007). Particularidades como essas vêm tornando os estudos ligados às aquisições cada vez mais discutidos dentro do GP. Exemplos podem ser encontrados em Collin e Lorenzin (2006), Sanderson e Cox (2008) e Zuo <i>et al.</i> (2009).
Comunicações	Coletar, recuperar, armazenar e distribuir as informações de forma ágil, às pessoas interessadas, no momento oportuno, evitando-se, assim, distorções de conteúdo (ou até mesmo falta) causando gastos desnecessários, atrasos, problemas de qualidade e ocorrências de demais acontecimentos não desejáveis (PMI, 2004).	A troca de informações pode se dar através de reuniões, conferências ou ferramentas eletrônicas de divulgação, de forma, escrita ou oral, interna ou externa (dentro do projeto ou envolvendo clientes), formal ou informal, vertical ou horizontal (em termos de níveis hierárquicos) (PMI, 2004).	Kerzner (2006a) sugere que os gerentes de projeto podem gastar até 90% do seu tempo se comunicando. Isso mostra a importância de se saber filtrar aquelas informações que são verdadeiras e realmente relevantes para o bom andamento do projeto.

Quadro 2.2 – Áreas de conhecimento do gerenciamento de projetos

Como pode ser observado no Quadro 2.2, as diferentes áreas possuem relação entre si, podendo os resultados de uma depender dos produtos gerados em outra.

## 2.3 Gerenciamento do tempo do projeto

O gerenciamento de tempo se preocupa em fazer com que o projeto seja terminado no prazo pré-estabelecido (PMI, 2004).

Oliveira (2003) afirma que esta é uma área que vem ganhando foco cada vez maior dentro do gerenciamento de projetos, devido à prioridade que é dada ao cumprimento dos prazos. Segundo Wickramatillake *et al.* (2007), um gerenciamento de tempo efetivo possui importância vital para evitar descumprimento de prazos e outras dificuldades durante o andamento do projeto. Planejamentos e cronogramas ineficazes são importantes causas de atrasos (ASSAF e AL-HEJJI, 2006).

A importância do fator tempo dentro dos ambientes de projetos é evidenciada também por Cox, Issa e Ahrens (2003), ao concluir em sua pesquisa que, dentre os indicadores chave de desempenho (em inglês, *key performance indicators*, KPI) a “finalização dentro do prazo” é o primeiro colocado no *ranking* dos mais observados pelos gerentes de projetos.

Apesar de tal reconhecimento, não são raros projetos que terminam com as metas de tempo não cumpridas. Isso pode ser evidenciado no estudo de Ling *et al.* (2009), que investigou as práticas que empresas de Cingapura do segmento de construção civil têm adotado nos seus projetos alocados na China. Usando um questionário estruturado, foram coletados dados de 200 profissionais experientes e seniores que tiveram envolvimento na gestão de tais projetos. A análise estatística revelou que os mesmos obtiveram sucesso em termos de orçamento, qualidade e satisfação dos clientes, mas não no desempenho do cronograma.

Esta atividade se inicia juntamente à elaboração da WBS (*Work Breakdown Structure*), atribuindo datas de início e entregas a cada atividade levando em consideração as limitações de precedência e recursos (BIDOT *et al.*, 2009). Para esta atribuição de prazos, alguns dos métodos que podem ser utilizados são estatísticos (gerando distribuições de probabilidades), por meio da opinião de especialistas (ZHU, BARD e YU, 2007) ou baseando-se em experiências e dados históricos, levando em consideração tendências de riscos e os acontecimentos típicos (AHUJA e THIRUVENGADAM, 2004). No presente trabalho, os prazos de cada atividade foram estimados numa combinação destes métodos e serão detalhados em seção posterior, dedicada a discussão do caso prático.

O próximo passo, segundo Albeny (2007), é desenvolver um cronograma, onde é estabelecida uma lógica de precedência das atividades, ou seja, interligá-las em seqüência.

O Quadro 2.3 traz algumas técnicas para desenvolvimento de cronogramas e monitoramento de projetos.

Método	Funcionalidade
Diagrama de precedência	Consiste em uma representação gráfica ordenada que permite a visualização da dependência e simultaneidade das atividades do projeto (PMI, 2004).
PERT	<i>Program Evaluation and Review Technique</i> : consiste de um diagrama onde às atividades, já sequenciadas, são atribuídas três datas estimadas para a duração: pessimista, mais provável e otimista (ZAMMORI, BRAGLIA e FROSOLINI, 2009).
CPM	Possibilita a análise do diagrama de rede do cronograma, calculando as datas de início e término das atividades mais cedo ou mais tarde no caminho de ida e no caminho de volta, fornecendo períodos de tempo dentro dos quais a atividade do cronograma deve ser agendada (PMI, 2004).
Gráfico de barras	Nestes gráficos, as atividades são representadas por barras dispostas de acordo com sua data de início e término, enquanto o comprimento das mesmas mostra a duração (PMI, 2004).
PERT Simplificado	Proposto por Cottrell (1999), consiste de uma rede PERT onde pode se trabalhar com apenas duas datas: mais provável e pessimista. A vantagem, segundo o autor, é reduzir o nível de esforço necessário para se aplicar a técnica PERT.
<i>Generalized Activity Network</i>	Método que visa suprir as deficiências do PERT padrão, permitindo, entre outras particularidades, a inclusão de probabilidades em casos onde diferentes rotas podem ser tomadas após a conclusão de uma tarefa, e a incorporação de <i>loops</i> na rede onde há tarefas repetitivas (DAWSON e DAWSON, 1998).
TAPAS	Consiste de um dos módulos de um sistema computacional de gerenciamento de projetos. Permite o controle em tempo real de projetos e relatórios, pois alterações nos padrões das atividades com relação ao que havia sido planejado não afetam a programação. Possui também capacidade de operar no modo probabilístico, gerando distribuições de probabilidade para a duração e custos das atividades. Isso caracteriza sua habilidade de incorporar uma análise de riscos através de incertezas no gerenciamento do tempo. Proposto por Jaafari (1996).

Quadro 2.3 – Técnicas para programação e monitoramento de projetos

Esse cronograma pré-estabelecido tem, entre outras funções, a de orientar a alocação de recursos, servir de base para o planejamento de atividades internas e externas (como as que serão realizadas pelos subcontratados), permitir que os funcionários prevejam quais serão suas futuras atividades, além de ser o ponto de partida para a realização de acordos com clientes e fornecedores (VONDER, DEMEULEMEESTER e HERROELEN, 2007).

### 2.3.1 Incertezas afetando o tempo dos projetos

Dada a importância de se gerenciar o fator tempo dentro dos projetos, muito se tem discutido a respeito de riscos e incertezas presentes nos processos dessa área do conhecimento (ZAFRA-CABEZA, RIDAO e CAMACHO, 2008). Estes podem se apresentar de diferentes maneiras e se originarem de diversas fontes.

Segundo Bashir e Thomson (1999), técnicas de cronograma que se baseiam em algum tipo de WBS (dentre as quais o CPM e o PERT) apresentam incertezas maiores conforme aumenta a complexidade do projeto. Como a estimativa do erro total é igual à soma dos erros de cada atividade, é de se esperar que a incerteza seja maior quanto mais atividades houver.

Yang e Chen (2000) abordaram os problemas relativos às restrições de precedência entre as atividades de um cronograma. O estudo partiu da constatação de que não analisar corretamente estes tipos de restrições pode levar a determinação incorreta do caminho crítico, afetando tomadas de decisão e comprometendo o sucesso do projeto.

Incertezas estão presentes, também, na determinação das datas de início e término das atividades. Na ocasião em que o plano do projeto é elaborado, as especificações de métodos e recursos envolvidos na realização das atividades frequentemente ainda não podem ser detalhadas. Mesmo que se utilizem distribuições de probabilidade para incorporar esta incerteza, erros ainda podem estar presentes. Isso se deve a cada projeto ocorrer em ocasiões e lugares diferentes, o que faz com que os dados de experiências passadas utilizados no estudo estatístico não reflitam exatamente as condições do novo projeto, podendo levar à utilização de distribuições inadequadas (FORTIN *et al.*, 2010).

Pich, Loch e De Meyer (2002) dividem as causas de inadequação da informação em dois tipos. Este anteriormente descrito, referente a um não conhecimento completo dos eventos, é denominado ambiguidade. A outra fonte de incertezas se deve à inabilidade de se estimar inteiramente as características das atividades para as quais se está propondo prazos quando há muitas variáveis interagindo, os que os autores chamam de complexidade.

Além das incertezas relativas às dependências entre as atividades e às estimativas de prazos das mesmas, McLain (2009) sugere impactos que a familiaridade e a variedade podem causar nos cronogramas. O primeiro se refere a projetos cujas atividades os executores não conhecem a fundo por nunca terem trabalhado em condições semelhantes anteriormente, o que diminui suas capacidades de antecipar os problemas que requerem experiência. Variedade se refere à diversidade de atividades, recursos, requisitos ou algum outro parâmetro pertinente, o que implica em maior complexidade e incertezas no projeto. O estudo propõe meios de se quantificar este tipo de incerteza para se considerá-los no cronograma.

Todos os projetos têm algum grau de dinamismo. O que pode alterar de um para outro é o nível de mudança a que eles estão sujeitos devido ao ambiente em que se desenrola (COLLYER e WARREN, 2009). Por ser um evento dinâmico, mudanças podem ocorrer durante o projeto e os valores inicialmente determinados para duração das atividades podem sofrer alteração, resultando, ainda, em mudanças nos custos das atividades (AZARON, PERKGOZ e SAKAWA, 2005).

Herroelen e Leus (2005) sugerem algumas possíveis causas de alterações nos cronogramas no decorrer dos projetos: escassez de recursos, atrasos na chegada de materiais, necessidade de inclusão de novas atividades ou de exclusão de outras devido a mudanças no escopo do projeto e atraso para a conclusão de tarefas devido a condições climáticas.

Luu *et al.* (2009) levantaram da literatura 42 fatores responsáveis por atrasos em projetos de construção. Para obter a importância relativa de cada um, questionários foram enviados a pessoas envolvidas em projetos deste tipo. Foram calculados a média dos valores indicados na escala e os valores do alfa de Cronbach desses fatores, culminando na seleção de 16. Estes foram agrupados em 5 tipos, e incluem: flutuações nos preços dos materiais, trabalhos defeituosos e retrabalhos, falta de equipamentos ou materiais, dificuldades financeiras dos proprietários e capacidade inadequada dos gestores.

Dawson e Dawson (1998) apresentam alguns cenários onde a representação do cronograma, se realizado com ferramentas como o PERT, são de difícil (se não impossível) representação. Quando isso ocorre, os cronogramas dos projetos ficam suscetíveis a incertezas. O primeiro cenário seria em casos onde algumas tarefas podem não ser necessárias dependendo do resultado de uma ou mais tarefas anteriores. Por exemplo, em um teste de desempenho, algumas ferramentas podem ser incapazes de determinar a sequência de atividades a ser realizada, já que pode ou não ser necessário continuar ajustando ou refinando o produto dependendo dos requisitos em cada situação. Dificuldade análoga pode surgir em casos onde o número de repetições de alguma atividade é imprevisível antes de realizá-la na prática. Em outro cenário, uma tarefa pode ser abandonada antes que seja concluída em decorrência da conclusão de outra tarefa que foi executada em paralelo. Por exemplo, uma série de testes pode ser realizada ao mesmo tempo para detectar uma falha; logo que o primeiro teste é concluído com êxito, os outros se mostram redundantes e podem ser abandonados.

Ao mesmo tempo em que diversas fontes de incerteza podem ser identificadas, o *survey* realizado por White e Fortune (2002), que procurou classificar os 22 fatores considerados fundamentais para o sucesso do projeto, **possuir um cronograma realista** figurou entre os principais (considerado o 4º mais importante).

Para que se minimizem os impactos causados pelos problemas descritos, diferentes modos de se incorporar as incertezas na elaboração de cronogramas, tornando os mais realistas, têm sido abordados. Na seção 2.3.2 alguns modos são discutidos.

### **2.3.2 Lidando com incertezas nos cronogramas**

A combinação de técnicas de simulação com algumas das ferramentas descritas no Quadro 2.3 foram propostas por diversos pesquisadores. Sawhney e AbouRizk (1995), Senior e Halpin (1998), Maio *et al.* (2000), Hajjar e AbouRizk (2002) e Lu, Lam e Dai (2008) investigaram a eficiência da simulação como meio de se incorporar a natureza aleatória dos projetos na análise de cronogramas. Vale destacar o trabalho de Lu e AbouRizk (2000), que comparou o resultado obtido em um modelo que combina simulação a eventos discretos com a técnica PERT com o resultado obtido em uma análise clássica do CPM/PERT. A conclusão foi que a simulação, ao permitir uma análise com dados estocásticos, oferece resultados eficientes quanto aos riscos de se extrapolar os prazos planejados e quanto à criticidade de uma atividade.

Ke e Liu (2005), partindo da idéia de que incertezas sempre estão presentes em problemas de cronograma devido às imprecisões nas durações das atividades, propõe um algoritmo considerando tais tempos de duração como dados estocásticos e utilizando algoritmo genético.

Oke e Charles-Owaba (2006), por sua vez, utilizaram a lógica *fuzzy*, buscando considerar a incerteza no desenvolvimento de um modelo de sequenciamento de atividades de manutenção utilizando o gráfico de Gantt.

A utilização da prototipagem virtual foi demonstrada por Li *et al.* (2009), que permite visualizar, através de questões do tipo “*what-if*”, como ficariam os tempos das atividades considerando-se diferentes alocações de recursos e eventos que possam vir a ocorrer no futuro. Dessa forma, é possível aos planejadores do projeto predizer alguns possíveis problemas com prazos e já considerá-los na elaboração do cronograma.

Partindo das limitações das técnicas existentes, Zammori, Braglia e Frosolini (2009) propõem uma nova técnica que integra lógica *fuzzy* e *Multi Criteria Decision Making* (MCDM). A

originalidade desta técnica, segundo os autores, é que ela não considera apenas a duração das atividades, como também a variabilidade da duração, os custos, a divisão de recursos, riscos de revisões do projeto principal e riscos externos.

Aibinu e Jagboro (2002) identificaram seis efeitos consequentes dos atrasos nas atividades no decorrer do projeto, que incluem extrapolação dos custos e até mesmo o abandono total do projeto. Partindo disso, os autores analisaram dois métodos que visam minimizar estes efeitos, sendo que um deles é de aplicação a partir do momento quando os problemas ocorrem. Métodos desta natureza, porém, constituem ações corretivas. Este tipo de ação, por ser introduzida quando o problema já está acontecendo, pode não surtir os efeitos esperados por falta de tempo hábil, ou demandarem grandes quantidades de recursos para que possam ser efetivas.

Outros métodos de se determinar e incorporar as incertezas no estudo do tempo dos projetos, melhorando a confiabilidade e elaborando cronogramas mais realistas podem ser encontrados em Fischer e Aalami (1996), Ben-Haim e Laufer (1998), Dawson e Dawson (1998) e Mulholland e Christian (1999).

No presente trabalho, o cronograma foi elaborado incorporando algumas das sugestões apresentadas. A duração de cada atividade foi estimada da maneira citada na seção anterior e, a fim de se obter um valor que leve em consideração as incertezas, os prazos das atividades, bem como as datas de início de cada uma, são dadas em três valores: otimista, realista ou mais provável e pessimista. Isso remete a uma distribuição de possibilidades triangular, como será justificado em seção posterior dedicada a análise quantitativa de riscos.

### **2.3.3 Monitoramento e controle do tempo do projeto**

Devido à possibilidade de que os prazos ou mesmo a sequência das atividades possam sofrer alterações no decorrer do projeto, é recomendável que se monitore o andamento do cronograma periodicamente, a fim de se preverem possíveis alterações e se tomar ações apropriadas de prevenção ou correção em tempo hábil, tais como replanejamento, reprogramação ou aumento nas disponibilidades de recursos (AHUJA e THIRUVENGADAM, 2004).

Podem-se destacar alguns trabalhos que abordam essa necessidade de monitoramento e controle do andamento do projeto quanto ao tempo. Barraza, Back e Mata (2000) sugerem que, no início da década de 1950, as ferramentas CPM e PERT deixaram de ser utilizadas apenas para planejamento, e passaram, também, a ser empregadas no controle do projeto. Partindo, então, da limitação da ferramenta CPM de trabalhar com dados determinísticos e da limitação do PERT de

não considerar diferentes possibilidades de caminhos críticos (ou seja, não mesclar os desvios das atividades), os autores propuseram um meio de se controlar o projeto utilizando curvas-S estocásticas (*SS-Curves*).

Por sua vez, Shi, Cheung e Arditi (2001) propuseram um método para calcular o atraso das atividades e avaliar seu impacto no cronograma do projeto como um todo. Tal método se baseia em uma série de equações que podem ser programadas em linguagem computacional a fim de se acelerar o processo de análise e oferece uma comparação entre aquilo que havia sido planejado e o que foi efetivamente realizado em determinado momento do projeto.

Já Luu *et al.* (2009) propuseram uma abordagem que utiliza *Bayesian Belief Network* (BBN) para quantificar a probabilidade de atrasos em projetos de construção civil (BBN consiste de redes onde nós representam variáveis e arcos representam as relações de dependência entre eles a fim de descrever as relações de causa-efeito em modelos gráficos).

Chan (2001) discute alguns trabalhos que estudam a relação entre custo e tempo, propondo equações matemáticas destinadas a predizer um tempo aproximado requerido para a conclusão de um projeto a partir de uma relação entre o custo total e constantes que variam de projeto para projeto.

Abeid *et al.* (2003) apresentam um sistema de monitoramento de projetos de construção civil em tempo real. Trata-se do PHOTO-NET II, que consiste de um *software* que utiliza imagens fotografadas periodicamente nos canteiros de obras e ferramentas de cronograma como o CPM, computando estes dados em linguagem Delphi e exibindo, como dados de saída, diagramas que confrontam os cronogramas planejado e atual em formato de gráfico de barras e as porcentagens de realização esperadas e reais em formato de histograma.

A abordagem de gerenciamento do tempo proposta por Schatteman *et al.* (2008) procura oferecer cronogramas que se protegem das perturbações a que o projeto está sujeito de forma proativa, integrando, através de sistema computacional, a identificação, análise e quantificação dos riscos. O sistema mantém um banco de dados de gestão de riscos que é atualizado com novas informações geradas pelas equipes durante o andamento do projeto, podendo servir como entrada para um sistema de programação dinâmica. Segundo os autores, este sistema é robusto ao gerar cronogramas proativos, sendo suficientemente protegidos contra alterações e mudanças por antecipá-las.

Ainda sobre esta abordagem de Schatteman *et al.* (2008), para a etapa de estimativa de prazo de cada atividade, o autor propõe que se baseie na experiência e/ou em dados históricos para gerar prazos que contemplem um cenário otimista e um cenário pessimista. Isso leva a obtenção de uma distribuição triangular, que possui como moda o cenário realista ou mais provável. Esse método é o utilizado no presente trabalho para a estimativa dos prazos das atividades do projeto. Considerando-se, enfim, as necessidades de se monitorar e controlar o andamento dos projetos, Vitner, Rozenes e Spraggett (2006) apresentam algumas ferramentas com esta finalidade. Os autores afirmam, porém, que o *Earned Value Management* (EVM) é o método mais popular para este tipo de aplicação, e permite ainda a integração do tempo com os custos. Dados os benefícios e vantagens trazidos por este método, ele é adotado neste trabalho como uma ferramenta útil de apoio aos gestores para controle do tempo de projetos. Este método, por ser o ponto de foco do presente trabalho, será discutido com profundidade em uma seção posterior.

## **2.4 Gerenciamento de custos do projeto**

A esta área do conhecimento cabe a responsabilidade por fazer com que o projeto seja concluído dentro do orçamento, realizando, para isto, processos de planejamento, estimativa, orçamentação e controle (PMI, 2004).

Meeampol e Ogunlana (2006) destacam a importância desta área afirmando que o indicador mais importante do sucesso de um projeto é o desempenho dos custos, já que ele reflete não apenas a rentabilidade de uma empresa como também a produtividade das organizações.

Custos, segundo Morelli (2007), são gastos relacionados com a compra, utilização e reposição contínua de recursos produtivos ao longo de todo o ciclo de vida de suas atividades.

Nas seções 2.4.1, 2.4.2 e 2.4.3, discutem-se os processos dessa área preconizados no PMBoK (PMI, 2004).

### **2.4.1 Estimativa de custos**

É o processo onde são levantados os custos relativos a cada tipo de recurso aplicado no projeto (PMI, 2004). Segundo Li, Shen e Love (2005), tal estimativa se faz necessária nos estágios iniciais de todo tipo de projeto, pois tomadas de decisão, orçamentação e estudos de viabilidade econômica são baseados nesse levantamento. Dessa forma, estimativas preliminares feitas sem uma base confiável pode prejudicar os tomadores de decisão, bem como demais *stakeholders* do projeto. Isso reforça a afirmativa de Vojinovic e Kecman (2001), quando estes defendem que o

processo de estimar os custos preliminares é uma importante ferramenta para minimização dos riscos e um fator chave para o sucesso global do projeto.

A importância desse processo motivou o trabalho de Remer e Buchanan (2000), que propuseram um modelo para se calcular quanto se deve gastar nessa etapa. Segundo os autores, o desejo de se despende poucos recursos com o estudo de estimativa leva frequentemente a levantamentos imprecisos que culminam em uma conclusão do projeto com extrapolação dos custos que se esperava.

Segundo Flyvbjerg, Holm e Buhl (2002), os custos são subestimados em 9 de cada 10 projetos. Isso equivale a dizer que, para um projeto selecionado aleatoriamente, a probabilidade de que os custos reais sejam maiores que os estimados é de 86%, e de que sejam menores ou iguais aos custos estimados é de 14%. Além disso, nos casos de extrapolação, os custos reais ficam, em média, 28% maiores que os estimados.

A escassez de informações disponíveis é frequentemente um problema para o processo de estimativa de custos (CHENG, TSAI e SUDJONO, 2010). Ao se realizar este estudo, pode-se basear em uma lista com as quantidades de recursos necessários previamente levantados (ENSHASSI, MOHAMED e MADI, 2005), na experiência dos especialistas responsáveis (CHOU, 2009b; KIM *et al.* 2004; AN, KIM e KANG, 2007), por analogia com projetos semelhantes já desenvolvidos (SHEPPERD e SCHOFIELD, 1997), em dados históricos (CHOU e O'CONNOR, 2007; MOON, KIM e KWON, 2007; KIM *et al.* (2004) ou mesmo informações proporcionadas por *Computer Aided Design* (CAD) (MOHAMED e CELIK, 2002). Chou (2009a) chama a atenção dos responsáveis pela estimativa de custos para que levem em consideração a flutuação dos preços devido às condições de mercado, a inflação no tempo, restrições nas horas de trabalho, riscos relacionados à política e a limitação do conhecimento que se pode ter de todas as condições geológicas.

A precisão das ferramentas de estimativa de custo é uma questão chave dentro desta etapa de um projeto. Baseadas nas dificuldades inerentes a esse processo devido à impureza das informações nas fases iniciais de um projeto e a incerteza existente em processos onde se propõem a prever condições futuras, muitos pesquisadores buscam refinar a precisão dos métodos de estimativa e, assim, diferentes formas de se estimar os custos de um projeto têm sido propostas (STAMELOS e ANGELIS, 2001). É possível encontrar métodos baseados em regressão linear, redes neurais

(em inglês, *Neural Network* (NN) e raciocínio baseado em casos (em inglês, *Case-Based Reasoning*, CBR).

O método proposto por An, Kim e Kang (2007) consiste da construção de um modelo de estimativa de custos CBR que inclui a experiência de especialistas em casos históricos para levantar o que se conhece sobre os processos da estimativa e, em seguida, utilizar o *Analytic Hierarchy Process* (AHP) para determinar o peso relativo dos atributos. Vale ressaltar, então, a partir deste estudo, que há tanto trabalhos que lidam com os atributos onde se baseia a estimativa de custos dando a mesma importância a todos como se pode, também, diferenciá-los, atribuindo-lhes pesos. Chou (2009b) procurou comparar as duas abordagens.

O modelo de redes neurais proposto por Kim *et al.* (2004) propõe a incorporação de algoritmos genéticos, sendo estes usados para melhorar a acurácia da estimativa. As conclusões foram de que esses modelos baseados em NN se mostraram mais efetivos do que aqueles que se baseavam em tentativas e erros.

Partindo da preocupação de que a estimativa dos custos serve como base para a orçamentação, planejamento e monitoramento do projeto, Skitmore e Ng (2003) propõem a criação de modelos utilizando regressão linear que possam prever não apenas os possíveis custos, mas também tempos do projeto.

A fim de se comparar a acurácia de três técnicas de estimativa de custos (análise de regressão, redes neurais e CBR), Kim, An e Kang (2004) utilizaram dados de 530 projetos realizados na Coreia do Sul. Os resultados apontaram que o método que utiliza redes neurais apresentou resultados mais precisos de estimativa dentre os três. O método baseado em CBR, porém, apresenta melhor relação de benefício entre o tempo que se leva para realizar o processo de estimativa e a acurácia dos resultados que se obtém.

Vojinovic e Kecman (2001) também se preocuparam em comparar a eficácia de diferentes métodos. Em seu trabalho, eles desenvolveram modelos baseados em redes neurais e compararam com métodos baseados em regressão linear, concluindo que os primeiros tiveram desempenho superior.

O objetivo geral de se buscar acurácia significativa nos custos estimados está no seu uso subsequente para se elaborar o orçamento para o projeto e no fato de ferramentas de controle de cronograma e custo se basearem nessa estimativa. Dessa forma, estimativas que erram tanto por superestimar os valores como por subestimá-los podem trazer consequências indesejadas. Uma

estimativa com valores acima dos corretos pode levar uma empresa a perder um contrato para concorrentes que ofereçam valores mais baixos. Por outro lado, uma estimativa baixa demais pode dar a impressão de não cumprimento de todos os requisitos ou de que o projeto não será concluído nas condições desejadas (KWAK e WATSON, 2005).

A acurácia de uma estimativa está relacionada ao estágio em que o projeto se encontra quando esta for realizada. Com o decorrer do processo, é possível se estimar valores mais precisos em relação aos levantados nos estágios iniciais do projeto graças ao aumento das informações disponíveis (DUVERLIE e CASTELAIN, 1999). Devido a isso, McCarthy (2004) sugere que se incorpore um acréscimo percentual nos valores estimados. Quanto mais cedo em termos de fase do projeto a estimativa estiver sendo feita, maior deve ser essa margem para cobrir eventuais despesas, tais como a inflação que poderá variar deste momento até o final do projeto. A confiabilidade dependerá da base onde dados foram levantados, dos métodos e/ou ferramentas utilizados para isto e da habilidade daquele que realiza tal estudo (KWAK, WATSON e ANBARI, 2008).

Enshassi, Mohamed e Madi (2005) também abordaram as incertezas do processo de estimativa de custos, identificando em sua revisão de bibliografia que os fatores que mais afetam a acurácia são a complexidade do projeto, as informações disponíveis, requisitos tecnológicos, condições de contrato, a eficiência do contratante, requisitos de mercado e a duração e riscos do projeto.

O Quadro 2.4 apresenta quatro tipos de razões levantadas por Flyvbjerg, Holm e Buhl (2002) para casos onde os custos estimados são menores que os gastos reais:

Razões	Descrição
Técnicas	Causadas pela utilização de técnicas inadequadas, dados insatisfatórios (amostras pequenas demais para se obter uma distribuição realista ou utilização de dados de projetos diferentes que não refletem significativamente o atual) ou falta de experiência dos responsáveis.
Econômicas	Subestimar os custos de um projeto pode fazer com que ele pareça mais atrativo aos investidores por apresentar maior margem de lucro ou menores gastos que outros, o que pode motivar alguns <i>stakeholders</i> a ter interesse em apresentar estimativas de custos menores.
Psicológicas	Os responsáveis pelo projeto e eventuais <i>stakeholders</i> podem tender a apresentar certo “otimismo de avaliação”, principalmente nas fases de planejamento, quando se decidirá se o projeto deve ou não ser executado; isso pode levá-los a subestimar os custos (por exemplo, subjulgando riscos potenciais).
Políticas	Para angariar mais investidores e conseguir que o projeto se inicie, os promotores podem, intencionalmente, divulgar custos menores que os esperados.

Quadro 2.4 – Razões para a subestimação de custos

Levando em consideração as incertezas e os riscos presentes em diversas fases e áreas do projeto, incluindo os processos de estimativa e orçamentação, Picken e Mak (2001) defendem a realização de uma análise para se conhecer os riscos potenciais, para que se possa incorporar nos

custos estimados um valor adicional de contingência, levando a um orçamento mais realístico em relação aos custos reais que incorrerão o projeto.

Partindo, então, do entendimento de que os riscos e incertezas são inerentes ao processo de estimativa e orçamentação, e da constatação de Stamelos e Angelis (2001) de que são mais seguras as estimativas que produzem distribuições de possibilidades com intervalos de incerteza, neste trabalho os custos serão considerados como possuindo três extremos: o valor otimista, o realista ou mais provável e o pessimista, como será explicado em seções posteriores.

### **2.4.2 Orçamentação**

Este processo tem como objetivo estabelecer uma linha de base dos custos totais do projeto através da agregação dos custos estimados de atividades do cronograma individuais ou pacotes de trabalho (PMI, 2004).

A importância de se focar os processos necessários para garantir que o custo máximo do projeto está sendo considerado no orçamento é apontada por Meeampol e Ogunlana (2006). Neste estudo, os autores concluem que este é um dos fatores primordiais para se garantir sucesso em termos de desempenho de custos, concluindo o projeto com valores de custos reais inferiores ou iguais aos planejados.

Segundo Chapman e Ward (2004), algumas empresas já entenderam os problemas causados por uma estimativa de custos (e conseqüente orçamento) fora da realidade, como os casos citados na seção anterior, onde os custos de um projeto são subestimados para fazer com que ele pareça mais atrativo. Segundo os autores, a IBM do Reino Unido é um exemplo de empresa que reconheceu que o risco de desenvolver um projeto e não obter o lucro esperado por motivos como o citado são mais importantes do que os riscos de perder dinheiro em algum projeto em particular. Dessa forma, a empresa tem adotado uma visão agressiva da necessidade de realizar uma análise dos riscos profunda em cada projeto que está em seu portfólio.

Tendo o orçamento esse nível de importância para o sucesso de um projeto, alguns autores têm discutido fatores que podem afetar sua confiabilidade.

Chou (2009b) focou sua atenção em verificar como diferentes formas de determinar a média dos valores das atividades podem afetar o custo total. Para isso, comparou dois modelos de orçamentação: no primeiro, o custo total foi determinado pela soma do custo de cada atividade diretamente; no segundo, os custos das atividades foram somados e divididos pela porcentagem

de custo fixo de cada um, sendo o custo total calculado a partir daí. Os resultados mostraram que o segundo modelo apresentou valor de custo total mais preciso que o primeiro.

Partindo da identificação de que métodos estritamente qualitativos de se determinar o orçamento de um projeto (como os baseados apenas na experiência dos gestores) podem produzir resultados distantes da realidade, Lai, Wang e Wang (2008) propuseram um método quantitativo. Nesta proposta, primeiramente, foram levantados, via questionários e AHP, 20 critérios que devem servir de base para a elaboração de um orçamento, tais como a duração do projeto, método de realização, os custos estimados e condições de regulamento (quantidade de permissões e normas que o projeto venha a ter que seguir, gerando maiores incertezas e riscos). Em seguida, adotam-se pesos para cada critério de acordo com as particularidades e complexidades de cada projeto. Trabalhando com valores de custo com três pontos (otimista, realista ou mais provável e pessimista), realizam-se simulações para se obter uma distribuição de possíveis valores de orçamento. Com os pesos anteriormente atribuídos aos critérios, é possível, por fim, estabelecer uma relação linear e verificar, dentre os dados da distribuição, qual o mais realista para aquele projeto.

Conforme discutido em seção anterior, é de se esperar que as limitações inerentes aos métodos de elaboração de cronograma também afetem o custo total do projeto. Segundo Jorgensen e Wallace (2000), um valor para custo total obtido através do valor ótimo de uma função objetivo baseada em modelos determinísticos e estáticos de cronograma (onde os recursos são alocados antes que o projeto se inicie e não se atualiza o cronograma durante o projeto) é, na média dos casos, menor que os custos reais, independente de qual ferramenta de cronograma é aplicada; o valor ótimo de uma função objetivo de um modelo estocástico (como os baseados em simulação de Monte Carlo) e baseado em cronograma estático é, em média, maior que os custos de se atualizar o cronograma durante a execução do projeto (ou seja, modelos estocásticos são pessimistas). Estas constatações levaram os autores a afirmarem que:

Nós geralmente não podemos confiar que o valor ótimo de uma função objetivo em um modelo de cronograma estático seja uma estimativa confiável dos custos (JORGENSEN e WALLACE, 2000)

Como meio de se minimizar os problemas de usar tais modelos estáticos de cronograma para fins de elaboração de orçamento, os autores apresentam um algoritmo baseado na simulação do projeto e das tomadas de decisão no decorrer do tempo, o que leva a uma estimativa do custo total de um projeto que melhor corresponde aos custos reais observados na prática.

Chapman e Ward (2004) reforçam ainda a importância de se analisar as incertezas “em cadeia”, ou seja, considerando o efeito cumulativo de todas as fontes de incertezas presentes em todas as fases, do início até o final. Trazendo sua abordagem de gerenciamento de riscos para um foco nos custos do projeto, os autores concluem sua análise afirmando:

Sempre tente minimizar os custos esperados de um projeto, a menos que os riscos impliquem em impactos inaceitáveis, caso no qual o custo mínimo esperado aumenta para atingir o nível seguro onde os riscos são aceitáveis.

Considerar o efeito cumulativo das incertezas ao longo de todas as fases do projeto implica que não basta apenas estimar as médias de custo de cada atividade com razoável acurácia, mas, também, considerar as incertezas de cada uma e chegar a um valor de custo total que contemple estas variâncias. Como visto na seção anterior, estas incertezas de cada atividade estão presentes nas distribuições de possibilidades. Dessa forma, calcular o custo total do projeto obtendo também sua incerteza implica em considerar estas variâncias durante os cálculos.

A literatura traz diferentes estudos abordando maneiras de se determinar e lidar com as médias dos custos de cada atividade, bem como com os intervalos de incerteza relacionados, para considerá-los no orçamento final.

A proposta de Moon, Kim e Kwon (2007) é que se levantem os dados históricos de custo das atividades, obtendo uma distribuição de probabilidades para cada uma. Por meio das equações 1, 2 e 3, calcula-se, então, os parâmetros referentes ao custo total a partir dos dados dos custos de cada atividade:

Custo Orçado do projeto:

$$CO = C_1 + C_2 + C_3 + \dots + C_n = \sum_{i=1}^n C_i \quad (1)$$

Variância do Custo Orçado do projeto:

$$\sigma^2 = \sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \sigma_3^2 + \dots + \sigma_n^2 = \sum_{i=1}^n \sigma_i^2 \quad (2)$$

Desvio padrão do Custo Orçado do projeto:

$$\sigma = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \sigma_3^2 + \dots + \sigma_n^2} = \sqrt{\sum_{i=1}^n \sigma_i^2} \quad (3)$$

Onde  $C_n$  corresponde à média do custo estimado da atividade  $n$ ;  $\sigma_n^2$  corresponde à variância do custo estimado da atividade  $n$ ; e  $n$  corresponde ao número de atividades presentes no projeto.

Nem sempre, porém, dispõe-se de dados históricos. Quando não há valores que se possa utilizar para efetuar cálculos como esses, a simulação pode ser uma alternativa.

O método de Monte Carlo se destina a resolver problemas utilizando variáveis aleatórias. Os algoritmos baseados neste método fornecem estimativas estatísticas para um dado parâmetro da solução através da realização de amostragem aleatória de uma determinada variável, cuja expectativa é a matemática funcional desejada. Dessa forma, a Simulação de Monte Carlo (SMC) permite solucionar problemas de matemática computacional, por meio da construção de processos aleatórios para cada um desses problemas, com os respectivos parâmetros e com as quantidades requeridas para a situação (ATANASSOV e DIMOV, 2008). Em pesquisa que buscou responder a questão “o que os modelos de Monte Carlo podem e não podem fazer eficientemente?” os mesmos autores concluíram recomendando, com certo grau de entusiasmo, esse tipo de simulação para problemas computacionais que permitem interpretação probabilística. O repertório de trabalhos abordando esse tema passa por diferentes áreas, passando, entre outras, por mercado financeiro (DAVIDSSON, 2010), sistemas térmicos (SÁNCHEZ e MAHAN, 2010), construções de pontes (CHENG, 2010) e eletro-eletrônica (NUCCIO e SPATARO, 2004). Desses citados, nos três últimos a adoção da SMC está diretamente ligada com o tratamento de incertezas.

No penúltimo, o autor parte da percepção de que os métodos existentes para a avaliação das forças nos cabos de pontes é baseada em suposição determinística dos parâmetros estruturais, sendo que, na realidade, existem incertezas nas variáveis de projeto. Com isso, a análise determinística pode não fornecer informações completas sobre as forças. Para ter um tratamento estatístico e com maior detalhamento das incertezas envolvidas, o autor propôs uma análise baseada na simulação de Monte Carlo.

Em Nuccio e Spataro (2004), por sua vez, a simulação se destina à estimativa das incertezas de medição dos instrumentos baseados em conversões de analógico para digitais. O método de Monte Carlo é aplicado a fim de avaliar as incertezas associadas com os resultados das medições, surgindo como uma alternativa para casos onde a aplicação de equações matemáticas prescritas na norma ISO/GUM - Guia para a Expressão da Incerteza de Medição (ISO, 1995) se mostra inaplicável.

A sistemática que se propõe no presente trabalho combina características de ambos os trabalhos anteriormente citados. Motiva-se pela necessidade de um tratamento estocástico das variáveis

custo e prazo, a fim de que se obtenham os indicadores do *Earned Value Management* em forma de distribuições de possibilidades, contemplando os riscos do projeto na forma das variâncias e permitindo, àqueles envolvidos na sua análise e tomada de decisões, um embasamento mais profundo. Como alternativa à inaplicabilidade de equações matemáticas para se operar tais variáveis no projeto analisado (já que equações desse tipo demandam conjuntos de dados históricos, inexistentes para esse projeto) recorre-se à simulação de Monte Carlo.

Dentro do gerenciamento de projetos, podem-se destacar alguns trabalhos que abordam o tema: Zafra-Cabeza, Ridaio e Camacho (2008), que utilizaram a SMC para incorporar incertezas nos cronogramas; Kurihara e Nishiuchi (2002), que propuseram um novo método de análise para cronogramas elaborados em redes GERT, que utiliza a SMC para reduzir o tempo envolvido no estudo; ainda focando nos problemas com o tempo dos projetos, Öztas e Ökmen (2005), que propõem um novo método de análise de risco em cronogramas, o *Judgmental Risk Analysis Process* (JRAP), utilizando a SMC para converter incertezas em riscos em condições em que há pouco ou nenhum dado anterior, oferecendo a variação da duração de cada atividade na rede do cronograma; Du e Li (2008), que desenvolveram um modelo econômico para avaliar o valor dinâmico e o risco de investimento para contratos de concessão de projetos de infraestrutura.

Segundo Elkjaer (2000), riscos são inevitáveis em qualquer projeto e, devido a eles, as incertezas que surgem influenciam as projeções de custos. Partindo disso, o autor propôs um método estatístico para se obter o orçamento de um projeto, ao qual chamou *Stochastic Budget Simulation* (SBS). O primeiro passo desse método consiste da realização de uma análise de riscos para se conhecer as incertezas inerentes às atividades de determinado projeto (esta análise pode se basear na experiência dos gestores). Em seguida, a fim de se evitar dependências estocásticas entre componentes de custos, é levantado um grupo de riscos genéricos ou influências gerais que afetam os custos de todas as atividades. Estes riscos genéricos são valores percentuais pelos quais se devem acrescentar os custos de cada atividade de forma a se criar uma contingência para os riscos presentes. Feito isso, o próximo passo é obter os valores estimados de cada atividade da WBS em forma de intervalo estatístico contendo três pontos: pessimista, realista ou mais provável e otimista. Por final, realizam-se várias simulações de Monte Carlo para obter uma distribuição de possibilidades com vários possíveis valores para o orçamento final do projeto.

Projetos, porém, representam processos onde as variáveis presentes podem estar interconectadas. Suponhamos um projeto de pintura de uma parede, o qual consistiria de três atividades: lixar a

parede, passar massa corrida e passar tinta nova. É de se esperar que, quanto mais rápido for concluída a atividade de passar a massa corrida, mais rápido se espera que a tinta nova seja passada. Essa relação implica que muitas vezes as variáveis de um projeto não são independentes, podendo haver correlação entre elas.

O grau de correlação entre duas variáveis difere de situação para situação. Seu valor pode ser expresso pelo coeficiente de correlação, que indica o grau de correlação entre duas atividades (por exemplo, X e Y) e é representado pelo símbolo ( $\rho_{XY}$ ). O coeficiente de correlação pode ter um valor entre -1 e 1: quando tiver valor igual a zero, significa que não há correlação entre as duas atividades; quando  $\rho_{XY} = +1$ , as duas atividades estão completamente correlacionadas positivamente; quando  $\rho_{XY} = -1$ , completamente correlacionadas negativamente.

Para considerar o efeito da correlação ao calcular o custo total, Moon, Kim e Kwon (2007) lançou mão de equações matemáticas. Estas, porém, são calculadas quando há amostras de dados. O uso da simulação supre, também, essa deficiência. A possibilidade de criar cenários onde os coeficientes de correlação podem ser simulados surge como uma alternativa para situações onde os mesmos não podem ser calculados.

O estudo de Papadopoulos e Yeung (2001) procurou verificar até que grau o método de simulação Monte Carlo é compatível com os métodos convencionais de estimativa de incerteza, como os descritos no guia ISO/GUM (ISO, 1995). Para isso, foram analisados os resultados de simulações onde foram consideradas a linearidade das relações matemáticas e as correlações entre as variáveis de entrada (foram criados diferentes cenários onde as variáveis foram consideradas não-correlacionadas, parcialmente correlacionadas ou perfeitamente correlacionadas, variando, para isso, os coeficientes de correlação considerados). As conclusões foram:

- Os resultados obtidos através da SMC são satisfatoriamente compatíveis com os obtidos em métodos convencionais;
- Para as funções não-lineares, os erros são introduzidos como uma consequência da negligência dos termos de ordem superior. O método de Monte Carlo leva em conta todas as não-linearidades, facilitando a determinação de como as incertezas são propagadas.
- A SMC permite demonstrar e visualizar os efeitos das operações matemáticas e das correlações entre variáveis sobre o resultado final. Foi demonstrado, por exemplo, que, para as funções lineares (adição e subtração), a saída não é desviada pelas correlações;

isso significa que, quando as entradas são Gaussianas, o resultado é também Gaussiano, sendo alterada somente a largura da distribuição. Para as funções não-lineares (multiplicação e divisão, com variáveis de entrada correlacionadas), porém, o resultado apresenta uma mudança sistemática; a distribuição resultante torna-se assimétrica e achatada (em comparação com a Gaussiana). A não-linearidade revelou-se, então, como um desdobramento das distribuições envolvidas.

Na pesquisa-ação que se propõe nesta dissertação, o orçamento, custo real e demais cálculos necessários para o monitoramento do projeto via EVM serão efetuados utilizando a Simulação de Monte Carlo. A demonstração desses cálculos será feita no capítulo seguinte.

### **2.4.3 Controle de custos**

É de se esperar que, durante o decorrer do projeto, os valores que haviam sido estimados e orçados para os custos sofram alteração. Para Kwak e Watson (2005), o risco de que esses custos venham a crescer é maior ainda para projetos de longa duração. Isso se deve ao fato de que, quanto mais longo, mais o projeto está sujeito à introdução de novas tecnologias, mudanças no escopo, mudanças nas especificações ou função do produto final, flutuações no mercado local, mudanças na política da empresa e alterações no cronograma.

Quando se analisa o projeto como um todo, tempo e custos obedecem a uma relação de compensação. Quando se busca minimizar o tempo de conclusão, é de se esperar que os valores estimados sejam acrescidos de certa quantia; por outro lado, a busca por orçamentos de menores valores pode fazer com que os prazos para conclusão sejam aumentados (AKKAN, DREXL E KIMMS, 2005).

A literatura traz estudos que abordaram o problema deste *trade-off*. Hazir, Haouari e Erel (2010) contribuíram com o conhecimento nesta área ao proporem a utilização de um algoritmo de decomposição para solucionar problemas onde se pretende minimizar o tempo de conclusão de um projeto, respeitando as restrições de precedência das atividades, sem que se exceda o orçamento esperado. Atuando no outro lado do problema, Vanhoucke e Debels (2007) pesquisaram os métodos existentes que se destinam a encontrar as melhores configurações de cronograma (a partir dos possíveis tempos/custos que se tem para a conclusão de cada atividade) de forma que se minimize o orçamento.

Enshassi, Al-Najjar e Kumaraswamy (2009) usam o termo “extrapolação de custos” quando se chega a um ponto (em determinado momento do projeto) em que os custos reais superam os valores orçados.

Um estudo realizado por Odeck (2004), em projetos de construção de estradas desenvolvidos na Noruega, constatou que casos onde se conclui projetos com custos maiores que os esperados são mais frequentes que gastos menores que os orçados, e o valor médio para a extrapolação encontrado foi de 7,88% (segundo o autor, este valor se convertido para a quantidade em moeda representa um alto valor financeiro). Outra conclusão desse estudo foi que extrapolações de custos são mais predominantes entre projetos menores (em termos de quantias de dinheiro envolvidas), levando o autor a sugerir que falhas nos processos de controle de custos podem contribuir para este problema.

Para projetos do Departamento de Defesa dos Estados Unidos, Meier (2009) constatou uma extrapolação de US\$ 295 bilhões de dólares para 95 projetos desenvolvidos em 2008, o que, segundo o autor, representa um grande valor. Jørgensen e Østvold (2006) analisaram diversos estudos que levantavam este tipo de dado para projetos de desenvolvimento de software. Os trabalhos analisados pelos autores sugeriam valores que variam entre 18% a 189% de custos adicionais na conclusão do projeto em relação aos orçados. Já Skamris e Flyvbjerg (1997) concluíram que extrapolações entre 50% e 100% são comuns em projetos de infra-estrutura de transportes e superiores a 100% não são raros.

As razões que levam a desvios nos custos reais em relação ao orçamento podem ser de várias fontes, e alguns exemplos podem ser encontrados nos estudos de Sun e Meng (2009), Aibinu e Jagboro (2002), Reichelt e Lyneis (1999) e Okuwoga (1998). O *survey* realizado por Frimpong, Oluwoye e Crawford (2003) entre 125 *stakeholders* de diferentes projetos concluídos em Gana aponta uma lista com 26 causas, dentro das quais figuram como as cinco principais: deficiências no planejamento e cronogramas, deficiências nas estimativas dos custos, procedimentos de controle inadequados, atrasos nas aprovações dos trabalhos e espera por informações. Peeters e Madauss (2008), por sua vez, apontam como a principal causa a imprecisão das estimativas de custo.

Processos de controle buscam coletar dados durante o decorrer do projeto, formando uma base para comparação dos valores reais com aqueles que haviam sido planejados, além de permitir uma previsão dos valores futuros baseados no desempenho passado. Os limites de controle são

definidos para que se possa avaliar a gravidade dos desvios e discrepâncias, permitindo ao gerente do projeto identificar suas causas e tomar ações corretivas em tempo para que sejam efetivas (NAVON, 2005). A Figura 2.1 ilustra como se dá o fluxo de informações em um processo de controle (originalmente, os autores trataram de projetos de construção civil; para maior abrangência em termos de projeto, foi adaptado neste trabalho para projetos de qualquer natureza):

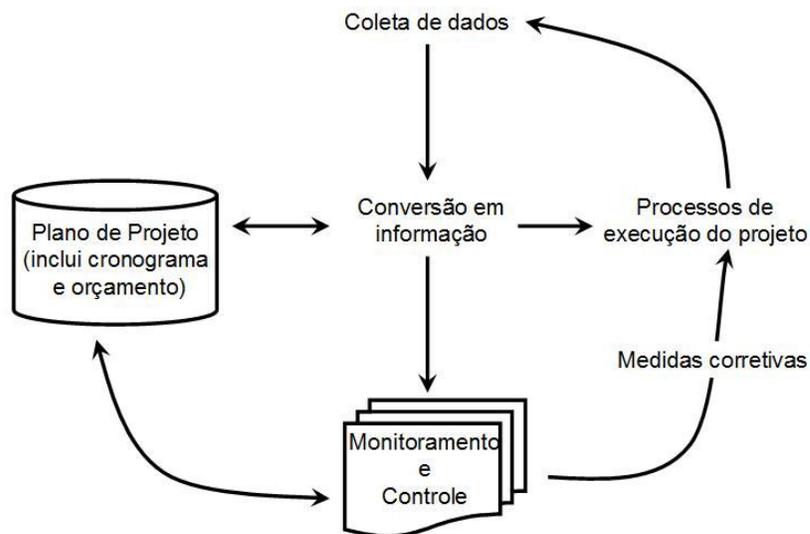


Figura 2.1 – Fluxo de informações nos processos de monitoramento e controle.

Adaptado de Navon (2005)

Estudos envolvendo o desempenho dos custos, bem como sua relação com o tempo, têm sido conduzidos para diferentes tipos de projetos e em diferentes países (AHSAN e GUNAWAN, 2010).

Métodos como os abordados por Eden, Williams e Ackermann (2005) visam entender o que teria acontecido caso não houvesse acontecido os imprevistos que causaram extrapolações no orçamento. Nas palavras dos autores, se destinam a identificar as causas e atribuir a culpa pelo não cumprimento da meta. A busca por projetos de sucesso quando se quer concluí-lo sem que a linha de base de custos seja extrapolada torna necessário, porém, o desenvolvimento de métodos que permitem acompanhar o andamento e identificar possíveis problemas em tempo hábil para que se tomem providências adequadas.

Partindo dessa necessidade, Dikmen, Birgonul e Han (2007) propuseram a utilização de lógica *fuzzy* para captar e quantificar os riscos do projeto através da experiência dos gestores já nas fases iniciais do projeto e prever as possibilidades de extrapolação de custos.

Cheung, Suen e Cheung (2004) propuseram um sistema para monitoramento do projeto que utiliza a *internet* para que os envolvidos atualizem os dados e o gestor possa realizar o controle de diversas áreas, entre elas os custos.

Partindo do princípio de que os métodos existentes de controle de custos têm foco em reconhecer os sintomas de que desvios no orçamento são iminentes, Isaac e Navon (2009) concluíram que é necessário complementar estes métodos com um sistema que permita identificar os impactos que mudanças a serem realizadas possam vir a causar no projeto antes que elas sejam efetuadas. Assim, os autores propõem um método de controle de mudanças visando contribuir com as metas de custo.

Chen (2008) propõe que o monitoramento do projeto integre custo e tempo e seja baseado em dois índices: CPI (*cost performance index*) e SPI (*schedule performance index*), que pertencem ao EVM. A originalidade deste trabalho é a introdução de matrizes que relacionam em suas linhas e colunas os dados de custo e tempo das atividades determinados na WBS do projeto. Os indicadores são calculados através de operações entre as matrizes e do determinante das mesmas. O uso de *softwares* que trabalham com planilhas eletrônicas permite maior rapidez e complexidade nas análises, já que, trabalhando com matrizes, é possível organizar melhor os diferentes dados de que se dispõe (por exemplo, é possível separar os custos diretos dos indiretos para as atividades, além de lidar com a inflação levando em consideração o momento cronológico em que cada atividade será realizada).

Outro trabalho focado na automatização do processo de controle foi desenvolvido por Benjaoran (2009), que também procurou desenvolver um sistema de controle de custos baseado no EVM operado por sistemas de TI. Esse sistema visa surgir como uma alternativa frente às dificuldades que pequenas e médias empresas enfrentam ao adotar sistemas tecnológicos, como limitações financeiras e de requisitos de infra-estrutura, se mostrando acessível a organizações de menor porte.

A adoção do *Earned Value Management* como método de controle de custos em grande parte dos projetos se justifica pela sua capacidade de sinalizar desvios mesmo nas fases iniciais do projeto, permitindo que sejam remediados desde então. Ainda que tais desvios apenas se tornem aparentes

nas fases mais avançadas, a vantagem que este método tem de predizer os eventos antes do final do projeto permite aos gestores tomar ações que irão minimizar os impactos negativos quando o projeto for concluído (PEETERS e MADAUSS, 2008). Apesar de seu desenvolvimento apresentar certo grau de dificuldade e custo adicional, os resultados da ferramenta são compensatórios (GIACOMETTI, 2007). Assim, esse método é adotado neste trabalho como instrumento importante para controle de custos, sendo o tema central do presente trabalho, e discutido com profundidade em uma seção dedicada posteriormente.

## **2.5 Gerenciamento de riscos do projeto**

Autores como Schuyler (2001), Hillson (2000), Raz, Shenhar e Dvir (2002) e Baldry (1998) nos trazem diversas definições de risco. Cervone (2006) define risco como um problema que ainda não aconteceu. Pennock e Haimes (2002) dividem os riscos em projetos entre técnicos e de programa. Os primeiros se referem a falhas nos requisitos de desempenho. Os segundos são os riscos relacionados a custos (o projeto exceder seu orçamento ou custos operacionais) e prazos (atraso na programação).

Peeters e Madauss (2008) definem gerenciamento de risco como o ato de lidar com riscos, visando mitigar ou minimizar as possibilidades de que os requisitos do projeto não sejam atingidos ou concluídos com indicadores insatisfatórios, cabendo ao responsável identificar, avaliar, monitorar e controlar os riscos potenciais.

Além dos estudos já citados em seções anteriores deste trabalho, a importância da análise de riscos para o sucesso do projeto pode ser evidenciada ainda por Ling *et al.* (2009), que investigou projetos de empresas cingapurianas desenvolvidos na China. Foram estabelecidas 24 práticas de gestão de projetos significativamente relacionadas com o desempenho satisfatório dos mesmos. De todas, a única recomendada ineditamente com relação aos projetos domésticos (realizados dentro do próprio país) são as relacionadas ao gerenciamento de riscos. Isso mostra a necessidade de controlar riscos adicionais que aparecem neste tipo de situação, como risco de transferência de tecnologia e das barreiras da língua. Pode se ver, com isso, que riscos podem não se mostrar evidentes e de fácil detecção, sendo necessário, muitas vezes, um estudo mais detalhado para sua aferição.

O *survey* realizado por Kutsch (2008) revelou que os gerentes de projeto tendem a negar, evitar, ignorar os riscos e retardar o máximo que podem a gestão dos mesmos. Os gerentes de projetos

de TI entrevistados consideram que os riscos estão fora do seu âmbito de influência e preferem deixar que estes se resolvam por si mesmos, em vez de atuar de maneira proativa contra eles. Isso evidencia que, apesar de sua importância, riscos ainda são subestimados e muitos não os gerenciam com profundidade.

A literatura não é escassa de exemplos de organizações que reconheceram a necessidade de se aprofundar nesta área, e aplicações do gerenciamento de riscos podem ser encontradas em diferentes segmentos do universo dos projetos. Kwak e Smith (2009) estudaram as abordagens em projetos de aquisição dentro do Departamento de Defesa Americano. Mankins (2009) em projetos de Pesquisa & Desenvolvimento de sistemas de tecnologia. Riscos em projetos de TI foram estudados por Kumar (2002). Já Elkington e Smallman (2002) analisaram empresas que desenvolvem projetos de utilidade pública (energia elétrica, água e telecomunicações), enquanto Zou, Zhang e Wang (2007) focaram em projetos de construção civil e Ghosh e Jintanapakanont (2004) em um projeto de construção de metrô. Diferentemente destes, que abordaram os riscos de uma maneira geral, Klein e Cork (1998) focaram apenas nos riscos técnicos, ou seja, aqueles referentes a questões de desempenho dos produtos e sistemas que estão no processo de produção. Com relação à sua natureza, riscos podem estar relacionados com diferentes fatores dentro dos projetos. Além do tempo e dos custos que são os focos deste trabalho, podem se identificar riscos relacionados às questões financeiras e a portfólios (CHAPMAN e WARD, 2004), à qualidade (LEE, PEÑA-MORA e PARK, 2005), à segurança (ABDELHAMID e EVERETT, 2000; TAM, ZENG e DENG, 2004), à sustentabilidade ambiental (CHEN, LI e WONG, 2000), à infraestrutura de construções (PALLIYAGURU e AMARATUNGA, 2008) e à lucratividade de um projeto (ZAYED, AMER e PAN, 2008).

Barber (2005) levanta, por sua vez, um tipo de risco que podem afetar vários outros parâmetros de um projeto. Tratam-se dos “riscos gerados internamente”, que surgem do comportamento humano, estando relacionados às ações, crenças, valores e modelos mentais. Devido à sua natureza, é de se esperar que este tipo de risco seja difícil de quantificar em termos de probabilidade e impacto, sendo sua estimativa subjetiva e incerta.

Hillson (2002) lembra que riscos e incertezas não são necessariamente algo que trará impactos negativos ao projeto. A incerteza de que um evento irá ou não ocorrer pode representar, ao invés de um ônus ao projeto, uma oportunidade de se obter resultados mais satisfatórios do que os esperados. No caso da atribuição das incertezas aos custos e prazos na forma de um intervalo, por

exemplo, o valor mais baixo (ou otimista) pode configurar na possibilidade de se reduzir o tempo ou o custo total. O autor sugere assim uma extensão do processo de riscos para gerenciar as oportunidades.

O gerenciamento das incertezas proposto por Ward e Chapman (2003) trata de identificar e gerenciar todas as fontes que dão origem a incertezas e delinear as percepções de ameaças e oportunidades referentes ao projeto em análise. Isso implica em determinar as origens da incerteza do projeto antes de procurar geri-las, sem preconceitos sobre o que é desejável ou indesejável. As principais preocupações estão em entender onde e de que forma (por exemplo, se na variância das estimativas) as incertezas são importantes em um contexto determinado do projeto (tais como custo e tempo). No presente trabalho as incertezas são tratadas desta mesma forma.

Cinco passos são sugeridos no gerenciamento de incertezas proposto por Ward e Chapman (2003):

1. Revisar as terminologias **riscos e incerteza**;
2. Determinar a variância dos parâmetros estimados: uma melhor estimativa de um parâmetro sob análise requer a indicação da faixa ou distribuição de possibilidades dos possíveis valores associados. Há diferentes abordagens para a realização deste processo, sendo a proposta por Chapman e Ward (2000) uma delas;
3. Esclarecer as bases de estimativas que incorrem em incertezas: como observado anteriormente, a incerteza das estimativas pode depender de quem as produziu, onde elas foram baseadas, quando elas foram elaboradas, entre outros fatores. Entender os dados, em termos de qualidade, confiabilidade e integridade, pode fornecer orientações úteis sobre sua utilização, por exemplo, ajudando a neutralizar desvios nas estimativas, desencorajando a tomada de decisões com base em dados limitados, ou orientando o gestor sobre a necessidade e maneiras de se alocar contingências para tais incertezas, se necessárias;
4. Entender o que motiva a incorporação do gerenciamento de incertezas em determinado projeto: para isso, é preciso responder a perguntas do tipo “quais são as partes envolvidas?”, “onde elas querem chegar?” e “quais os recursos requeridos?”;
5. Definir as incertezas sobre os objetivos e prioridades: é necessário alinhar as estratégias do gerenciamento das incertezas com as estratégias de objetivos do projeto. Para isso,

todas as partes envolvidas precisam estar cientes das metas estabelecidas e dos *trade-offs* existentes entre fatores como tempo, custo e qualidade.

Detre *et al.* (2006) sugerem quatro dimensões características dos riscos que devem ser conhecidas e consideradas pelas empresas para um bom entendimento de como lidar com as incertezas, sendo elas: potencial (oportunidades positivas que podem ser criadas a partir das incertezas), exposição (o que aconteceria negativamente se tais eventos realmente acontecessem), a probabilidade do potencial e a probabilidade da exposição.

Segundo Pennock e Haimes (2002), não há um jeito que se pode considerar como o único correto para se gerenciar riscos em projetos, pois as características particulares de cada um definirão a abordagem que melhor se aplica. Há, porém, certas diretrizes que se aplicam universalmente a todo o gerenciamento de riscos.

Jaafari (2001) propõe sua abordagem de gerenciamento de riscos baseado em 5 princípios:

1. A análise de riscos do projeto como um todo não deve ser baseada em uma coleção das análises de variáveis individuais, mas sim na análise da probabilidade de atingir os objetivos estratégicos do projeto;
2. As estratégias desenvolvidas devem ser vistas como componentes de todas as decisões feitas continuamente para responder à dinâmica do projeto, não como atividades isoladas;
3. Devido à maior dificuldade de compreensão dos objetivos no negócio, do escopo, do método de execução e do impacto de mudanças sobre os fatores de risco, projetos complexos tendem a apresentar inicialmente incertezas elevadas e difíceis de avaliarem;
4. Por maiores que sejam os esforços de planejamento e avaliação, não será possível reunir todas as informações relevantes rapidamente e formar um projeto viável, levando à possibilidade de que se encontrem resultados aquém dos ótimos. Dessa forma, as opções do projeto devem permanecer abertas, de forma que as incertezas que rodeiam as variáveis possam ser resolvidas otimamente em conjunturas adequadas para minimizar os impactos nos objetivos do projeto;
5. A análise e gerenciamento dos riscos devem ser guiados através de funções objetivo orientadas em ciclos de vida, de forma que haja uma análise holística do projeto.

Zhang (2007) chama a atenção para as limitações de se tratar os riscos apenas como uma ligação estatística direta entre as incertezas e as consequências. Esse mecanismo tende a negligenciar a influência do sistema, incluindo seus fatores físicos e organizacionais. Quando um dos riscos

previstos ocorre, o sistema interage com ele e reposiciona as consequências esperadas daquele momento em diante. Por exemplo, se os riscos forem determinados em projetos de organizações que possuem maior capacidade de lidar com eles, a estrutura da mesma se torna mais robusta para resistir aos seus impactos possíveis. Em outras palavras, a análise de riscos deve considerar conjuntamente os impactos que os riscos podem causar e a influência do sistema, e é o resultado líquido do impacto do evento de risco mediado pelo sistema do projeto. É de se esperar, após esta constatação, que, embora se determine as incertezas e probabilidades para todas as atividades, ainda poderão permanecer incertezas nos resultados finais se não houver como considerar a influência da resposta do sistema, e esses resultados finais ainda ficarão fora de um intervalo previamente estimado.

A literatura traz diversas abordagens e metodologias para a realização do gerenciamento de riscos, que se diferenciam pelas fases, processos e etapas que as compõem. Raz e Michael (2001) levantam algumas dessas propostas, além de um *survey* que buscou verificar quais são as ferramentas mais utilizadas pelos gerentes de projetos dentro de uma lista de 38 (uma pré-lista com 100 foi levantada, mas algumas ferramentas foram eliminadas devido a fatores como duplicação) e também verificar o quanto elas se relacionam com o sucesso do gerenciamento de riscos.

Chapman (2006) discute o que são “práticas comuns” e “boas práticas” em gestão de risco. Sua conclusão é de que as organizações que empregarem esta gestão devem desenvolver seus próprios processos em algum estágio, sintetizando conhecimentos de diferentes fontes, tanto para levantamento dos dados como na análise dos mesmos.

Alencar e Schmitz (2005) sugerem que o processo de análise de risco seja realizado em ciclos, como na Figura 2.2.

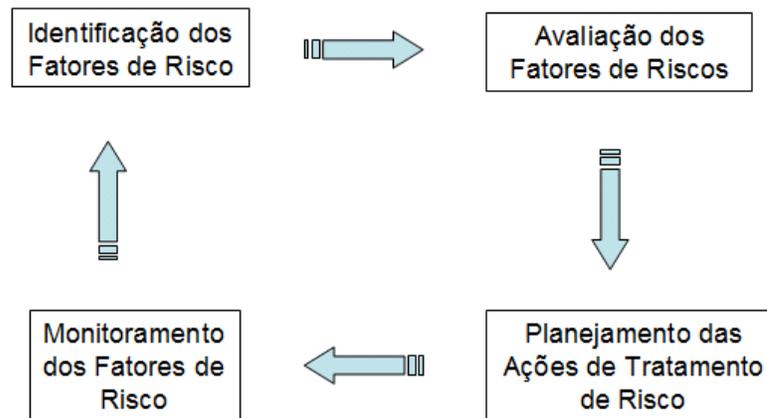


Figura 2.2 – Ciclo de análise de risco.

Fonte: Alencar e Schmitz (2005)

Os autores propõem dois subprocessos para a gerência dos riscos, um na fase de planejamento e outro na fase de execução. No primeiro se enquadram as atividades de Identificação dos Fatores de Risco, Avaliação dos Fatores de Riscos e Planejamento das Ações de Tratamento de Risco. A fase de execução inclui a atividade de Monitoramento dos Fatores de Risco.

O PMI (2004) por sua vez sugere seis processos dentro do gerenciamento de riscos. O Quadro 2.5 traz uma descrição para cada um e algumas considerações. O processo de análise quantitativa de riscos será abordado em tópico a parte, pois, por ser um dos temas deste trabalho, seu entendimento faz necessária uma abordagem mais profunda.

Processo	Descrição	Considerações
Planejamento	Busca elaborar um plano de gerenciamento de riscos, onde devem ser observados a metodologia de gerenciamento (abordagens, ferramentas e fontes de dados), designação de responsáveis para as atividades em cada área, definições de quando e com que frequência o processo será executado, sistematização e detalhamento de riscos e definições de probabilidade e impacto.	Em algumas abordagens de gerenciamento de riscos, este processo pode receber outro nome. Por exemplo, em Chapman (1997) é denominada “fase de foco”. Outras abordagens não incluem esta etapa de planejamento. Kerzner (2006b) lembra que, mesmo quando se adota propostas que a incluem, são frequentes os casos em que esta etapa é deixada de lado, e defende a importância desta fase para um gerenciamento eficaz. Carbone e Tippett (2004) também destacam a importância desta etapa lembrando o axioma que diz que “falhar ao planejar é planejar para falhar”. Das chamadas “ignorâncias deliberadas” apresentadas por Kutsch e Hall (2010) discutidas adiante, os autores acreditam que os <i>tabus</i> são os que mais afetam este processo.

<b>Identificação</b>	Utiliza-se de <i>brainstorming</i> , entrevista, análise de SWOT ou outras ferramentas, para se obter uma lista de riscos com suas respectivas causa-raiz e premissas, além de uma lista de respostas possíveis a esses eventos.	Maytorena <i>et al.</i> (2007) analisou se o tempo de experiência e o método que o gestor utiliza para obter informações sobre os riscos influenciam o processo de identificação. O teste de hipóteses indicou que o tempo que o profissional tem de experiência nesta atividade não tem relação com este processo; já o método que ele utiliza, sim. Isso significa que, para se identificar riscos de maior impacto, deve se procurar investigar vários efeitos colaterais do mesmo, bem como acompanhar sua evolução, não bastando um embasamento em casos históricos. É sugerido, ainda, que o nível de graduação escolar do profissional e a realização de treinamentos podem melhorar os resultados do processo.
<b>Análise Qualitativa</b>	Tem como objetivo identificar riscos e avaliá-los quanto a sua prioridade, analisando a probabilidade de ocorrência, o possível impacto que cada um irá causar se vier a acontecer e fatores como prazo e tolerância a risco das restrições de custo, cronograma, escopo e qualidade do projeto.	Uma das ferramentas para se organizar os riscos é a matriz de probabilidade e impacto. A tabulação dos riscos serve como orientação para a resposta a riscos, sugerindo se os mesmos devem ser mitigados, aceitos ou evitados de acordo com os objetivos do projeto. Dikmen, Birgonul e Han (2007) sugerem o fator “controlabilidade”, que não é incluído nas fórmulas de quantificação explicitamente, mas usualmente é considerado ao se determinar o impacto e a probabilidade de um risco. Quanto maior a capacidade de controle que a companhia possui sobre determinado risco ou quanto mais transferível ele for a outras partes através de condições de contrato, menor relevância este fator terá na avaliação.
<b>Planejamento de Resposta</b>	Busca atribuir recursos e atividades no orçamento e cronograma do projeto para que se aumentem as oportunidades e reduza as ameaças aos objetivos do projeto causadas pelos riscos analisados anteriormente.	Hillson (2003) aponta como atividades pertencentes a este processo: determinação de como responder a cada risco individual e à exposição aos riscos no geral; seleção de uma estratégia que seja apropriada, alcançável e cujos gastos são pagáveis; e alocação de cada resposta a um responsável.
<b>Monitoramento e controle</b>	Cabe aqui a responsabilidade de reanalisar sistematicamente os riscos identificados para avaliar a evolução dos seus níveis de probabilidade e impacto para o projeto, verificando se os resultados esperados foram obtidos, para, caso contrário, elaborar-se um novo plano de resposta (ALBENY, 2007).	São utilizadas nesse processo ferramentas como análise de tendências e da variação e medição do desempenho técnico, além de auditorias de risco (PMI, 2004). Hillson (2004b) ressalta a importância deste processo pelos seus objetivos de minimizar e evitar ameaças enquanto maximiza e explora as oportunidades, a favor de aumentar a confiança de que os objetivos do projeto sejam alcançados. A partir desta visão, foi proposto um índice para medir a eficiência do plano de gerenciamento de riscos. Baseado neste trabalho de Hillson, Albeny (2007) também propôs um modelo de análise e medição da eficiência do gerenciamento de riscos.

Quadro 2.5 – Processos do Gerenciamento de Riscos segundo PMI (2004)

Vê-se, então, que a literatura traz diversas diretrizes dispostas a guiar o gerenciamento de riscos rumo à eficiência. Kutsch e Hall (2010), porém, determinaram que há pouco tratando de práticas ocorrentes entre gerentes que muitas vezes contribuem negativamente para o sucesso da análise de riscos. A esse conjunto de fatores os autores denominaram “ignorância deliberada” e os subdividiu em quatro tipos:

1. Não-cogitação: a informação é declarada fora de discussão. Ocasão onde o gerente se concentra apenas naquilo que considera crucial e ignora outros tópicos, limitando o leque de informações;
2. Tabu: restrição colocada por causas morais e/ou de precaução àquela informação que se acredita não ser apropriada. Ocorre, por exemplo, quando se quer evitar a declaração de algum risco para não causar impressões negativas aos *stakeholders*.
3. Indecisão: quando é necessário recorrer a julgamento subjetivo por falta de dados estatísticos com relação a algum risco, pode haver indecisão ou determinações opostas com relação à veracidade de uma informação por parte dos especialistas, culminando com a exclusão de algum tópico;
4. Falta de crença: algumas informações podem ser desconsideradas porque os responsáveis não crêem que elas possuam impacto real ou relevante. Nesses casos, os gerentes preferem renunciar a esse tipo de risco que eles não consideram como “baseados em fatos” a despender recursos para contê-los.

No que diz respeito à forma de abordar o tema, o survey realizado por Lyons e Skitmore (2004) apontou que as abordagens qualitativas são as utilizadas com maior frequência, seguidas pelas semiquantitativas, ficando com a menor parcela as abordagens quantitativas. Esse trabalho aborda os métodos quantitativos, sendo dada ênfase a análise qualitativa de riscos.

### **2.5.1 Análise Quantitativa de Riscos**

Após o levantamento e classificação de alguns riscos como sendo de impacto considerável no projeto no processo de análise qualitativa, é necessário analisá-los mais profundamente, atribuindo-lhes valores numéricos (geralmente na forma de distribuições de probabilidades) e fazendo comparações para classificar os riscos e verificar prioridades, permitindo ainda trabalhar com as dependências existentes entre as diferentes fontes de incertezas. Espera-se com isso, que a análise quantitativa melhore o processo de tomada de decisão (PATÉ-CORNELL, 2002). Chapman (1997) sugere que, para alguns casos, como naqueles em que um teste de viabilidade de um novo produto estiver sendo aplicado, uma abordagem puramente qualitativa pode ser suficiente; se a análise de riscos for referente à estimativa de um orçamento, porém, pode ser necessária uma análise quantitativa, com abordagem probabilística.

Ferguson (2004) propõe uma sistemática para se analisar os riscos quantitativamente. Nesta abordagem, os riscos são caracterizados em uma métrica dada pelo produto da probabilidade e

impacto de ocorrência:  $R = P \times I$ , sendo  $R$  = valor métrico do risco,  $P$  = probabilidade de ocorrência e  $I$  = valor mais provável de impacto. Assim, se cada risco for considerado um evento independente, o risco total do projeto é dado pela soma de cada termo:  $Risco\ Total = Soma\ de\ todos\ os\ (P \times I)$ . Para se obter o valor do impacto, é discutido um método que, em linhas gerais, consiste em estimar o impacto referente aos vários fatores afetados pelo risco dentro do projeto, como custos, cronograma e as vendas, e, em seguida, operar matematicamente os valores para se chegar a um único valor numérico. Tendo calculado o valor de diversos riscos, o autor discute quantos e quais deles devem ser levados em consideração na análise final. Ele sugere que se considerem os 20 maiores. Dessa forma, pode se obter um índice que consiste da soma dos maiores riscos do projeto: *Project Risk Score* = Soma dos 20 riscos de maior valor métrico. A análise desse índice deve ser feita através da elaboração de uma escala, onde alguns níveis são definidos e diferentes ações devem ser tomadas dependendo de que posição o valor tomar em determinado projeto.

Nas seções anteriores, que discutiam as incertezas relacionadas a custos e tempo nos projetos, foram descritos vários métodos e abordagens propostos por diversos autores que visam analisar os riscos e incertezas quantitativamente, tais como lógica *fuzzy* e redes neurais. A seguir, são descritas algumas técnicas para se coletar e representar os dados que serão, posteriormente, analisados usando esses métodos. Na sequência, o quadro 2.6 apresenta demais técnicas de modelagem na análise quantitativa de riscos apresentadas no PMI (2004).

<b>Técnica</b>	<b>Descrição</b>
Análise de sensibilidade	Mantêm-se todas as variáveis de um projeto fixas exceto a que se quer testar, de modo a verificar o grau de impacto que a incerteza de cada elemento causa no resultado final.
Análise do Valor Monetário Esperado (VME)	Utilizado quando o futuro apresenta cenários que podem ou não acontecer, fornecendo o resultado médio. O cálculo é realizado multiplicando o valor de cada resultado possível por sua probabilidade de ocorrência e somando os dois.
Análise da árvore de decisão	Diagrama que permite relacionar várias alternativas de escolhas disponíveis para uma dada situação, incorporando as probabilidades de cada cenário possível, os custos e o retorno de cada caminho disponível.
Modelagem e simulação	A simulação utiliza as distribuições de probabilidades associadas às variáveis que se quer analisar para sortear os dados de entrada em um modelo, o qual é iterado (calculado diversas vezes), permitindo estimar os impactos causados pelas incertezas nos objetivos do projeto. Uma das técnicas mais utilizadas para isso é a simulação de Monte Carlo.

Quadro 2.6 – Técnicas de modelagem na análise quantitativa de riscos

Fonte: adaptado de PMI (2004)

A existência de métodos e técnicas de análise quantitativa de riscos possibilita que os dados de custo e prazo utilizados no EVM sejam representados por distribuições de possibilidades.

### **2.5.2 Distribuições de Probabilidades**

As distribuições de probabilidades podem incluir tanto distribuições contínuas como discretas. As distribuições contínuas representam incertezas nos valores, como durações e custos de atividades. As distribuições discretas podem representar eventos incertos, como a quantidade de profissionais de cada especialidade que será necessária no projeto.

Chapman e Ward (2000) utilizam distribuições de probabilidades uniformes em seu modelo de estimativa de incerteza, mas reconhecem as limitações de se utilizar este tipo de distribuição para refletir o cenário real.

Há diversas distribuições possíveis disponíveis aos gestores, mas a maioria das opções, no entanto, se mostram desnecessárias. Se três estimativas para a duração da tarefa são feitas (o tempo otimista, o realista ou mais provável e o pessimista), então é razoável supor algum tipo de distribuição "corcunda". Esta distribuição terá um pico no momento realista ou mais provável e diminuirá rumo às extremidades, que correspondem aos tempos mínimos e máximos. Fornecendo esse padrão aproximado, a forma exata da curva de possibilidades não é relevante, pois é provável que os erros na forma sejam de uma ordem menor do que os possíveis erros na estimativa original dos três pontos de duração da tarefa. Assim, distribuições simples, como a beta ou a triangular, seriam de fácil aplicação e permitiriam uma avaliação direta, exigindo, apenas, as estimativas dos três pontos, o que deve estar dentro das capacidades e experiência de qualquer planejador (DAWSON e DAWSON, 1998). Entendendo como válida esta explicação, nesta dissertação os tempos e os custos serão representados por distribuições triangulares, construídas a partir dos três pontos que, por sua vez, foram estimados com base nas sugestões da literatura discutidas anteriormente nas seções dedicadas.

Dessa forma, como a curva não representa necessariamente uma distribuição das probabilidades relacionadas aos valores de custo e prazo, mas sim as possibilidades que cada variável pode assumir, denotar-se-ão essas como distribuições de possibilidades.

Distribuições triangulares são frequentemente usadas para representar os valores de tempo (como utilizado na ferramenta PERT) ou custo de um projeto com relação a suas possibilidades (ELKJAER, 2000). Há muitas formas pelas quais se podem levantar os pontos principais desta distribuição, sendo um meio comum a seleção subjetiva dos valores, baseando-se na experiência do estimador para se determinar valores razoáveis.

Na Figura 2.3, é apresentada a distribuição triangular que representa a função do número de dias que uma atividade do projeto pode levar e as respectivas possibilidades de acontecimento. Nesse exemplo, 7 dias é o menor valor que a função pode assumir, 12 dias é a duração realista ou mais provável e 21 dias o tempo máximo que a atividade pode durar.



Figura 2.3 – Exemplo de distribuição triangular

Segundo Alencar e Schmitz (2005), o valor da função triangular em um determinado ponto  $X$  é dado pelas fórmulas:

$$\left\{ \begin{array}{ll} \min \leq x \leq mp & \rightarrow \frac{2(x - \min)}{(mp - \min)(\max - \min)} \\ mp \leq x \leq \max & \rightarrow \frac{2(\max - x)}{(\max - mp)(\max - \min)} \end{array} \right.$$

Onde  $\min$  é o valor mínimo e  $\max$  é o valor máximo que a função pode assumir, enquanto  $mp$  é o valor mais provável.

Hillson e Hulett (2004) chamam a atenção para as dificuldades relacionadas à avaliação de possibilidades. Um dos problemas está relacionado com as fontes de dados, pois, segundo eles, cada projeto é único e tem suas particularidades, bem como seus riscos e relevâncias. Sendo assim, em muitos casos não se tem dados históricos disponíveis ou relevantes para analisar.

A realização de entrevistas se destina à coleta das informações que serão necessárias para a obtenção de tais distribuições. No exemplo trazido pelo PMI (2004) e representado pela Tabela

2.1, pode-se ver uma estimativa de três pontos que contempla o cenário otimista, realista ou mais provável e pessimista de custo para cada etapa de um projeto.

<b>Elemento da Estrutura Analítica de Projetos</b>	<b>Baixa</b>	<b>Realista ou Mais Provável</b>	<b>Alta</b>
<b>Projeto</b>	4	6	10
<b>Construção</b>	16	20	35
<b>Teste</b>	11	15	23
<b>Projeto Total</b>	31	41	68

Tabela 2.1 - Exemplo de custos do projeto estimados por meio de entrevista sobre riscos.

Fonte: PMI (2004)

## Capítulo 3 - Earned Value Management (EVM)

Conforme o Capítulo 2, não é difícil se encontrar projetos que são finalizados com prazos já esgotados e custos acima do esperado, também não sendo raros casos em que não chegam a ser concluídos. Os gerentes alegam com frequência que só conseguem constatar tais problemas quando o projeto já está em estágio avançado, não havendo tempo hábil para que as ações corretivas surtam efeitos (Giacometti *et al.*, 2007). Devido à possibilidade de se acompanhar o desempenho do projeto durante todo o seu decorrer, o PMI (2005) chama o EVM de “gerenciamento com as luzes acesas”, pois ajuda clara e objetivamente a iluminar a situação de um projeto e saber que caminho ele está tomando com relação à proposta original.

Segundo Vertenten, Pretorius e Pretorius (2009) há tipicamente três razões para se utilizar o EVM: quando houver necessidade de melhorar a qualidade do processo de gerenciamento de projetos; para reiterar a responsabilidade de conclusão do projeto e garantir que as exigências de progressos estão sendo alcançadas; e para abrir o fluxo de informações do projeto, de forma que todas as partes saibam o que está acontecendo.

O *Earned Value* tem se tornado a teoria predominante para avaliação do desempenho e progresso de projetos nas últimas décadas, cujos benefícios vêm se mostrando claros. Apesar disso, sua utilização ainda não é muito comum, ficando restrita a algumas organizações. Há, assim, oportunidade e obrigação, por parte dos pesquisadores, de melhorar a prática desta metodologia, de forma a cooperar com o amadurecimento de sua aceitação (BOWER e FINEGAN, 2009).

Um estudo realizado por Kim, Wells Jr e Duffey (2003) levantou pontos gerais referentes à visão de alguns gerentes que já adotaram ou estavam utilizando no momento o EVM. Com relação à satisfação, 82% destes “aceitam” ou “aceitam fortemente” essa técnica. Os problemas mais percebidos relativos à sua utilização foram descrença da organização na sua eficácia, falta de entendimento da sistemática, dificuldade de precisão na estimativa do trabalho realizado e um otimismo demasiado daqueles que usam o EVM ao planejar. Apesar destes problemas terem sido apontados, eles foram classificados como “insignificantes” ou “secundários”, o que mostra que não houveram fatores rotulados como relevantes ou extremos. Com relação aos benefícios, os gerentes “concordam” ou “concordam razoavelmente” que o EVM é efetivo para estimar o tempo e custo para conclusão do projeto, identificar impactos nos custos e cronograma de problemas conhecidos e retratar a situação dos custos em determinado momento. Pode se dizer, então, que os benefícios são percebidos com mais intensidade do que os problemas. O trabalho indicou,

ainda, alguns fatores chave para se aumentar a aceitação dessa metodologia dentro das organizações, tais como “apoio da alta direção”, e fatores para se melhorar o desempenho da técnica, como “treinamentos”, “automatização com uso de programas computacionais” e “bons níveis de comunicação entre as equipes de trabalho”.

O Quadro 3.1 traz uma síntese de desafios (dificuldade potenciais) que as organizações podem encontrar ao adotar e desenvolver o EVM, bem como algumas recomendações para um melhor desempenho, sugeridos por Patton e Shechet (2007):

	TIPO	DESCRIÇÃO
DIFICULDADES POTENCIAIS	EVM pode apontar dados irrealistas	Em alguns casos, os dados comparados de trabalho realizado e planejado não refletem a realidade. Algumas possíveis razões para isso: pouca compreensão da metodologia EVM; percepção de que o EVM mede a quantidade, mas não a qualidade do trabalho realizado; falta de treinamento dos funcionários; mudanças que podem ocorrer no escopo, cronograma e custos no decorrer do projeto, gerando alterações nos dados inicialmente utilizados.
	Problemas de cultura organizacional	Podem ser relacionados à: paradigma de que o EVM é caro e difícil de implantar; questionamento sobre o custo-benefício de aplicar o EVM em projetos já orçados; suposição de que os problemas derivam da má execução do projeto, em vez de planejamento inadequado; falta de abertura de alguns <i>stakeholders</i> a receber notícias desfavoráveis.
	Mudanças necessárias na organização	Por exemplo, problemas podem estar relacionados com a colocação de infra-estrutura no local para apoiar o processo de EVM. Pode ser preciso muito comprometimento e esforço para reunir e integrar as ferramentas e sistemas existentes a fim de levantar os dados e gerar os relatórios em tempo útil e necessário.
	Qualidade do orçamento	Na aplicação do EVM, ter uma base realista é fundamental. No entanto, no processo de criação da estimativa inicial, existem várias realidades sistêmicas que podem introduzir erros na linha de base de custos (algumas discutidas previamente no presente trabalho).
RECOMENDAÇÕES	Treinamento	Deve incluir todos os níveis de supervisão e abordar fatores como a WBS do projeto, de forma que os praticantes entendam questões do tipo “de que forma o nível de detalhamento altera os resultados finais?”.
	Simplificar os projetos	Organizações podem lançar mão de técnicas de engenharia para dividir o projeto em partes menores, de forma a permitir uma resposta às ações mais rápida.
	Melhorar entendimento do EVM entre os envolvidos	Gestores devem antecipar a relutância cultural e enfatizar os benefícios que o EVM traz à progressão do programa, influenciando positivamente a equipe para fazer o seu melhor; deve-se, no entanto, ser realista e esclarecer os desafios de implantação com os envolvidos.

Quadro 3.1 – Dificuldades potenciais de implantação e recomendações para maior eficiência do EVM

Fonte: Patton e Shechet (2007)

O termo *Earned Value* foi adotado primeiramente nos anos 60 pelo departamento de defesa americano como parte integrante do *Cost/Schedule Control Systems Criteria* (C/SCSC) (VERTENTEN, PRETORIUS e PRETORIUS, 2009). Para promover o uso do EVM no setor privado, o governo federal americano decidiu deixar de lado o C/SCSC em 1996 e buscou um

sistema de EVM mais flexível, chamando-o de *Earned Value Project Management System* (EVPMS) (ANBARI, 2003).

Kerzner (2006a) define *Earned Value* (EV) como uma técnica de gerenciamento que relaciona planejamento de recursos com requisitos de desempenho técnico e de tempo. O mesmo autor define, assim, *Earned Value Management* (EVM) como um processo sistemático que usa o EV como ferramenta primordial para integrar custo, programação de tempo, gerenciamento de desempenho técnico e gerenciamento de risco.

Pode-se ver, porém, que a prática realizada nas empresas difere destes conceitos, pois geralmente se faz apenas uma comparação entre o que foi gasto e o que se planejava gastar, sem se considerar o quanto foi realmente produzido ou concluído (OLIVEIRA, 2003). Segundo este autor, o método corriqueiro de acompanhamento de custos consiste na comparação entre o valor planejado (VP) e o custo real (CR). Se este é menor ou igual ao VP, considera-se que o projeto está com seus custos dentro do planejado, sendo o desempenho satisfatório. Com a consideração da variável EV, que incorpora o progresso físico do projeto, o EVM supre essas falhas e vem, por isso, ganhando espaço.

Na época de sua criação, o departamento de defesa dos EUA definiu 35 critérios considerados necessários à sistemática do EVM para que a necessidade de monitoramento do projeto fosse satisfeita. Mais tarde, quando da substituição do C/SCSC pelo EVPSM em 1996, o número de critérios foi reduzido para 32 (FLEMING e KOPPELMAN, 2006). Estes autores sugerem, porém, que esse número pode ser demasiado restritivo para a maioria dos projetos no mundo, sendo um empecilho para que projetos de qualquer dimensão e qualquer segmento de mercado aplique esta metodologia. Eles sugerem, então, uma forma de EVM “simples”, cujos critérios foram resumidos a 10.

A sistemática para implementação e execução do EVM apresentada neste trabalho segue passos que diferem em alguns pontos dos propostos no último trabalho citado, e são descritos a seguir.

### **3.1 Funcionamento do Earned Value**

Para entender a sistemática do EVM, é necessário inicialmente conhecer três termos, que são os maiores componentes do EV, sendo eles (RABY, 2000):

- **BCWS** (*Budgeted Cost of Work Scheduled*): indica o orçamento associado às atividades planejadas e agendadas. Em outras palavras, representa o **custo orçado** das atividades **planejadas**;
- **ACWP** (*Actual Cost of Work Performed*): indica o custo real dos recursos e esforços empregados até determinado momento nas atividades já finalizadas. Em outras palavras, representa o **custo real** empregado nas atividades já **finalizadas**;
- **BCWP** (*Budgeted Cost of Work Performed*): é o EV propriamente dito. A diferença entre ele e o BCWS é que este representa o orçamento para as atividades que planejou-se estarem completas, enquanto o BCWP representa o orçamento considerando o quanto das atividades está realmente concluído.

Raby (2000) propõe ainda que o processo de adoção do EV como sistema de controle para um projeto envolva oito passos, sendo os quatro primeiros destinados a estabelecer as ferramentas e meios necessários para a configuração do EV:

1. Estabelecer uma WBS (traduzida como EAP - Estrutura Analítica de Projeto) que divide o projeto em atividades ou componentes;
2. Estimar e alocar um custo para cada atividade;
3. Fazer um cronograma das atividades colocando prazo para as mesmas; e
4. Construir um cronograma para o projeto como um todo para confirmar que o plano é aceitável.

Os quatro passos restantes dizem respeito à utilização efetiva do EV como um processo de controle e estão descritos detalhadamente nos tópicos a seguir.

### **3.1.1 Monitorar o progresso das atividades e atualizar o cronograma**

Neste 5º passo, as atividades são avaliadas e classificadas em iniciadas, terminadas ou parcialmente terminadas. É necessário também estimar o quanto de cada atividade já foi realizado. Isso pode ser feito em termos da unidade de medida que se emprega ao objeto de trabalho (por exemplo, quantos barris de petróleo já se extraíram) ou, em casos onde não há uma métrica definida, pode-se se expressar em termos de porcentagem (por exemplo, se o projeto for escrever um livro, podem ser arbitrados valores para cada etapa do projeto, como 5% para a elaboração da introdução, 30% para a apresentação dos fatos, 70% quando se concluir a discussão dos dados, 90% após a conclusão e 100% quando o livro estiver pronto e revisado).

### 3.1.2 Identificar e incorporar os custos reais

Neste passo, procura-se levantar os custos já alocados nas atividades do cronograma. Para se obter este tipo de informação, pode-se recorrer a faturas enviadas pelos fornecedores ou bancos eletrônicos de registro, como um sistema de *Enterprise Resources Planning* (ERP). É essencial avaliar os dados obtidos para filtrar aqueles cujos valores são inválidos ou discrepantes. Vale destacar que, em alguns projetos, é comum antecipar ou postergar pagamentos. Estes valores devem ser respectivamente subtraídos ou adicionados no cálculo dos custos reais.

### 3.1.3 Calcular o EV

Realizados esses passos, calcula-se o EV através da multiplicação do custo orçado para uma atividade pelo valor percentual de conclusão da mesma. A seguir está um exemplo desse cálculo.

	<b>Orçamento [\$]</b>	<b>% Terminado</b>	<b><i>Earned Value</i> [\$]</b>
Atividade 1	30.000	100	30.000
Atividade 2	70.000	80	56.000
Atividade 3	50.000	0	0
Projeto	150.000	57	86.000

Tabela 3.1 – Exemplo de orçamento e percentual terminado para cálculo do EV

O projeto da Tabela 3.1 é dividido nas atividades 1, 2 e 3, que têm orçamentos de, respectivamente, \$30.000, \$70.000 e \$50.000. A atividade 1 foi totalmente realizada (100% terminado), sendo seu EV dado então por  $\$30.000 \times 100\% = \$30.000$ . A atividade 2, por sua vez, ainda não foi inteiramente concluída (80% terminado), ficando seu EV =  $\$70.000 \times 80\% = \$56.000$ . Já no caso da atividade 3, que ainda não foi iniciada, o EV é calculado por  $\$50.000 \times 0\% = 0$ . Além das atividades, o *Earned Value* pode ser calculado para o projeto inteiro. Nesse caso, ele é dado por  $\$30.000 + \$56.000 = \$86.000$ .

A análise da situação de um projeto pode ser realizada com diversas informações obtidas a partir do EV, BCWS, ACWP, BCWP e alguns cálculos envolvendo estas variáveis. Anbari (2003) levantou alguns métodos gráficos e índices através da simplificação de cálculos que servem como indicadores de situação e melhoram o entendimento do desempenho de um projeto. Morelli (2007) sugere que algumas dessas medições devem ser efetuadas mensalmente e já na fase inicial do projeto, quando este tiver 5% de avanço. Alguns desses cálculos serão discutidos mais adiante, na seção 3.3.

### 3.1.4 Analisar os dados e preparar relatório

O último dos passos propostos por Raby (2000) para a adoção do EV como sistema de controle para um projeto consiste na interpretação dos valores e índices obtidos no passo 7. A forma com que isso será feito e a relevância que se dará aos dados depende da natureza de cada projeto e cabe ao gerente verificar as necessidades particulares.

## 3.2 Indicadores do Earned Value Management

Esta seção se destina à exposição e discussão de alguns indicadores e métodos matemáticos que se baseiam no *Earned Value* e demais variáveis através dos quais se pode obter informações a respeito do andamento do projeto. Sobre esses índices os gestores ou demais *stakeholders* do projeto podem tomar decisões direcionadas às áreas de interesse (custo ou tempo). Os indicadores apresentados a seguir foram levantados da literatura, segundo os conceitos de Anbari (2003), Morelli (2007) e Raby (2000).

### 3.2.1 Medições de desempenho

Essas medições podem ser calculadas tanto para atividades isoladas, como para grupos de processos ou o projeto como um todo e, geralmente, são expressos na forma de razão. Para a avaliação do tempo, tem-se o SPI (*Schedule Performance Index*, ou índice de desempenho de prazo, em português), obtido pela divisão do EV pelo valor do custo orçado (BCWP/BCWS). Se o valor encontrado para este índice for menor que 1, o projeto está atrasado; se o valor for maior que 1, significa que o projeto está adiantado, enquanto um valor de SPI igual a 1 implica que os prazos estão exatamente iguais aos planejados.

Para os custos, pode-se utilizar o CPI (*Cost Performance Index*; em português, índice de desempenho de custos) através da relação BCWP/ACWP. Sua análise se dá de forma análoga ao índice anterior: um CPI maior que 1 indica que os custos do projeto até aquele determinado momento estão menores que os orçados; igual a 1 indica que os gastos vêm sendo exatamente os planejados; se o valor do índice for menor que 1, os custos vêm extrapolando a quantia que se imaginava gastar. O estudo de Lipke *et al.* (2009) levou à conclusão de que a acurácia deste indicador aumenta de acordo com o avanço do projeto rumo às fases finais.

A partir destes dois índices, pode-se calcular um terceiro, que também pode ser útil para o controle do projeto: o CrR (*Critical Ratio*). Este indicador determina a ponderação entre o custo e o prazo do projeto, sendo calculado pela equação (7):

$$CrR = SPI \times CPI \quad (7)$$

Morelli (2007) sugere a mensuração rotineira deste parâmetro a partir do ponto em que o projeto avançou 10% do tempo planejado. Para se avaliar o resultado obtido desta relação, pode-se adotar a seguinte escala sugerida pelo mesmo autor:

CrR = 1: prazo e custo do projeto estão de acordo com o planejado;

$0,8 > CrR > 1$ : indica que há tempo hábil para a tomada de ações que colocarão os prazos e custos dentro dos valores planejados;

$0,5 > CrR > 0,8$ : indica que serão necessárias horas extras para se terminar o projeto dentro do prazo, porém os custos serão extrapolados;

$CrR < 0,5$ : deve-se considerar a possibilidade de cancelamento do projeto;

$1 > CrR < 1,2$ : produtividade ótima;

$CrR > 1,2$ : pode indicar que os prazos e custos foram superestimados.

A importância do CPI está no fato de este índice, além de permitir uma análise baseado em si só, servir como base para cálculo de outros indicadores (nas seções seguintes mais alguns serão demonstrados). Verificar seu comportamento ao longo do projeto, bem como o grau de acurácia e confiabilidade que ele possui tem, dessa forma, motivado trabalhos de alguns autores. Um destes é o estudo realizado por Christensen e Templin (2002), que analisou 240 projetos de aquisição do departamento de defesa dos EUA com o objetivo de verificar se há e qual seria a variação entre o CPI calculado no final do projeto e aquele calculado quando se tem 20% de avanço. A conclusão foi de uma relação de  $CPI_{(FINAL)} - CPI_{(20\%)} \leq 0,10$ , sugerindo que esse índice fica estável a partir do ponto de 20% de realização do projeto. A fim de verificar a veracidade dessa informação, Lipke (2005) realizou uma análise estatística e concluiu que esta relação é válida apenas para projetos de longa duração (com mais de 6,7 anos). Para projetos menores, essa variação é maior que 0,1. Henderson e Zwikael (2008) também dedicaram suas pesquisas a análise deste indicador.

### 3.2.2 Medições de desvio

Assim como as de desempenho, essas medições também podem ser efetuadas tanto para atividades separadas quanto em conjunto.

CV (*Cost Variance*) é o EV menos o custo atual: (BCWP – ACWP). Um CV negativo implica na extrapolação dos custos inicialmente planejados; um valor positivo de CV significa economia, ou seja, os gastos até o momento estão aquém do planejado; CV igual a zero significa eficiência em termos de custo, estando o projeto com os custos exatamente dentro do planejado.

O SV (*Schedule Variance*) pode ser calculado pela subtração de BCWS do EV, ou seja, BCWP – BCWS. Este cálculo revelará, em valores absolutos, a variação positiva ou negativa dos prazos no avanço do projeto. Se  $SV < 0$ , um volume de trabalho menor que o planejado foi realizado, estando o projeto aquém do esperado; se  $SV > 0$ , inversamente, o projeto caminhou além do esperado; para  $SV = 0$ , o trabalho realizado até o momento é exatamente o que estava planejado.

### 3.2.3 Previsões

#### 3.2.3.1 Desempenho final de custos

O EaC (*Estimate at Completion*) é um valor que pode ser útil aos gerentes quando se quer conhecer qual o rumo estão tomando os custos do projeto e como se espera que eles estarão quando o projeto for concluído. Morelli (2007) sugere a reestimação mensal do desempenho final dos custos. Raby (2000) afirma que há grandes discussões sobre como calcular o EaC, mas uma maneira mais simples de se chegar a este valor é através da equação 8:

$$EaC = \frac{(BaC - BCWP)}{CPI} + ACWP \quad (8)$$

BaC (*Budget at Completion*) consiste no valor do orçamento total, tanto para o projeto como um todo, como para suas atividades separadamente ou agrupadas de alguma maneira. É o patamar mais alto de BCWS.

O exemplo da Figura 3.1 trazido por Raby (2000) mostra um caso em que, na data de análise, o ACWP estava maior que o BCWP, indicando que o projeto não estava eficiente em termos de custo. Se o desempenho de tal projeto continuar no mesmo nível, é de se esperar que os custos do mesmo, quando da data de término (EaC), ultrapassarão o orçamento estimado (BaC).

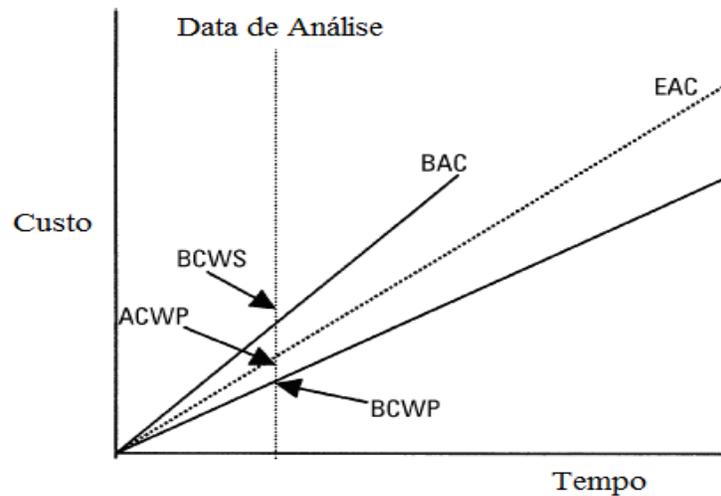


Figura 3.1 – Exemplo de desempenho final de custos.

Fonte: Raby (2000)

Segundo Lipke (2005), diversos trabalhos têm sido realizados com o intuito de examinar o comportamento do CPI e das várias fórmulas para se estimar os custos finais. O autor levantou, então, outras equações propostas na literatura para a realização deste tipo de previsão e procurou verificar em quais situações elas são confiáveis.

Em um exemplo deste tipo de trabalho, Christensen e Rees (2002) testaram uma hipótese existente na literatura de que a equação 7, apresentada anteriormente, fornece um valor para o custo final que seria o limite inferior, ou seja, o menor valor previsto para o custo final, para projetos que já alcançaram pelo menos 20% de realização. Para testar esta hipótese, foram analisados 52 projetos do departamento de defesa dos EUA, e a conclusão foi de que essa hipótese é verdadeira para projetos que estão entre 20% e 70% de realização. Isso significa que, para previsões de custo calculadas nas fases finais utilizando esta fórmula, o EAC encontrado não representa um limite inferior.

### 3.2.3.2 Previsão de duração do projeto

Como dito anteriormente neste trabalho, a projeção de prazos através do *Earned Value*, ao contrário dos custos, ainda não é muito falada e discutida. Pewdum, Rujirayanyong e Sooksatra (2009) chegam a afirmar que a técnica EVM é útil para identificar a variação entre o que foi planejado e o que foi realmente feito, mas não se mostra confiável para prever nem os custos nem o tempo na conclusão do projeto, devido a sua característica de pressupor que o desempenho

obtido até a data em que se fazem as medições se manterá inalterado durante todo o restante do projeto, ou que o desempenho será como o planejado após a data de realização dos cálculos. Os autores desenvolveram, para suprir essa deficiência, um método de previsão baseado em redes neurais artificiais.

Podem-se encontrar, porém, alguns trabalhos abordando este tema que possuem o EVM como procedimento de cálculo. Destaca-se entre estes o *Earned Schedule* (ES), que tem se difundido amplamente entre diversos segmentos do mercado (como projetos de defesa, *software* e construção civil) e em vários países (incluindo EUA, Austrália, Bélgica e Suécia), já tendo seus princípios e concepções reconhecidos pelo PMI (LIPKE e HENDERSON, 2006).

O conceito do ES foi proposto por Lipke (2003) a partir das limitações que a metodologia EVM possui para análises relacionadas a cronogramas. Nesse trabalho, foram propostos os índices SV(t) e SPI(t) como meio de melhorar a confiabilidade do SV e SPI relativos ao EVM. Equações destinadas a estimar a duração do projeto e a data de término do mesmo foram desenvolvidas posteriormente por Henderson (2003), também de forma análoga às existentes no EVM.

Exemplo de aplicação do ES pode ser encontrado em Henderson (2005), que aplicou o método em um projeto de desenvolvimento de *software* cujo tempo estava sendo considerado crítico. As conclusões foram de que esta ferramenta trouxe assistência e benefícios consideráveis em análise e gestão do desempenho do cronograma.

Vandevoorde e Vanhoucke (2006), por sua vez, compararam a eficácia de três métodos de previsão do cronograma que se baseiam no *Earned Value*, sendo um deles o ES. Os autores concluíram que os outros dois métodos apresentaram resultados satisfatórios apenas para os estágios iniciais e intermediários do projeto. Nas fases finais, porém, apenas o método ES apresentou valores confiáveis. Lipke *et al.* (2009) também aprovou a confiabilidade dos resultados oferecidos pelo ES.

### **3.3 Trabalhos relacionados**

Trabalhos envolvendo este tema se apresentam em diferentes abordagens, que vão de estudos de casos sobre aplicações a tentativas de medir sua eficácia.

Gowan, Mathieu e Hey (2006) fornecem um exemplo de como o EVM pode ser implantado em um projeto de *data warehouse*. A utilização desta ferramenta se mostrou eficiente em acompanhar o andamento do cronograma e comparar o desempenho do orçamento real com o

planejado. Além disso, os dados obtidos desta ferramenta podem ser utilizados pela alta gerência para comparar múltiplos projetos e podem ser documentados para melhorias em projetos futuros. Em outro exemplo de aplicação, Alvarado, Silverman e Wilson (2004) demonstram como o EVM pode ser utilizado no gerenciamento de um portfólio de projetos de construção civil, permitindo um sistema de remuneração dos recursos humanos de acordo com o desempenho de cada um. O trabalho apresenta ainda o uso de análise de regressão para se elaborar o orçamento do projeto a partir de dados de casos históricos e em andamento.

Bower e Finegan (2009) trazem a síntese de uma tese de doutorado que integrou um estudo sobre técnicas de aquisição afetando as incertezas sobre os custos e o EVM, com outro estudo focado na maneira como as fases de um projeto e a qualidade da informação em cada uma delas afeta a qualidade do EVM. A tese culminou no desenvolvimento de uma nova técnica de avaliação de desempenho de projetos, a que os autores denominaram PAVA (*Phase-Assured Value Analysis*).

Görög (2009) desenvolveu um método baseado no conceito e nos indicadores do EVM que tem como finalidade planejar e controlar o fluxo de caixa do contratante do projeto. Para que isso fosse possível, foram criados outros indicadores alinhados com a estrutura e com os indicadores já existentes do EVM, tais como o PVWP (*Price Value of Work Performed*), que expressa o valor em termos de preço ganho pelo contratante em determinado momento e o AEWP (*Actual Expenditure of Work Performed*), que expressa a quantidade de dinheiro que é efetivamente paga pelo contratante a fim de financiar o custo da implementação das atividades do projeto.

Li, Moselhi e Alkass (2006) trazem o desenvolvimento de um sistema de monitoramento de projetos de construção civil que utiliza o EVM como método de cálculo de índices e previsões, e que utiliza a *internet* para que os dados possam ser acessados e atualizados em tempo real, além de permitir o armazenamento dos dados.

Partindo da constatação de que muitos projetos que são impactados pelo aprendizado e transferência de conhecimento em suas fases iniciais (como a maioria dos projetos de TI) são de difícil controle por meio de métodos lineares, Plaza e Turetken (2009) propõem uma sistemática para incorporar curvas-L ao EVM. O modelo resultante (EVM/LC), segundo os autores, é mais realista com relação ao que ocorre durante o projeto.

Marshall, Ruiz e Bredillet (2008) trazem a síntese de uma tese de doutorado que abordou a utilização potencial e efetiva do EVM aplicada a projetos externos sob diferentes tipos de contratos. Os autores partiram da constatação de que o EVM ainda não é tanto utilizado na

prática quanto é divulgado como sendo útil e efetivo. Uma hipótese foi levantada, então, de que um possível motivo para isto seria que as organizações deixam de aplicar o EVM em projetos cujos contratos são de um determinado tipo. Utilizando técnicas estatísticas como correlação de Pearson e análise de regressão linear, essa pesquisa buscou descobrir se o tipo de contrato deve desempenhar um papel significativo na decisão de adotar ou não o EVM em projetos externos, e se esta ferramenta é, realmente, efetiva para apenas alguns tipos de contrato. As conclusões foram de que o EVM se mostrou um método efetivo no auxílio a gerencia de projetos de modo geral, devendo ser adotado, portanto, independente do tipo de contrato.

O trabalho de Bryde e Joby (2007) também relacionou EVM com contratos. Nesse trabalho, foi proposta uma nova prática de acordo entre cliente e organização, consistindo de um sistema onde uma linha base de orçamento é definida conjuntamente entre as partes e ambas têm o objetivo comum de executar o projeto o mais eficientemente possível, levando a cooperação mútua nas questões de análise de risco e de gestão, resolução conjunta de problemas, melhorias na comunicação, aumento do espírito de equipe e a práticas de trabalho flexíveis. No final, a extrapolação ou economia nos custos que houver, é dividida entre os dois lados. O papel do EVM é servir como meio de monitoramento e como um índice conhecido por todos os envolvidos para que possam saber como está indo o andamento do projeto.

Jigeesh e Bhat (2006) analisaram o projeto como um sistema dinâmico, verificando qual o impacto que diferentes fatores, tais como “tempo de atraso” e “custo estimado de unidade de esforço”, e suas oscilações durante o decorrer do tempo, afetam os indicadores do EVM e, conseqüentemente, o processo de monitoramento do projeto. A análise foi feita através da criação e simulação de um modelo que representa um projeto real de desenvolvimento de *software* executado na Índia e, também, por análise de sensibilidade.

Solomon (2005) aponta como deficiência do EVM seu direcionamento somente ao trabalho realizado no projeto, ignorando o escopo do produto e requisitos do cliente. Em consequência disso, o EV é medido em função apenas da quantidade de trabalho realizado, supondo que a qualidade e conteúdo técnico dos trabalhos executados são controlados por outros processos, não sendo considerados no cálculo. O autor propõe, então, o conceito do *Performance-Based Earned Value* (PBEV). A característica distintiva do PBEV é o seu foco sobre as necessidades do cliente. Medidas do escopo e qualidade do produto são incorporadas no plano de projeto, e o progresso é medido contra um plano para satisfazer todos os requisitos do cliente. Dessa forma, esse método

acaba incorporando análise de riscos ao EVM. Diretrizes e exemplos de aplicação prática do PBEV podem ser encontrados em Solomon (2006).

Como os símbolos e termos utilizados nas várias abordagens de EVM podem diferir em algum ponto de uma para outra, ou então serem confusos e ambíguos por si só, Cioffi (2006) propõe uma notação científica que busca formalizar a metodologia, com termos que prometem ser mais autoexplicativos e compactos, sendo, conseqüentemente, mnemônicos.

### **3.4 Incertezas afetando o Earned Value**

Como dito anteriormente, as representações de custo e tempo contêm incertezas de diferentes naturezas. Sendo o *Earned Value* e demais índices do EVM o resultado de operações envolvendo variáveis destas duas naturezas, é de se esperar que seus resultados também contenham incerteza, estando eles situados dentro de um intervalo.

Lipke (2006) defende a aplicação de métodos estatísticos como meio de refinar os resultados fornecidos pelo EVM. Segundo o autor, quando se trabalha dessa forma, os gerentes podem saber qual a probabilidade de se obter sucesso tendo determinado plano de projeto, o quanto deve ser alocado em reservas de contingência para que a probabilidade de sucesso seja maior, além de qual o grau de confiança ele possui quando estima a data e o custo final do projeto.

Lipke *et al.* (2009) abordou estatisticamente o EVM. O trabalho buscou melhorar a acurácia dos métodos de previsão de custo e tempo baseados no EV. No caso, o indicador de custo analisado foi o CPI; para a estimativa do tempo, adotou-se o SPI(t), fornecido pelo método ES. Através de uma sistemática estatística, os autores propuseram um meio de se calcular o intervalo de confiança desses dois indicadores. Em tal sistemática, o gestor, ao efetuar os cálculos, pode determinar qual o grau de confiança deve ser adotado de acordo com determinado projeto e em quais/quantos períodos do mesmo devem ser levantados os índices. De posse de dados que incorporem os limites superior e inferior de confiança, o gestor pode saber qual o grau de variação que possuem os dados em que ele está baseado suas decisões, além de verificar de que forma o intervalo varia a cada período (por exemplo, se as incertezas estão aumentando ou diminuindo a cada etapa).

O presente trabalho foi motivado por uma preocupação similar: a de propor métodos estatísticos para incorporar a incerteza na sistemática do EVM. Diferentemente deste último trabalho, porém, a incerteza não é incorporada diretamente nos indicadores, mas nos dados utilizados para seu

calculado. Para isso, a incerteza considerada vem das estimativas de custo e tempo realizadas nas etapas anteriores do projeto, que servem de base para a elaboração do cronograma e do orçamento, que são, por sua vez, base para o cálculo do EV. Para que seja possível determinar um valor que contemple sua incerteza, enquanto o trabalho de Lipke *et al.* (2009) procurou criar um intervalo de confiança, este trabalho propõe que se represente este valor por meio da função triangular (valor otimista, realista ou mais provável e pessimista).

Podemos, ainda, lembrar a sugestão de Papadopoulos e Yeung (2001) de que, na natureza, o processo de medição, através do qual o observador se comunica com um sistema físico, é limitado a uma precisão finita. Isso significa que, na realidade, a situação de um sistema deve ser entendida não como um ponto no espaço em determinado momento, mas como uma pequena região, cuja dimensão reflete a precisão finita do método de medição. Por meio da simulação de Monte Carlo e toda a sistemática proposta no presente trabalho, é possível visualizar, também, uma região gráfica com os resultados obtidos, ilustrando as condições de incerteza para os interessados na forma como estes últimos autores defendem. Os passos para isto serão descritos com profundidade no capítulo seguinte, dedicado à pesquisa-ação.

## Capítulo 4 - Pesquisa-ação

Para a condução desta pesquisa, servirá como guia o ciclo proposto por Coughlan e Coughlan (2002), representado na Figura 4.1. Tal ciclo consiste de três fases principais, listadas e descritas a seguir:

1ª – Fase preliminar: se ocupa em atender duas questões referentes à razão de se desenvolver tais pesquisa e ação. Ao iniciarem o ciclo os pesquisadores e gestores precisam, antes de qualquer coisa, fundamentar de forma consistente seu entendimento sobre as necessidades econômicas, técnicas, sociais ou políticas que incidem sobre o assunto abordado, de forma que as motivações entre as partes estejam em sintonia e todos estejam trabalhando para um propósito e meta em comum.

2ª – Fase: consiste de seis passos, estando os três primeiros relacionados aos dados e os finais, à ação.

3ª – Meta fase: consiste em monitorar os passos da fase anterior, de forma a verificar em que as atividades realizadas estão incorrendo, de que forma elas estão sendo realizadas e quais os pressupostos se mantêm operacionais.

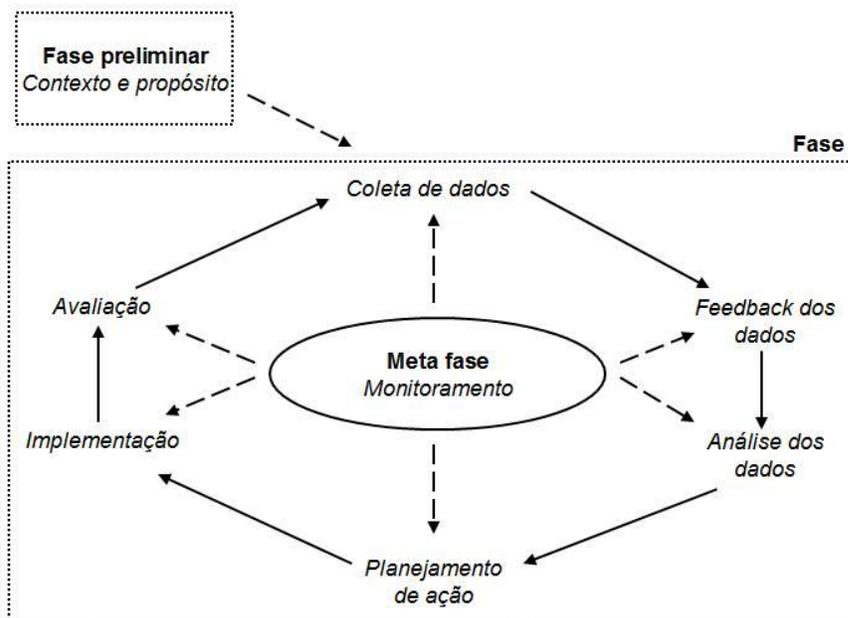


Figura 4.1 – Ciclo de pesquisa-ação.

Fonte: Coughlan e Coughlan (2002)

Coughlan e Coughlan (2002) sugerem, ainda, que cada ciclo de pesquisa-ação conduz a um novo ciclo, de forma que o planejamento, execução e avaliação se mostram necessários a cada um (Figura 4.2). Os passos presentes em cada ciclo, ou seja, a coleta, *feedback* e análise dos dados, bem como planejamento, implementação e avaliação das ações, tornarão a suceder conforme atividades particulares vão sendo elaboradas durante o trabalho. Assim, é de se esperar que a duração dos ciclos, bem como a sequência e simultaneidade com que são desenvolvidos, podem variar de caso para caso, ou dentro do mesmo trabalho.

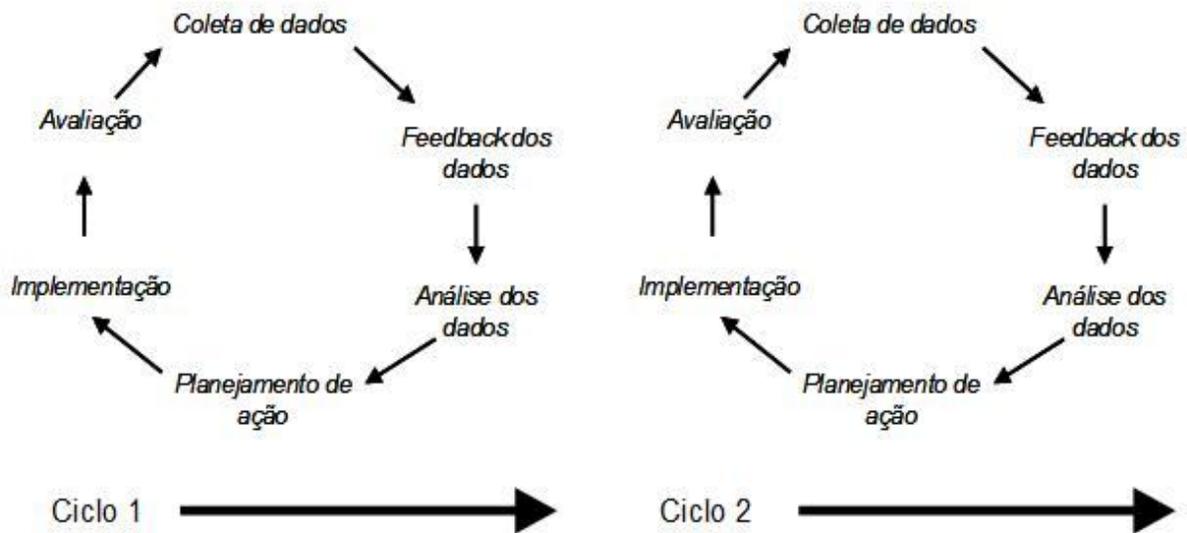


Figura 4.2 – Ciclos de pesquisa-ação.

Fonte: Coughlan e Coughlan (2002)

No presente estudo, foram executados três ciclos. Estes correspondem à atividade de monitoramento e controle dos custos e do tempo do projeto unidade de análise, efetuado bimestralmente, sempre no último dia útil do segundo mês do ciclo.

O projeto teve início no dia 08/12/2009. Sendo assim, a primeira medição de monitoramento, ou seja, o primeiro ciclo de pesquisa-ação foi realizado no dia 29 de janeiro de 2010. Para esse ciclo, foram considerados, então, os dados referentes ao desenrolar do projeto até aquele dia. Os outros ciclos foram realizados da mesma maneira nos meses seguintes.

A pesquisa-ação foi realizada até o 3º ciclo, sendo este efetuado no dia 31 de maio de 2010. Embora o prazo estimado para atividade final indique a possibilidade de que este venha a ser concluído somente em junho de 2011, optou-se por realizar as medições até a data mencionada visto que as atividades programadas até esta contemplam 97,8% do orçamento total do projeto

(R\$ 4453,07 de R\$ 4554,41), sendo 72 atividades programadas até 31 de maio de um total de 75 atividades no projeto todo (96% do total). Entendeu-se, com isso, que a realização desses três ciclos era adequada e suficiente para a comprovação da sistemática proposta.

O Quadro 4.1 detalha os três ciclos, traçando um paralelo com os propósitos da pesquisa como um todo e seus desdobramentos.

Propósitos da pesquisa	1º Ciclo	2º ciclo	3º Ciclo
Proposta da incorporação da incerteza no cálculo do EV	Realizar um diagnóstico e propor os métodos de coleta e representação dos dados e de cálculo	Implementar o método de cálculo do EV, bem como de seus índices, incorporando suas incertezas	Verificar a situação do projeto frente as metas iniciais nas suas etapas finais
Implementação de um método de cálculo que pudesse fornecer o EV na forma de média e variância	Conduzir a sistemática proposta para o primeiro bimestre do projeto, ficando esse ciclo como um projeto piloto	Reproduzir o procedimento de tratamento dos dados e cálculo dos indicadores no final de cada bimestre subsequente	Adotar o método de cálculo para monitoramento dos custos e tempo de projetos

Quadro 4.1 – Propósitos e detalhamento dos ciclos desta pesquisa-ação

Procedendo dessa forma, um dos objetivos desta dissertação está sendo atendido, que é verificar o comportamento das incertezas que afetam as variáveis de custos e tempo com o andamento do projeto. Isso fica mais evidente ao compararmos a sugestão de Coughlan e Coughlan (2002), que dizem que na pesquisa-ação há oportunidade para aprendizagem e melhoria contínua pelo fato de trabalhar em vários ciclos, com o procedimento realizado no presente estudo, de recalcular os índices de medição ao final de cada mês, verificando a ocorrência de tal aprendizagem e melhoria.

## 4.1 Contexto e propósito

Da fundamentação teórica no capítulo anterior, ficou evidente que muitos trabalhos fracassam devido a informações incompletas ou até mesmo a falta de *feedback* durante o decorrer dos trabalhos, que podem se dar através de sistemáticas que fornecem, aos gestores, visões periódicas da situação do projeto. A utilização do *Earned Value Management* como meio de controle surge, então, como uma alternativa no propósito de se melhorar o desempenho dos projetos e aumentar suas chances de sucesso.

Ficou explícito, também, que as incertezas, inerentes aos processos de estimativa e orçamentação, podem levar a tomadas de decisões equivocadas, já que estas são herdadas pelos indicadores do EVM, podendo tornar esses dados imprecisos a ponto de os gerentes não saberem o quão confiáveis estes são.

A fim de se melhorar os resultados obtidos com o uso do EV, propõe-se que este seja calculado por meio estatístico, de forma que se possa obter seu resultado na forma de uma média com a respectiva variância. O propósito disso é que os responsáveis pela condução do projeto possam conhecer a margem de incerteza que há nos dados onde ele baseará suas previsões e decisões, tornando as chances de que as ações corretivas mais adequadas sejam efetivadas em tempo hábil, aumentando as possibilidades de que o projeto seja concluído com as metas de custo e tempo respeitadas.

Da mesma maneira que o EV será calculado com sua variância, demais índices, tais como SPI e CPI, também podem ser obtidos. A proposta desta pesquisa abrange, assim, o cálculo do EV e destes outros indicadores.

## **4.2 Objeto de estudo e unidade de análise**

O objeto de estudo é a empresa onde o mesmo foi realizado, porém a unidade de análise é o projeto de adequação do Sistema de Gestão pela Qualidade (SGQ) da mesma aos requisitos da norma ABNT ISO 9001:2008.

Trata-se de uma empresa incubada, que tem como atividades o desenvolvimento, produção e comercialização de equipamentos eletromédicos visando atender a hospitais, clínicas e demais profissionais de saúde.

A escolha desta empresa se deve, em primeiro lugar, ao fato de se tratar de uma EBT (Empresa de Base Tecnológica).

Apesar da importância da gestão de projetos para EBTs, Barbalho *et al.* (2009) sugerem que muitas ainda apresentam fortes obstáculos à adoção dessas práticas, devido, principalmente, a fatores enraizados nas suas culturas. A pesquisa-ação realizada em uma empresa que se encaixava neste quadro mostrou, porém, que as técnicas de gerenciamento de projetos podem trazer benefícios significativos, mesmo em EBTs de pequeno e médio porte, desde que implantadas de maneira criteriosa.

Também focados nas dificuldades enfrentadas pelas empresas de base tecnológica, Keogh e Evans (1998) entrevistaram gestores de vinte EBTs, com o objetivo de investigar os problemas que estas companhias têm ao formular estratégias e em quais áreas elas estão desenvolvendo políticas para traçar seus planos. Como resultado, um dos entrevistados afirmou que sua empresa procura “gerenciar estrategicamente, ao invés de planejar estrategicamente”. O autor sugere, por

sua vez, que esse pode ser o mesmo caso de um grande número de empresa deste tipo. Outra conclusão foi de que a qualidade possui papel estrategicamente fundamental para essas companhias, por permitir a elas competir eficientemente no mercado com concorrentes de maior porte. Os autores ressaltam, ainda, que a certificação na norma ISO 9001 está inclusa nessa área mais abrangente que as companhias denominam “qualidade”. Em vista disso, percebeu-se a oportunidade de contribuir com o delineamento de estratégias de crescimento de empresas de base tecnológica, tendo em mente a importância que a certificação possui para estas empresas e incorporando práticas de gestão de projetos para melhorar o anteriormente citado gerenciamento estratégico, o qual é importante guia dessas empresas em direção ao crescimento.

Neste trabalho, consideram-se Empresas de Base Tecnológica de pequeno e médio porte, aquelas que se ocupam com o projeto, produção e comercialização de produtos e/ou processos, caracterizados pela aplicação sistemática de conhecimento técnico-científico.

Dentre as EBTs, a opção pelo foco naquelas que estão em processo de incubação mostrou-se oportuna. Devido a características da economia, é questão importante que pequenas empresas de base tecnológica sejam incentivadas em sua fase de criação, no processo de luta para ganhar uma posição em um mercado competitivo (CHAN e LAU, 2005).

Há certo consenso de que a estrutura fundamental da economia mudou nas últimas duas décadas. Pesquisadores e profissionais compartilham a opinião de que o futuro econômico da empresa, ou seja, sua sobrevivência e prosperidade no mercado, depende de sua habilidade de criar e preservar a riqueza avançando em termos de criatividade, promovendo inovação e sendo empreendedoras. Em essência, essa nova característica da economia tende a levar as empresas a reformularem seus ambientes organizacionais para refinar sua capacidade de reconhecimento das oportunidades econômicas emergentes, cenário que põe a adoção de uma estratégia de incubação de negócios como ponto fundamental (ESHUN JR, 2009).

Neste trabalho é adotado o conceito de incubadora proposto por Bergek e Norrman (2008), que as define como organizações que fornecem serviços de apoio e desenvolvimento conjunto às empresas e redes de empreendimentos em sua fase inicial. No Brasil, o número de incubadoras em efetiva operação em 2005 era de 339, implicando em uma taxa anual de crescimento na ordem de 20%. Quanto à classificação da incubadora, observa-se que as de base tecnológica constituem a maioria, representando 40% do total (ANPROTEC, 2005).

Para Xu (2010), as pequenas empresas constituem um componente vital do crescimento econômico e desenvolvimento social. A taxa de insucesso desse grupo de empresas, porém, é elevado, e os fracassos acontecem na maior parte das vezes durante os anos formativos. A incubação possui, em vista desse quadro, o papel de assistir essas empresas durante sua formação e amadurecimento, procurando aumentar suas chances de sobrevivência. Dessa forma, Chan e Lau (2005) defendem que um maior número de parques tecnológicos deveria acomodar incubadoras de empresas.

Eshun Jr (2009) afirma que, devido a essa tendência da economia de requerer cada vez mais inovação, as empresas poderão ter que reestruturar seu corpo de gestores, recrutando mais empreendedores que podem identificar lacunas nos mercados existentes e catalisar as mudanças para as essas novas oportunidades. Isso se dá através da revolução no currículo dos cursos universitários em nível de graduação e pós-graduação, aumentando a visão empreendedora já dentro das instituições de ensino, o que, segundo o autor, já vem ocorrendo. Mian (1997) também segue nessa linha de pensamento, e afirma que os intercâmbios de cooperação entre empresas e universidades, sob a forma de *University Technology Business Incubator* (Incubadoras Universitárias de Empresas de Base Tecnológica) visam facilitar o processo de inovação, contribuindo para a consolidação de novas EBTs. A realização da presente pesquisa na empresa escolhida contribui com essa demanda do mercado econômico de fortalecimento dos laços entre universidade e EBTs incubadas.

A opção por essa empresa, dentre as outras da incubadora, se deve ao fato dela ter seus projetos aprovados pelo PRIME (Primeira Empresa Inovadora). Este programa, lançado pelo FINEP (Financiadora de Estudos e Projetos), tem como objetivo auxiliar financeiramente um conjunto de empresas nascentes de alto valor agregado, criando condições favoráveis para que possam consolidar, com sucesso, a fase inicial de desenvolvimento dos seus empreendimentos (FINEP, 2009). Isso se dá pela possibilidade de custear recursos humanos qualificados e serviços de consultoria especializada em atividades como certificação do sistema da qualidade. A empresa selecionada possui, no escopo dos seus projetos, a certificação pela NBR ISO 9001.

O FINEP espera, porém, que os empreendimentos contemplados no programa façam jus aos recursos de subvenção econômicos envolvidos para que os mesmos possam beneficiar-se de outros programas e financiamentos do órgão. Fazer jus significa atingir metas pré-estabelecidas no plano de negócios, as quais incluem fatores de custo e tempo. Além disso, um relatório mensal

é exigido da empresa, no qual a mesma deve detalhar o cumprimento de metas parciais estabelecidas. Há, devido a esses fatores, interesse por parte da empresa em monitorar essas variáveis, sendo oportuna uma sistemática que possibilite que isso seja feito periodicamente.

Além disso, a Resolução da Diretoria Colegiada (RDC) nº 59, de 27 de junho de 2000, da ANVISA (Agência Nacional de Vigilância Sanitária) exige, como requisitos das Boas Práticas de Fabricação de Produtos Médicos, que empresas desse setor implementem um SGQ baseado na norma NBR ISO 9001. Essas empresas necessitam de autorização da ANVISA para a comercialização de seus produtos, tendo como um dos itens a ser cumprido o atendimento da RDC nº 59. Isso vai de encontro à particularidade identificada por McGrath e Gilmore (1995) de que as empresas de base tecnológica enfrentam desafios únicos, decorrentes de complicações que são inerentes ao mercado e aos produtos de tecnologia.

Um desses desafios está em gerir o desenvolvimento do produto em um mercado que está constante mutação e possui ciclos de vida curtos. Impulsionada pelas novas tecnologias, que vão empurrando o mercado em uma direção diferente, o setor de tecnologia pode ir do desenvolvimento ao estágio de maturidade em um espaço de tempo considerado curto. Ao longo deste período de rápida progressão, os preços podem cair e as vantagens de diferenciação, mudarem. Dessa forma, é ponto-chave para a empresa objeto de estudo poder colocar seu produto o mais cedo possível no mercado. Para isso é preciso, porém, implementar tão cedo quanto possível seu sistema de gestão da qualidade. Faz-se, assim, oportuna a realização do controle desse projeto por meio do *Earned Value*, com os benefícios esperados do tratamento estatístico que se está propondo nesta dissertação.

Tendo entendido essas oportunidades, a empresa consentiu em auxiliar a condução dos estudos, estando seus gestores e funcionários dispostos a despender seu tempo para a realização das entrevistas de coleta de dados e das reuniões de controle do projeto.

Em suma, devido ao papel importante que empresas de base tecnológica desempenham na economia, às fragilidades e particularidades que afetam as empresas pequenas em seus estágios iniciais de vida, aos interesses da empresa para que as metas de custos e de tempo sejam atendidas e possibilidade de conciliação dos temas acima identificados, mostra-se viável e oportuno o desenvolvimento da pesquisa-ação na empresa determinada. O monitoramento dos custos e tempo no decorrer do projeto de adequação aos requisitos da NBR ISO 9001, sendo um ponto fulcral para que o gestor pudesse guiar os trabalhos rumo ao sucesso, foi realizado por

meio do *Earned Value Management*, sendo aplicados métodos estatísticos para que as incertezas envolvidas pudessem ser consideradas.

### 4.3 Coleta dos dados

Os dados necessários para o cálculo do EV e dos seus indicadores são as estimativas e os custos reais das atividades, o valor do orçamento do projeto, o tempo de duração estimado das atividades e o cronograma mostrando, em uma linha do tempo, a data em que se espera iniciar e concluir as atividades e a data em que a medição de controle do projeto foi realizada.

As estimativas necessárias para obtenção de alguns dados seguiram as recomendações da literatura explicadas no capítulo anterior. Os dados estimados foram, assim, levantados durante entrevistas com o gerente do projeto (embasamento na experiência do gestor) e com o consultor (experiência em casos históricos). Obteve-se, nessa etapa, um cronograma que apresenta, para cada atividade, três possíveis prazos de duração: otimista, realista ou mais provável e pessimista. Os custos estimados estão dispostos numa tabela e, da mesma forma, estão detalhados em nível de atividades e contemplam três valores. Estes dados se encontram nos apêndices A e B deste trabalho. Vale lembrar que, como explicado também no capítulo anterior, distribuições triangulares de possibilidades foram adotadas para representar esses valores, sendo o valor mínimo o otimista, o máximo equivalendo ao pessimista e o valor realista ou mais provável correspondendo à moda.

Para as atividades que possuem data de início e término em meses diferentes, foram separadas, durante o processo de estimativa dos custos, as partes correspondentes aos gastos em cada mês dentro do período de duração das mesmas. Por exemplo: para a atividade 19, os valores estimados de duração implicam na possibilidade do início no dia 25 do mês de janeiro e na possibilidade do término acontecer no dia 1º do mês de fevereiro (Figura 4.3).

Mês	Janeiro														Fevereiro																								
Dia da Semana	S	T	Q	Q	S	S	T	Q	Q	S	S	T	Q	Q	S	S	T	Q	Q	S	S	T	Q	Q	S	S	T	Q	Q	S									
Dia do Mês	4	5	6	7	8	11	12	13	14	15	18	19	20	21	22	25	26	27	28	29	1	2	3	4	5	8	9	10	11	12	17	18	19	22	23	24	25	26	
Atividade																																							
19 (Comunicar (implantar quadros)																																							

Figura 4.3 – Cronograma para atividade 19

Sendo assim, ao se estimar os custos dessa atividade, foram levantados três valores (otimista, realista ou mais provável e pessimista) para a parte da atividade esperada no mês de janeiro e

mais três valores que caberão à parte correspondente ao mês de fevereiro, caso o cenário pessimista venha a se realizar e a atividade seja realmente terminada nesta data (Figura 4.4).

Na figura, a linha verde indica o prazo otimista, a amarela o realista ou mais provável, enquanto a vermelha representa a estimativa pessimista de prazo da atividade. Nas linhas correspondentes aos dias do mês e da semana, encontram-se apenas os dias úteis de trabalho na empresa estudada. Cabe ressaltar que o diretor (da empresa) é o referido gerente do projeto.

ATIVIDADE	MÊS DE REFERÊNCIA	ESTAGIÁRIO			DIRETOR			CONSULTORIA		
		Pes.	Mais prov.	Otim.	Pes.	Mais prov.	Otim.	Pes.	Mais prov.	Otim.
19 Comunicar (implantar quadros)	Janeiro	R\$ 21.00	R\$ 15.00	R\$ 6.00	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -
	Fevereiro	R\$ 4.50	R\$ 3.00	R\$ 1.50	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -

Figura 4.4 – Custos estimados da atividade 19

Essa sistemática significa que, no 1º ciclo de pesquisa-ação, ou seja, na primeira efetuação de cálculos para monitoramento do projeto, realizada no dia 29 de janeiro, o Custo Orçado do projeto foi calculado somando apenas os valores correspondentes aos meses de dezembro e janeiro. No caso da atividade 19, apenas os valores de R\$ 6,00 para a estimativa otimista, R\$ 15,00 para a realista ou mais provável e R\$ 21,00 para a pessimista, foram considerados no cálculo dos custos orçado do projeto.

Para levantamento dos custos reais, recorreu-se a anotações dos funcionários, notas fiscais e dados do consultor, de modo que foi possível conhecer o valor gasto para realização de cada tarefa.

Os valores que representam a porcentagem concluída da atividade, atribuídos às atividades parcialmente realizadas na data de controle, foram obtidos por meio de consenso entre os envolvidos (consultor, gerente e o estagiário).

O cálculo do orçamento do projeto já constitui uma etapa de tratamento estatístico, tendo sido empregada a simulação de Monte Carlo. Na seção seguinte estes cálculos são explicitados.

#### 4.4 Primeiro ciclo da pesquisa ação

Com base no cronograma do projeto (apêndice A) verificaram-se, no dia 29 do mês de janeiro, quais das atividades estavam programadas para serem realizadas inteira ou parcialmente até aquela data. Foi determinado, então, que o projeto até aquele momento envolvia as atividades de 1 a 19, e também 42, 50, 51 e 65. Sendo assim, para a análise via *Earned Value Management* do projeto, foram calculados os custos orçados, os custos reais e o EV correspondentes a estas

atividades, sendo considerados valores de custos correspondentes aos meses de dezembro e janeiro.

#### **4.4.1 Custos orçados**

O projeto analisado neste trabalho implica em custos relacionados à bolsa paga ao estagiário no valor de R\$ 3,00 por hora, ao salário do diretor da empresa (o qual faz, também, o papel de gerente do projeto), que vale R\$ 10,90 a hora, e ao valor pago de R\$ 20,00 por hora de consultoria. Para se estimar o custo de cada atividade foi estimada, primeiramente, a quantidade de tempo esperada que cada um desses profissionais levaria para realizar suas tarefas, sendo o valor correspondente calculado em seguida por multiplicação.

Demais custos, tais como matéria-prima e depreciação dos equipamentos, foram determinados, por aqueles que efetuaram essas estimativas, como sendo irrelevantes para o custo total do projeto objeto de análise.

A fim de se obter um orçamento onde os diversos fatores de incerteza apresentados na seção 2.4 fossem considerados, recorreu-se à simulação pelo método de Monte Carlo. A partir das distribuições triangulares que representam os custos com suas incertezas, foram efetuadas 10.000 iterações (maior quantidade permitida pelo software) sendo o custo total de cada atividade a soma dos custos das horas gastas pelos três profissionais para sua execução.

O *software* escolhido para isso foi o @Risk versão 5.5. Esse consiste de uma ferramenta ligada ao *software* Microsoft Excel que permite o tratamento estocástico das variáveis por simulação de Monte Carlo. Vale ressaltar que este *software* é comumente divulgado como uma ferramenta para análise de riscos; no contexto do presente trabalho, no entanto, entende-se que este se destinou à análise das incertezas. Projetos, no entanto, configuram processos nos quais as atividades predecessoras e sucessoras são interconectadas, podendo haver, portanto, dependência estatística entre elas. Quando há essa relação entre duas variáveis, é necessário considerar a correlação existente (MOON, KIM E KWON, 2007). Por exemplo: se a atividade 1 (prover infra-estrutura) for realizada com maior eficiência (ou seja, quanto mais recursos se dispender para fornecer uma infra-estrutura mais próxima da desejada) é de se esperar que menos recursos sejam requeridos para a execução da atividade 2 (adequar infra-estrutura), já que é mais provável que menores esforços sejam requeridos nessa tarefa.

O mesmo ocorre entre os componentes do custo total: se, por exemplo, dentro de determinada atividade, o estagiário passar menos horas trabalhando, é de se esperar que o diretor ou o

consultor devam despender mais tempo para a execução, considerando que as estimativas de recursos consumidos para execução da atividade não tenham sido super dimensionadas.

Correlação é uma medida da relação linear entre variáveis aleatórias. Pode ser denotada por  $\rho_{XY}$ , onde X e Y são as variáveis aleatórias. Quando os pontos na distribuição de probabilidades conjuntas de X e Y que recebem probabilidades positivas tendem a cair ao longo de uma linha de inclinação positiva, então  $\rho_{XY}$  será próximo de +1. Por outro lado, se tendem a cair em uma linha de inclinação negativa, então  $\rho_{XY}$  será próximo de -1. Quanto mais próximo de -1 ou +1, a linha onde os pontos na distribuição de probabilidades conjuntas caem tende a ficar mais próxima de uma reta (MONTGOMERY e RUNGER, 2009).

Conforme discutido na seção 2.4.2, o cálculo dos coeficientes de correlação através de equações matemáticas, como os apresentados por Moon, Kim e Kwon (2007), só são factíveis quando há amostras de dados. Como os dados de custos e prazos disponíveis neste projeto foram estimados por meio da experiência dos especialistas, não havendo dados históricos onde se pudesse obter o valor exato da correlação entre cada variável, foram criados dois cenários.

No primeiro, realizou se a simulação sem que, entre nenhuma atividade, a correlação fosse considerada (cenário 1). A fim de se verificar os impactos quando se desconsidera a correlação, construiu-se, também, um segundo cenário (cenário 2). Para isso, baseou-se no estudo de Rezaie *et al.* (2007), que averiguou o impacto da consideração da correlação nas simulações de Monte Carlo. Em sua abordagem, onde as variáveis representadas por distribuições de possibilidades eram diretamente as incertezas, não valores de custo e tempo com as respectivas incertezas como neste trabalho, os autores criaram 11 passos para que se realizasse a simulação levando em consideração a dependência entre os fatores. Desses passos, os dois primeiros se referem à determinação dos coeficientes de correlação:

- Passo 1: Determinar o tipo de dependência para cada par de variáveis, classificando-as em correlação nula, inversamente correlacionadas ( $\rho < 0$ ) ou diretamente correlacionadas ( $\rho > 0$ );
- Passo 2: Determinar o nível de dependência, classificando-as em fraca, média ou forte.

Esses passos foram adotados no presente trabalho para a realização dessa etapa de determinação dos coeficientes de correlação. Baseados na experiência de um especialista (o consultor do projeto) foram estimados os coeficientes entre cada variável de custo, ou seja, o custo de cada atividade.

Obteve-se, assim, uma matriz de correlações, na qual as 24 atividades do 1º ciclo de pesquisa estão dispostas e um sinal de negativo (-) ou positivo (+) identifica as atividades entre as quais é de se esperar correlações negativas ou positivas, respectivamente (Figura 4.5).

Atividade	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	33	42	50	51	65	
1	1																								
2	-	1																							
3		-	1																						
4		-		1																					
5				-	1																				
6		-		-	-	1																			
7		-				-	1																		
8				-	-			1																	
9		-		-					1																
10									-	1															
11									-		1														
12									-		-	1													
13								-					1												
14								-					-	1											
15								-					-	-	1										
16								-					-	-	-	1									
17				-	-				-				-	-	-	-	1								
18							-	-					-	-				1							
19		-					-						-		-	-	-	-	1						
33									-											1					
42		-				-		-	-		-		-							-	1				
50		-				-	-		-		-									-	-	1			
51		-				-	-		-		-									-	-		1		
65								-					-	-	-							-		1	

Figura 4.5 – Matriz de correlação entre atividades do 1º ciclo

Essa matriz considera apenas as correlações fortes. A literatura não é unânime ao definir o que são correlações fortes ou fracas (DAS, 2008). Segundo o autor, geralmente, correlações cujo módulo é maior que 0,7 são consideradas fortes, as menores que 0,5 são consideradas fracas e aquelas entre 0,5 e 0,7, moderadas. Lowe, Emsley e Harding (2006) e Rungi (2010), por sua vez, consideram fortes aquelas cujo módulo é maior que 0,5. Neste trabalho, consideraram-se fortes as correlações maiores que 0,7 em módulo, pois essa faixa é consenso entre os autores citados. Dessa forma, para a simulação, não foram consideradas as dependências entre as atividades para as quais o coeficiente de correlação foi estimado como tendo valores inferiores a 0,7 em módulo. No que diz respeito às dependências entre custo do estagiário, do diretor e do consultor, foi determinado, analogamente, que é de se esperar correlações negativas e fortes entre eles. Por fim, para a execução da simulação, foram utilizadas matrizes onde os valores das correlações

indicadas como negativas assumiram o valor de -0,85 e as positivas +0,85, por ser este um valor médio das correlações consideradas fortes (entre 0.7 e 1 e -0.7 e -1).

Ao se arbitrar valores, porém, pode-se chegar a uma matriz inconsistente. Quando isso ocorre, significa que os valores estipulados, quando analisados conjuntamente, implicam em relações irrealistas entre as variáveis. Assim, para se chegar a uma matriz mais próxima da desejada e que fosse consistente, recorreu-se ao recurso *Check Matrix Consistency*, do *software @Risk*, destinado a essa função.

Obtiveram-se, então, realizando esses passos, dois valores de Custo Orçado:

Cenário 1 (correlação não considerada): CO = R\$ 1.715,68;

Cenário 2 (correlação considerada): CO = R\$ 1.719,10.

A análise que verificou qual desses se mostra mais adequado é explicada em seção seguinte.

#### 4.4.2 Custos reais

Os custos reais decorrentes das atividades executadas nos meses de dezembro e janeiro foram levantados em reunião onde anotações do estagiário, notas fiscais e dados do consultor foram reunidos. Os valores detalhados se encontram no apêndice C.

O valor total dos Custos Reais foi calculado pela soma direta de todos esses componentes para todas as atividades envolvidas na análise no 1º ciclo. O valor encontrado foi: CR = R\$ 934,03.

#### 4.4.3 *Earned Value*

Os dados necessários para o cálculo do EV foram levantados da mesma forma e na mesma reunião onde os dados para cálculo do CR foram obtidos.

Primeiramente, foram verificadas quais das atividades previstas para serem realizadas em dezembro e janeiro haviam sido inteiramente concluídas e, das que ainda não haviam sido terminadas, qual a porcentagem do que estava previsto havia sido, de fato, realizada. Vale lembrar que esses valores percentuais, que representam a parte realmente concluída das atividades parcialmente realizadas até a data de controle, foram obtidos por meio de consenso entre os envolvidos (consultor, diretor e o estagiário). A Tabela 4.1 mostra o *status* de cada atividade no dia 29 de janeiro.

Atividade		Parte Concluída
1	Prover infra-estrutura	100%
2	Adequar infra-estrutura	100%
3	Elaborar cronograma	100%

Atividade		Parte Concluída
4	Identificar processos (macro-processos)	100%
5	Priorizar processos com base na proposta de valor (escopo da certificação)	100%
6	Fluxograma e identificação dos principais registros	0%
7	Elaborar instruções operacionais	0%
8	Definir escopo da certificação	100%
9	Definir organograma	100%
10	Nomear representante da administração	100%
11	Matriz de responsabilidades e autoridade	50%
12	Definir plano de competências para as funções existentes	0%
13	5.3 - Política da qualidade	100%
14	Definir objetivos	100%
15	Definir, coletar e tabular os indicadores	20%
16	Definir metas	0%
17	8.2.3 e 8.2.4 - Relacionar os indicadores da qualidade com os processos	100%
18	Estabelecer plano de comunicação (Gestão a vista)	0%
19	Comunicar (implantar quadros)	0%
33	Treinamento na norma ISO 9001	100%
42	4.2.2 - Elaborar o Manual da Qualidade	30%
50	4.2.4 - Controle de registros	0%
51	4.2.3 - Controle de documentos	0%
65	Criar mecanismos para medir a satisfação dos clientes	0%

Tabela 4.1 – Parte concluída das atividades no final de janeiro

Para as atividades 100% realizadas, os valores dos custos contabilizados no cálculo do EV foram iguais aos custos estimados, utilizados para cálculo do CO. Para as atividades realizadas parcialmente, foi novamente levantado, junto ao diretor e ao consultor, quais seriam os valores de custos estimados para a parte da atividade que foi realizada. Explica-se: a atividade 42 possui como custo orçado nos meses de dezembro e janeiro os valores da Figura 4.6.

ATIVIDADES	Mês de Referência	ESTAGIÁRIO			DIRETOR			CONSULTORIA			
		Pes.	Mais prov.	Otim.	Pes.	Mais prov.	Otim.	Pes.	Mais prov.	Otim.	
42	4.2.2 - Elaborar o Manual da Qualidade	Dezembro	180	60	30	54.5	38.15	16.35	50	40	30
	Janeiro	180	60	30	54.5	38.15	16.35	50	40	30	
<b>Estimativa para Dezembro + Janeiro</b>			360	120	60	109	76.3	32.7	100	80	60

Figura 4.6 – Custos estimados para dezembro e janeiro para atividade 42

Como essa atividade teve apenas 30% do que estava planejado concluído, foi levantada, com os entrevistados, qual a parte das estimativas iniciais de custo, apresentadas na Figura 4.6, corresponderia a esses 30% que foram executados. Essa nova estimativa forneceu os dados da Figura 4.7.

ATIVIDADES		Mês de Referência	ESTAGIÁRIO			DIRETOR			CONSULTORIA		
			Pes.	Mais prov.	Otim.	Pes.	Mais prov.	Otim.	Pes.	Mais prov.	Otim.
42	4.2.2 - Elaborar o Manual da Qualidade	Dezembro	54	18	9	16.4	11.445	4.905	15	12	9
		Janeiro	54	18	9	16.4	11.445	4.905	15	12	9
<b>Estimativa para Dezembro + Janeiro</b>			108	36	18	32.7	22.89	9.81	30	24	18

Figura 4.7 – Custos estimados para dezembro e janeiro para a parte concluída da atividade 42 até 29 de janeiro de 2010

Essa nova estimativa se mostrou necessária pelo fato de, em determinadas atividades, o consumo de recursos não ser linear no decorrer do tempo. Em algumas atividades, por exemplo, pode ocorrer de uma maior parte dos recursos estimados corresponderem a uma menor parcela do prazo estimado. A atividade 42 se constitui numa exceção a essa particularidade já que, segundo aqueles que realizaram as estimativas, 30% dos valores primeiramente estimados corresponderiam, de fato, aos 30% da atividade que foi concluída até o dia 29 de janeiro. Os valores de custos estimados para a parte concluída das atividades inacabadas, bem como a porcentagem que foi realizada, se encontram no apêndice D.

De posse desses dados, o procedimento de cálculo foi análogo ao do Custo Orçado. Dois cenários foram criados, sendo as mesmas considerações sobre correlação entre as variáveis adotadas.

Os valores obtidos foram:

Cenário 1 (correlação não considerada): EV = R\$ 405,15;

Cenário 2 (correlação considerada): EV = R\$ 405,08.

#### 4.4.4 Cálculo dos índices para avaliação do desempenho

A partir do Custo Orçado, do Custo Real e do Earned Value obtidos, os índices sobre os quais a avaliação do desempenho do projeto no período indicado foi feita puderam ser calculados.

Como possuímos dois valores de CO e EV obtidos dos diferentes cenários, o cálculo desses indicadores também foi efetuado nas duas formas, ou seja, foi calculado um índice a partir dos dados onde a correlação não foi considerada e um índice com dados que consideram a correlação.

Para o controle e monitoramento do tempo, o índice analisado foi o SPI:

$$\text{SPI} = \text{EV}/\text{CO}$$

Cenário 1 (correlação não considerada):  $\text{SPI} = \text{R\$ } 405,15 / \text{R\$ } 1.715,68 = 0,236$

Cenário 2 (correlação considerada):  $\text{SPI} = 405,08 / \text{R\$ } 1.719,10 = 0.236$

Para o controle e monitoramento dos custos, o índice foi o CPI:

$$\text{CPI} = \text{EV}/\text{CR}$$

Cenário 1 (correlação não considerada):  $CPI = R\$ 405,15 / R\$ 934,03 = 0,434$

Cenário 2 (correlação considerada):  $CPI = R\$ 405,08 / R\$ 934,03 = 0,434$

Vale ressaltar que, embora aqui os cálculos sejam representados apenas pelos valores médios, eles foram efetuados diretamente no *software* onde foram feitas as simulações. Dessa forma, obteve-se 10.000 valores de SPI e 10.000 valores de CPI decorrentes de cada iteração realizada para cálculo do CO, CR e EV. Para que se pudesse, enfim, realizar a análise do projeto, foi preciso verificar o impacto que a diferença entre os dois cenários causou nos indicadores. Para isto, realizou-se um teste ANOVA One-Way (ULUSOY, 2008), onde se comparou as duas amostras de valores de SPI e CPI a fim de verificar se as médias podem ser consideradas iguais e eliminar a possibilidade de casualidade na semelhança. Com essa questão em voga, levantaram-se duas hipóteses:

- H0: a média dos valores de CPI obtidos do cenário onde a correlação não foi considerada é igual a média obtida do cenário onde se considerou a correlação;

- H1: a média dos valores de CPI obtidos do cenário onde a correlação não foi considerada é diferente da média obtida do cenário onde se considerou a correlação.

O teste foi realizado com nível de significância de  $\alpha=0,05$  e o *software* utilizado foi o Minitab® (Minitab Inc., State College, Pensilvânia).

Os resultados obtidos para a comparação entre CPIs podem ser observados na Figura 4.8.

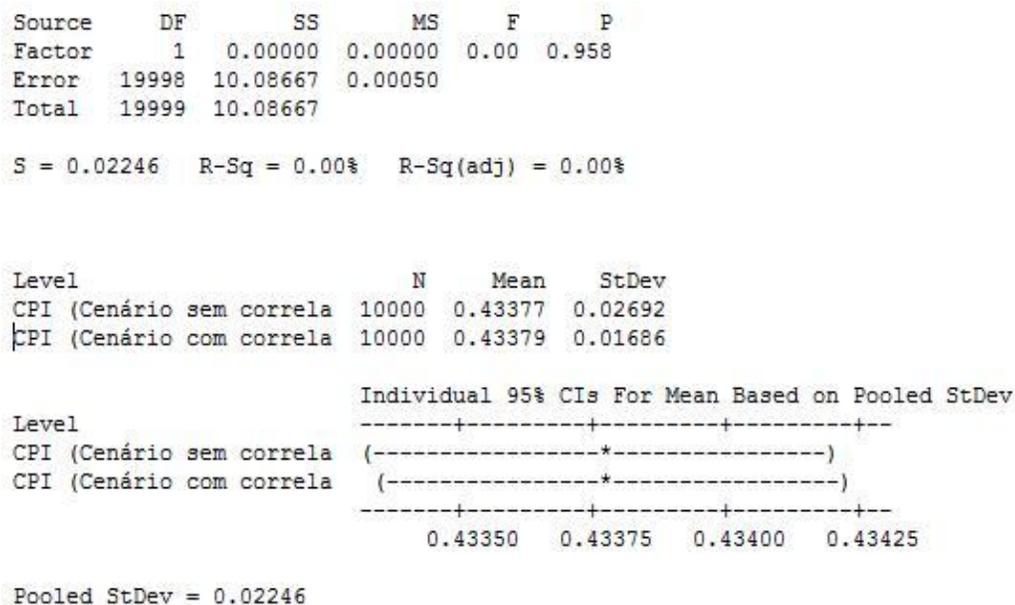


Figura 4.8 – Resultados do teste ANOVA One-Way para as amostras de CPI 1º ciclo

As conclusões a respeito das hipóteses foram obtidas comparando-se os valores de P-Value encontrados com o nível de significância (0,05). Quando o P-Value é menor que 0,05, a hipótese  $H_0$  é rejeitada e admite-se  $H_1$ ; quando o P-Value é maior que, 0,05, a hipótese  $H_0$  não pode ser rejeitada.

Pode-se concluir, então, dos valores encontrados, que as médias dos valores para este índice podem ser consideradas iguais, não havendo impacto significativo da consideração da correlação sobre o cálculo do índice final.

Cabe ressaltar que esse teste não elimina a possibilidade de que, para o cálculo do custo de alguma determinada atividade, a correlação tenha, sim, influenciado. Para verificar os efeitos entre as componentes do custo da atividade, do Custo Orçado e do *Earned Value*, seria necessário comparar um a um cada fator. Como, para fins de análise do desempenho do projeto estudado, os dados analisados são diretamente os índices SPI e CPI, não sendo observados os componentes intermediários, o resultado desse teste pode ser adotado como expressivo.

A replicação do teste para os valores de SPI forneceram os resultados da Figura 4.9.

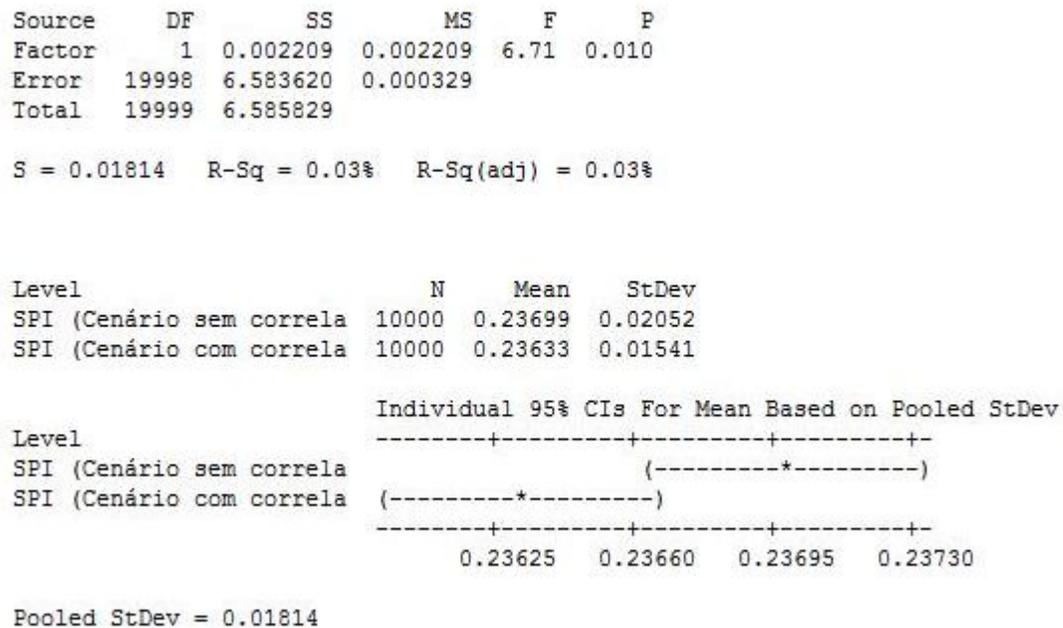


Figura 4.9 – Resultados do teste ANOVA One-Way para as amostras de SPI 1º ciclo

Os resultados implicam que, para este caso, as médias não podem ser consideradas iguais. Em decorrência disso, os índices adotados para a avaliação do projeto foram os obtidos no segundo cenário.

Tendo em mãos as amostras de 10.000 valores de cada índice, utilizou-se a ferramenta *Fit Distributions to Simulated Results* do software @Risk, de forma a verificar qual o melhor ajuste entre os dados amostrais e as distribuições de possibilidades testadas. Com isso, é possível conhecer, também, os valores mínimos e máximos, as médias e os desvios-padrões das amostras e das distribuições encontradas. As Figuras 4.10 (CPI) e 4.11 (SPI) ilustram, graficamente, os resultados.

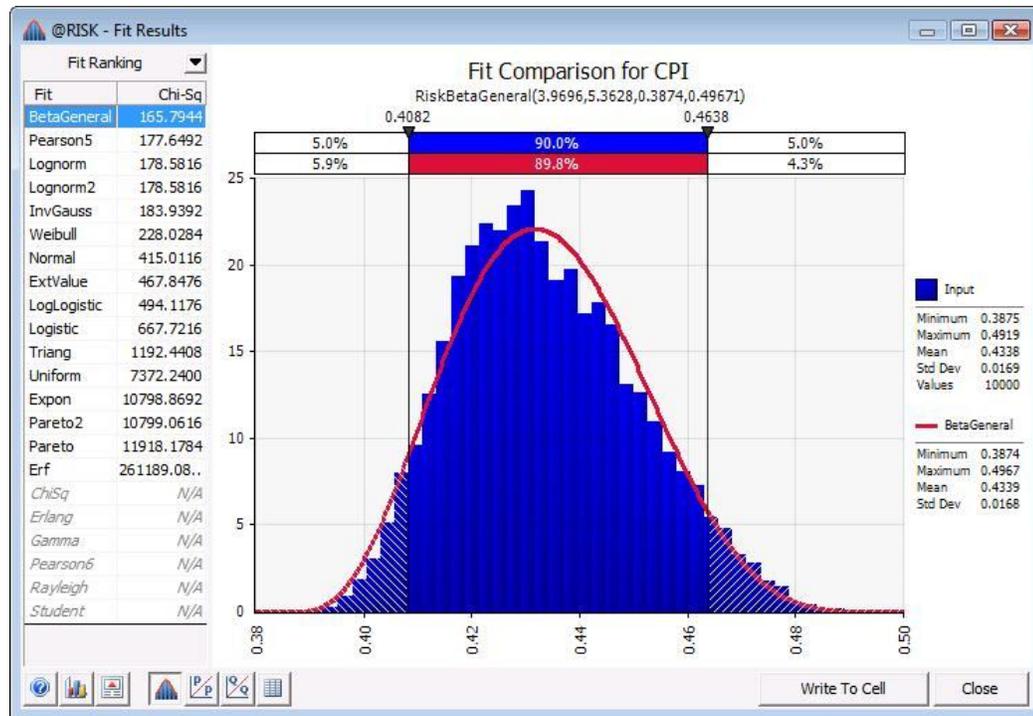


Figura 4.10 – Adequação dos dados amostrais de CPI de 1º ciclo à diferentes distribuições de possibilidades

O teste realizado no *software* para verificar essa aderência foi o qui-quadrado (*Chi-Square Goodness of Fit Test*). Dentre as distribuições testadas, verificou-se, assim, que os dados de CPI mais se aproximam de uma distribuição BetaGeneral, com média 0.4339 e desvio-padrão 0.0168. Isso nos dá, ainda, uma variância de 0.0003. Dentre os valores simulados, o mínimo obtido foi 0.3875 e o máximo 0.4919.

O *software* permite, ainda, criar gráficos diferentes (como de probabilidade acumulada), variar os intervalos de confiança, criar cenários onde é possível verificar, por exemplo, dentre os 10.000 valores, quais os 75% maiores, entre outras ferramentas que possibilitam àquele que está analisando o projeto, tomar decisões fundamentadas estatisticamente e adequadas aos variados tipos de situações.

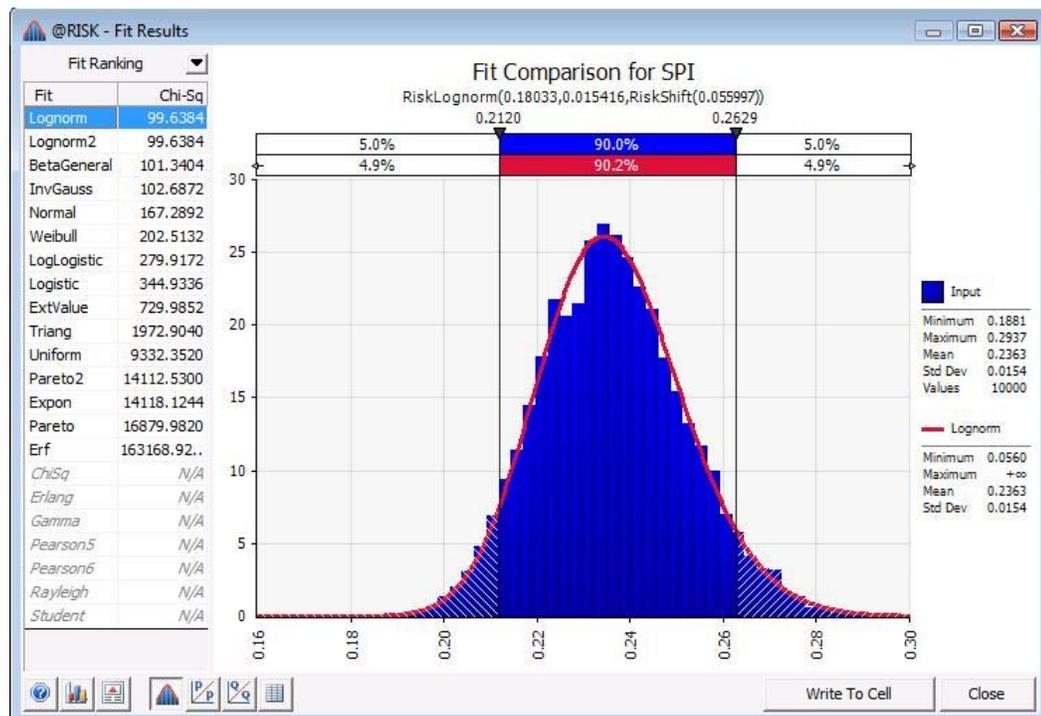


Figura 4.11 – Adequação dos dados amostrais de SPI de 1º ciclo à diferentes distribuições de possibilidades

Para os valores simulados de SPI, o teste *Chi-Square* indicou que a distribuição, dentre as testadas, que mais se aproxima é a Lognormal, com média 0.2363 e desvio-padrão 0.0154. A variância é, então, 0.0002. O mínimo valor resultante da simulação foi 0.1881 e o máximo 0.2937.

#### 4.4.5 Análise do projeto com base no EVM

Para que fosse mais bem visualizado pelo gestor do projeto, foi elaborado, também, um gráfico matricial com os dados simulados (Figura 4.12).

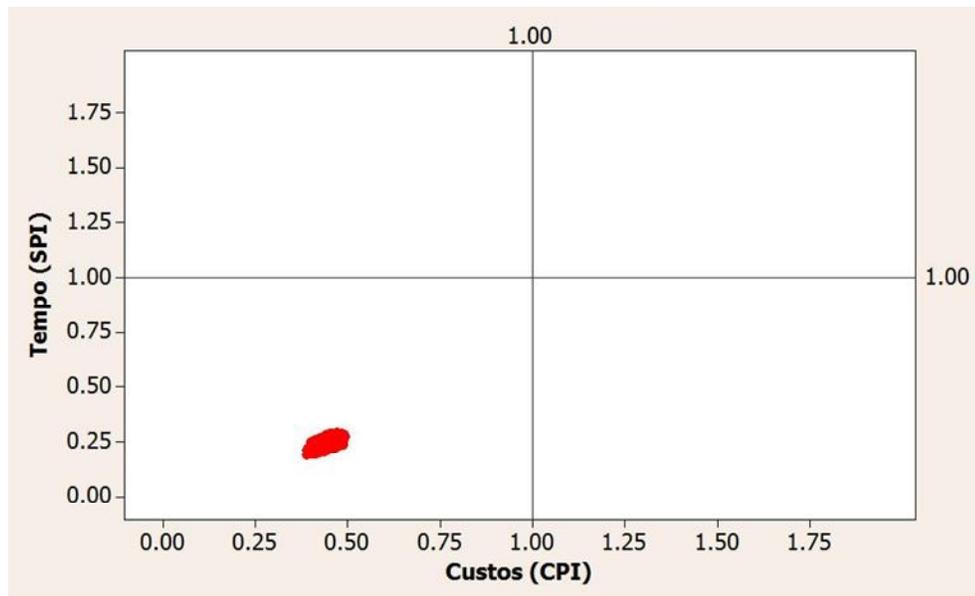


Figura 4.12 – Gráfico matricial dos dados simulados de SPI e CPI 1º ciclo

Por meio desse gráfico, é possível verificar a região onde os indicadores do projeto se enquadram (tendo progredido 24,4% em relação ao cronograma e acima do orçamento em média 56,6%). Além de permitir visualizar o grau de dispersão dos dados, que é refletido pelos riscos considerados nos processos de estimativa de custo e tempo, permite fazer uma comparação entre a situação do projeto em termos financeiros com a situação em que ele se encontra quanto ao cumprimento do cronograma.

Ao fazer a análise em cima de uma região ao invés de se basear em um número determinístico, os responsáveis pelo projeto podem saber a possibilidade de erro existente e o grau de oportunidade que possui para tomar suas decisões. Quanto maior a região ocupada pelos pontos pode-se, por exemplo, considerar de que forma atuar sobre os riscos evitando-os, mitigando-os ou os aceitando para que os dados passem a se concentrar, em futuras medições, em uma área de maior interesse na matriz.

Para o projeto em análise, o diretor da empresa, responsável pelo mesmo, sugere que o interesse maior está na verificação do cumprimento do cronograma. Isso se justifica pelo fato de se tratar de um projeto financiado por órgãos do governo que estipulam metas e exige cumprimento das mesmas para que a empresa possa futuramente se beneficiar de outros programas, conforme explicado na seção 4.2. Também discutido, há a questão da exigência da homologação por parte da ANVISA para que a empresa possa iniciar a comercialização dos seus produtos.

Sobre a utilidade da sistemática proposta, o diretor se mostrou satisfeito e reconhece a eficácia da mesma para o controle do projeto. Ele faz ainda uma nova sugestão, que é a possibilidade de se monitorar o desempenho dos recursos humanos envolvidos nos trabalhos. Tendo verificado os valores encontrados de CPI e SPI, ele sugere que uma possível causa para o projeto se apresentar atrasado em relação às metas iniciais e com custos acima dos esperados pode estar relacionado com o desempenho dos funcionários envolvidos. Por meio da adoção do método proposto, este pode atuar, então, nas causas de modo para que os indicadores tendam aos valores esperados.

#### **4.5 Segundo ciclo da pesquisa ação**

O segundo ciclo da pesquisa-ação foi efetuado no dia 31 de março de 2010.

De acordo com o cronograma do projeto, as atividades programadas para serem executadas total ou parcialmente até essa data são de 1 a 30, de 33 a 40, 42, 50, 51 e entre 61 e 65.

Todas as etapas de cálculo se deram de forma análoga aos realizados no 1º ciclo. Vale lembrar que, como já havia sido determinado em análise estatística no ciclo anterior que não se pode considerar iguais as amostras de dados dos cenários 1 e 2 para um dos índices, nos ciclos restantes os cálculos foram executados apenas no cenário em que a correlação é considerada. O apêndice E traz a matriz que expõe as correlações entre todas as atividades do projeto que possuíam prazo até 31 de maio de 2010, data de realização do terceiro e último ciclo de pesquisa-ação.

Os dados de custos reais incorridos nesse período se encontram no apêndice C, enquanto as estimativas de custo refeitas para as atividades não completas inteiramente podem ser observadas no apêndice D.

Dessa forma, obtiveram-se os seguintes resultados:

Custo Orçado = R\$ 2.990, 63

Custo Real = R\$ 1.479, 34

*Earned Value* = R\$ 1.860, 25

SPI = 0.622

CPI = 1.257

As distribuições de possibilidades que representam os dados de SPI e CPI, com os respectivos parâmetros, estão nas Figuras 4.13 (SPI) e 4.14 (CPI).

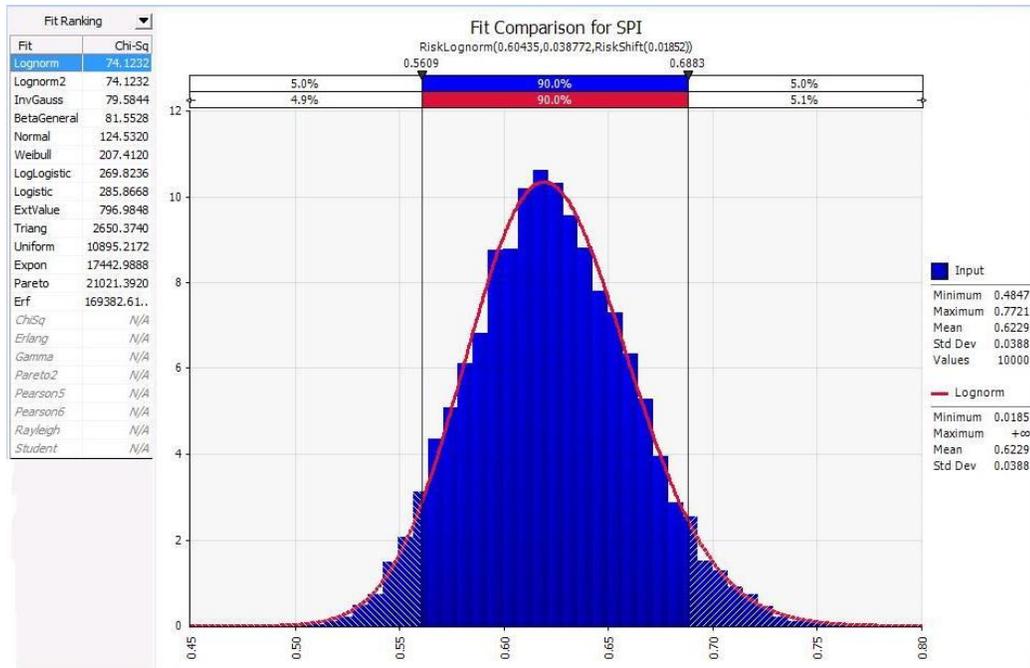


Figura 4.13 – Adequação dos dados amostrais de SPI de 2º ciclo à diferentes distribuições de possibilidades

O teste *Chi-Square* sugere uma maior aproximação dos dados de SPI à distribuição Lognormal, com média 0.6229 e desvio-padrão 0.0388, o que implica numa variância de 0.0015. Dentre os valores simulados, o mínimo obtido foi 0.4847 e o máximo 0.7721.

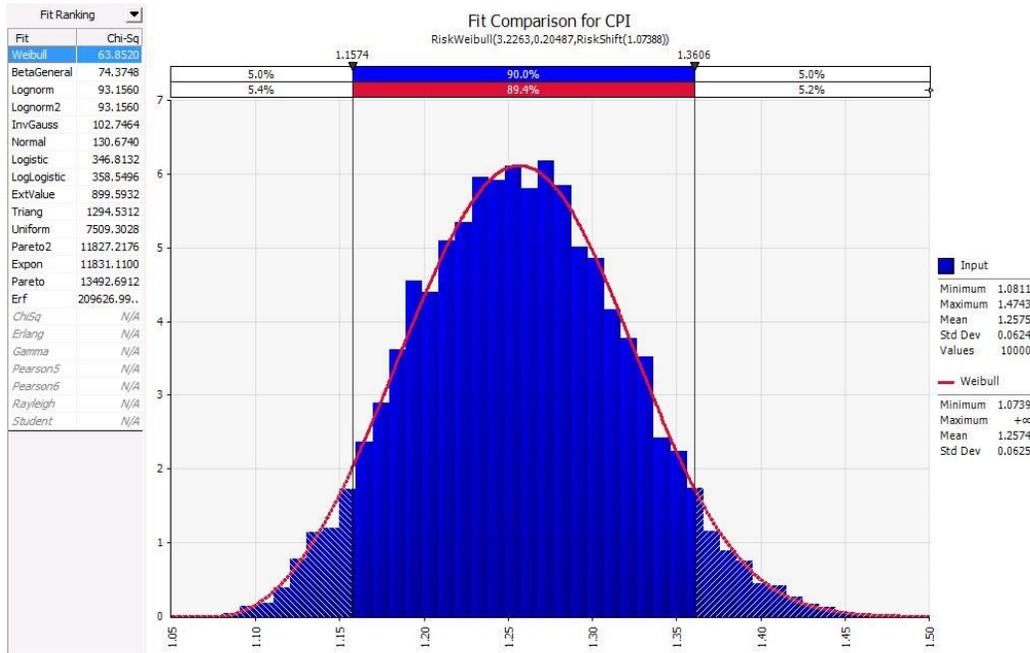


Figura 4.14 – Adequação dos dados amostrais de CPI de 2º ciclo à diferentes distribuições de possibilidades

Para os dados de CPI, o teste *Chi-Square* indicou uma distribuição Weibull, com média 1.2574 e desvio-padrão 0.0625, implicando numa variância de 0.0039. O menor valor resultante da simulação foi 1.0811 e o maior 1.4743.

#### 4.5.1 Análise do projeto com base no EVM

A figura 4.15 ilustra a posição dos valores simulados graficamente:

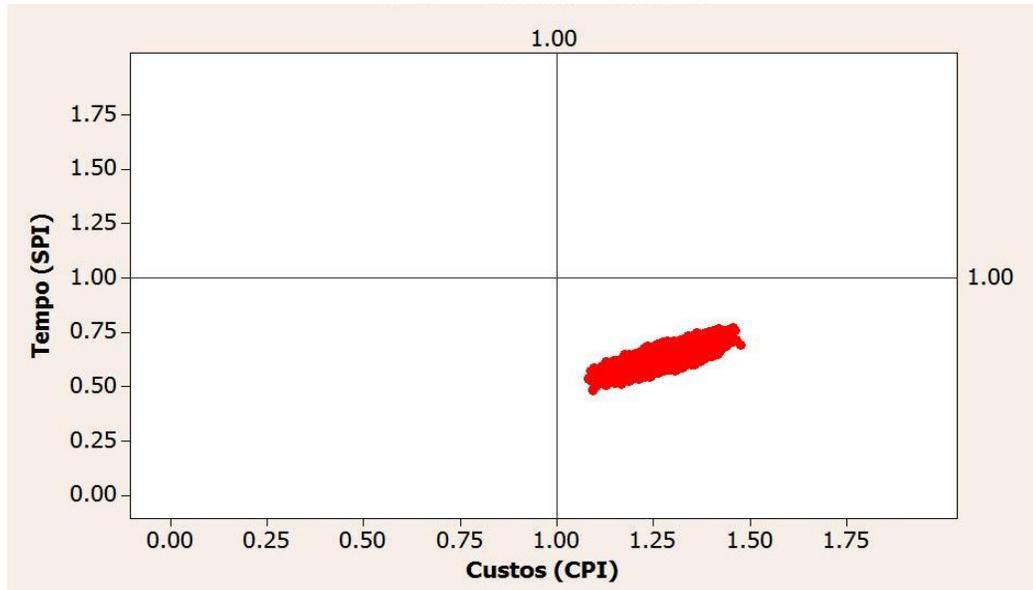


Figura 4.15 – Gráfico matricial dos dados simulados de SPI e CPI 2º ciclo

Analisando esse gráfico, o gerente do projeto se disse satisfeito com a recuperação do indicador de custos levantado no ciclo anterior com relação a este (abaixo do orçamento em média 25,7%), apesar da grande dispersão dos valores do CPI. Ele acredita que as ações realizadas depois de observados os índices anteriores surtiram o efeito desejado em tempo hábil, o que torna a utilização da sistemática valiosa. Estando as tendências quanto aos prazos (62,3% do cronograma cumprido) ainda aquém das ideais - já que a meta estabelecida após o primeiro ciclo de pesquisa-ação era que toda a região estivesse dentro do quadrante ( $SPI > 1.00; CPI > 1.00$ ) - novas ações seriam tomadas visando melhorar esses resultados.

Fato observado, ainda, é o aumento da região de incerteza no que diz respeito a ambas as variáveis. Isso pode ser explicado pela presença de um maior número de atividades com prazos de duração considerados longos. Para minimizar esse tipo de problema, uma possível solução seria verificar a possibilidade de dividir tais atividades, de forma que estas se desdobrem em tarefas com prazos menores e, conseqüentemente, com menores incertezas. Um ponto negativo disso, porém, é que quanto maior o número de atividades, mais esforço deverá ser despendido em

tarefas como estimativas dos coeficientes de correlação e para a própria análise de riscos quanto aos custos e tempo das atividades.

No projeto em questão, particularmente, esse desdobramento de atividades não seria uma solução. Isso porque havia uma meta pré-estabelecida para sua conclusão. Em função disso, o cronograma foi elaborado “do final para o início”, tendo as atividades sido alocadas de acordo com a necessidade de tempo. Em outras palavras, não seria possível dividir alguma atividade a essa altura, pois isso poderia interferir na meta final. Em vista disso, outras soluções alternativas deveriam ser levantadas para conduzir os resultados rumo aos desejados.

#### **4.6 Terceiro ciclo da pesquisa ação**

O terceiro ciclo da pesquisa-ação foi efetuado no dia 31 de maio de 2010. As atividades programadas até essa data e que, portanto, foram consideradas nos cálculos, são todas entre 1 e 73.

Os dados de custos reais referentes às atividades realizadas nesse período se encontram no apêndice C, enquanto as estimativas de custo refeitas para as atividades incompletas podem ser observadas no apêndice D.

Efetuando cálculos de forma análoga aos ciclos anteriores, obtiveram-se os seguintes resultados:

Custo Orçado = R\$ 4.433,08

Custo Real = R\$ 2.514,61

*Earned Value* = R\$ 3.619,62

SPI = 0.816

CPI = 1.439

As Figuras 4.16 (SPI) e 4.17 (CPI) trazem as distribuições de possibilidades que representam os dados de SPI e CPI para esse ciclo.

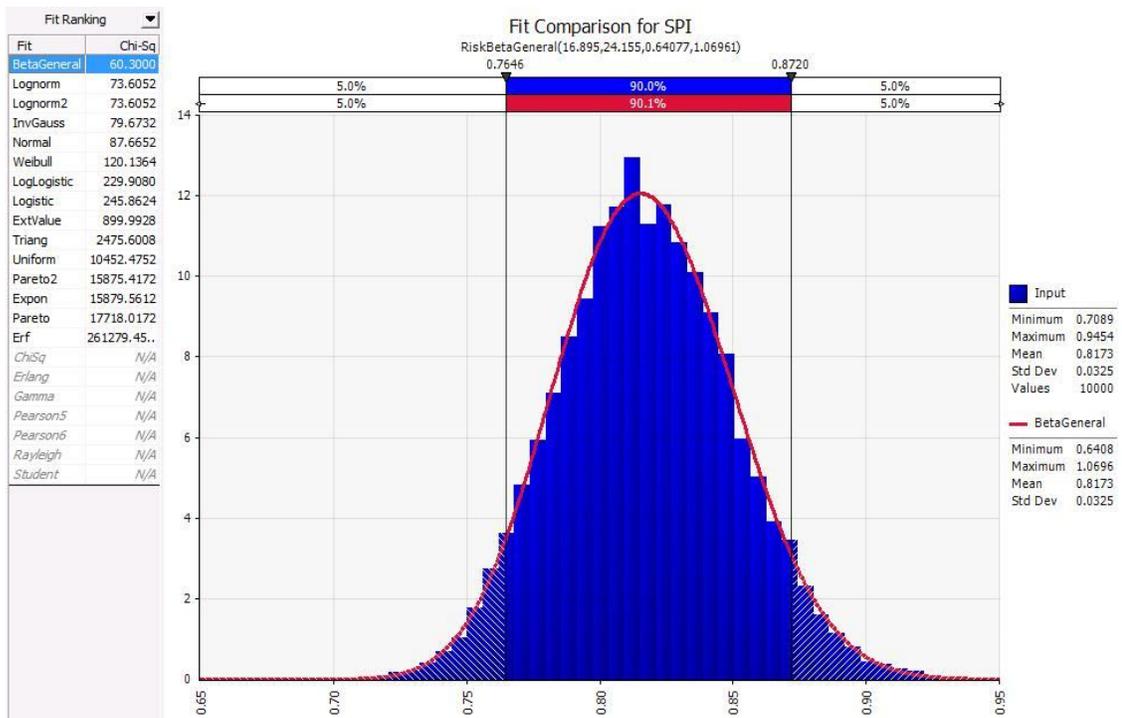


Figura 4.16 – Adequação dos dados amostrais de SPI do 3º ciclo à diferentes distribuições de possibilidades

Dentre as distribuições testadas para os dados de SPI, o teste *Chi-Square* indicou a BetaGeneral como a mais próxima dos dados. A média dessa distribuição é 0.8173, com desvio-padrão de 0.0325 e variância 0.0011. Pode ser observado, ainda, que 0.7089 foi o valor mínimo entre os resultados da simulação, enquanto 0.9454 foi o máximo.

Para os dados de CPI, o teste *Chi-Square* indicou também uma distribuição BetaGeneral, mas com média 1.4397, desvio-padrão 0.0413 e variância 0.0017. Dentre os valores simulados, o mínimo obtido foi 1.3004 e o máximo 1.5943.

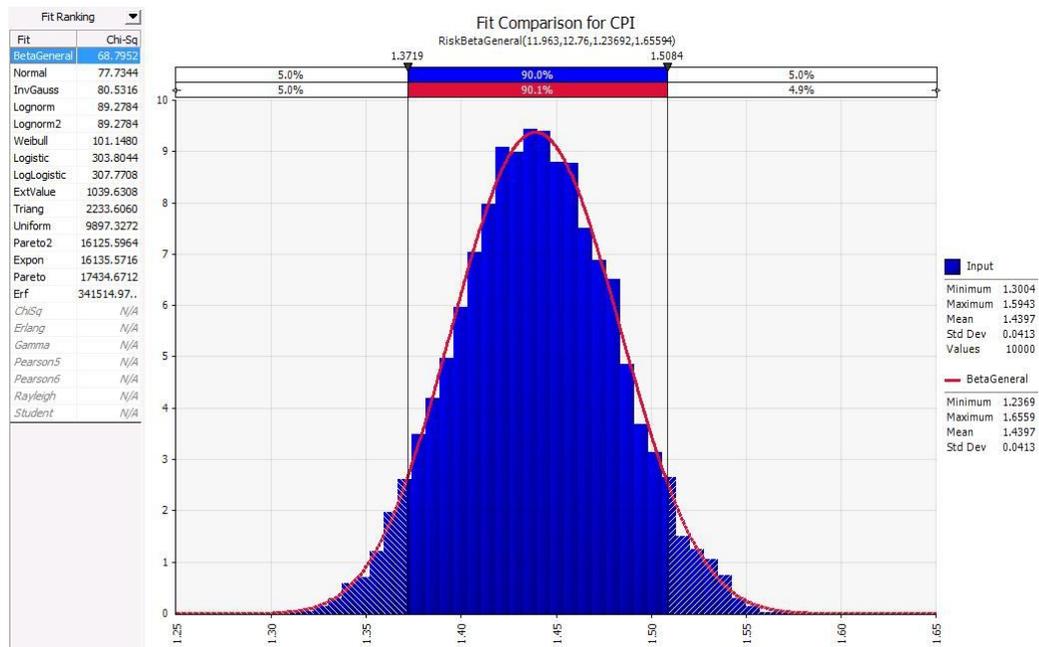


Figura 4.17 – Adequação dos dados amostrais de CPI do 3º ciclo à diferentes distribuições de possibilidades

#### 4.6.1 Análise do projeto com base no EVM

A matriz relacionando os valores simulados de SPI e CPI (81,7% do cronograma cumprido e abaixo do orçamento em média 43,9%), pode ser visualizada na Figura 4.18.

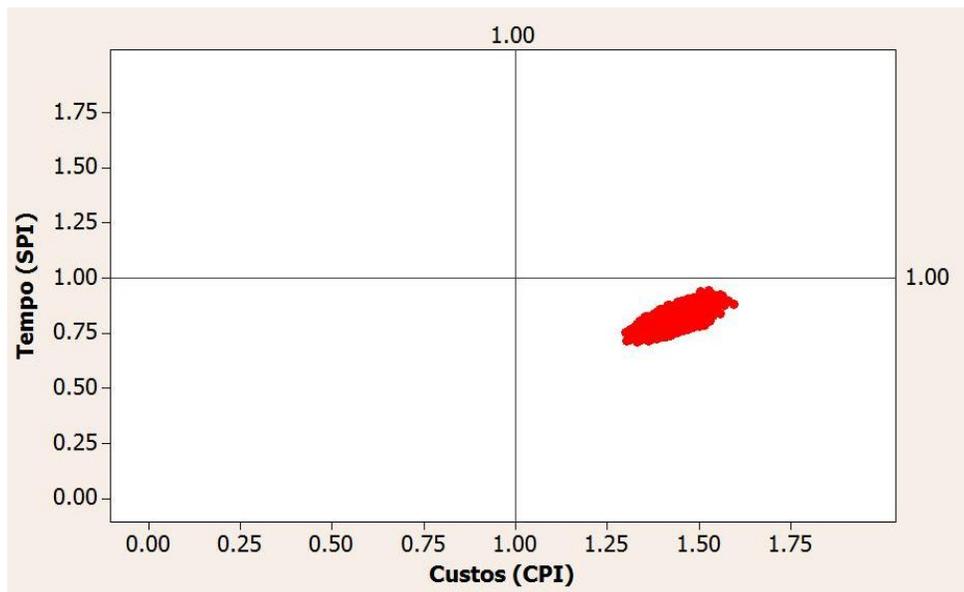


Figura 4.18 – Gráfico matricial dos dados simulados de SPI e CPI 3º ciclo

Comparando os valores obtidos nesse ciclo com os do último, percebe-se que tanto o desempenho relacionado aos custos quanto aos prazos melhoraram. Segundo o gerente do

projeto, a melhora, principalmente do SPI, que era a prioridade desde o início do projeto e tinha se tornado foco de atenção ainda maior depois do resultado insatisfatório no 2º ciclo, se deve em grande parte às ações implementadas após as últimas medições. Ele reconhece que seria inviável esperar valores de SPI superiores a 1.00, já que há atividades que só serão realizadas quando houver um processo produtivo em operação, o qual só se iniciará após a homologação pela ANVISA.

Tendo isso em mente, o gestor considerou a melhora dos indicadores com relação aos ciclos anteriores satisfatória. Ele disse crer, ainda, que isso se deve em parte à designação de um estagiário com atribuições exclusivamente relacionadas às atividades do projeto. Fazendo uma comparação particular com projetos semelhantes desenvolvidos por outras empresas, ele disse que estas não encontraram o sucesso desejado por não possuir uma pessoa com dedicação exclusiva para o projeto.

Por fim, o gestor se disse satisfeito quanto à capacidade dos índices calculados de refletir a realidade do projeto. Ele ressalta, porém, sua crença de que indicadores ainda mais próximos da realidade poderiam ter sido encontrados quanto maior fosse sua experiência, o que acaba interferindo nas análises de riscos. Quanto maior a experiência do responsável pela realização das atividades do projeto, mais precisas são suas estimativas de custo e prazo. Ele exemplifica, dessa forma, com a possibilidade de que valores ainda mais acurados tivessem sido encontrados caso as estimativas tivessem sido realizadas pelo consultor, o qual possui experiência e vivência no ambiente de projetos relacionados a sistemas de gestão da qualidade maiores que as suas.

#### **4.7 Avaliação geral pelo gerente do projeto**

Depois de efetuado o último ciclo de pesquisa-ação, o gerente do projeto, que é também o diretor da empresa onde o estudo foi realizado, deu sua opinião final sobre a sistemática em si e sobre sua importância para o monitoramento do projeto. Isso foi feito através de uma entrevista semi-estruturada, que teve como objetivo contextualizar os resultados. Esta se resume em:

“Trabalhar com uma ferramenta como essa se mostrou de grande valia. Em primeiro lugar, temos a vantagem de poder trabalhar com amostras de dados, ao invés de valores determinísticos. A vantagem disso vem com a possibilidade de se elaborar gráficos, os quais contemplam uma região de possibilidades. A comparação de um intervalo de dados correspondentes a custos com outro correspondente a prazos, contemplando seus níveis de dispersão e incerteza em um mesmo

gráfico, permite que os responsáveis tracem ações priorizando aquilo que lhe for mais conveniente em determinado momento. Devido a isso, o tempo gasto para se realizar a análise de riscos durante as estimativas se mostra valioso.

O aspecto visual, além de fortalecer o embasamento das decisões devido a razões como essa, tem, ainda, o poder de causar impressões imediatas em quem observa. Além disso, facilita a análise por parte de pessoas que possam não ser tão habituadas a trabalhar com números, permitindo que esses indicadores sejam apresentados a funcionários da empresa que estejam envolvidos no projeto sem que o entendimento seja difícil. Com relação à oportunidade de divulgar esses índices entre os funcionários envolvidos, sua importância é tão significativa para que cada um possa saber de que forma seu desempenho está se convertendo em atrasos/extrapolações ou eficiência, que seria interessante buscar uma pesquisa visando desenvolver um software específico para se trabalhar com essa sistemática. Esse recurso computacional seria ainda mais satisfatório se permitisse atualizações em espaços de tempo relativamente curtos, de modo que se tivesse além de uma ferramenta para monitoramento dos custos e do tempo do projeto, um indicador de eficiência dos funcionários. Além disso, quanto mais áreas da empresa esse software pudesse integrar, e quanto mais fácil fosse seu acesso por parte de todos, mais satisfatório ele seria. Seria oportuno, ainda, incorporar a essas visibilidades um cronograma (como o que foi elaborado para este projeto) atualizado, o qual seria acrescido de uma linha, em cada atividade, que representaria o tempo realmente gasto, entrando em paralelo com os três valores de prazo estimados inicialmente. Trabalhando-se dessa forma, ou seja, divulgando essas métricas por toda empresa, permite-se que o gestor possa definir metas a cada período, sendo possível aos funcionários saber o que devem fazer para alcançá-las.

O método adotado de monitoramento do projeto se mostrou interessante também por sua operação em ciclos. Recalculando os indicadores periodicamente, pode-se perceber como está o nível de desempenho a cada período, permitindo que medidas sejam tomadas de acordo com a aproximação ou distanciamento dos índices com relação às metas. Por permitir que se antecipem os problemas, o método permite a elaboração de planos de ação em tempo suficiente para que surtam efeitos antes que os prazos ou custos previstos sejam extrapolados.

Por fim, pode-se dizer que a sistemática proposta é satisfatória e é de se considerar a adoção da mesma para o monitoramento de demais projetos que venham a ser desenvolvidos na empresa. Por se tratar de uma companhia que se baseia basicamente em atividades de Projeto &

Desenvolvimento de Produtos, é essencial lançar-se mão de meios que permitam gerenciar algumas das variáveis de maior importância, como custo, tempo e desempenho dos funcionários. Para esse fim, o método proposto se mostrou de grande valia.”

Verifica-se da entrevista que o gerente reconhece a utilidade de realizar sua análise em cima de uma região, conhecendo seus limites, médias e demais parâmetros, para que planos de ação possam ser tomados em diferentes situações. Isso torna válido o tempo despendido nas análises de riscos e efetuação dos cálculos. Além disso, a possibilidade de se ter um índice de avaliação dos recursos humanos também é oportuna, podendo vir a servir como metas publicadas entre os funcionários. Para o gerente, seria mais interessante quanto mais ciclos de monitoramento fossem realizados. No geral, pode se dizer que o mesmo se mostrou satisfeito com a sistemática quanto aos objetivos iniciais, levando-o a cogitar sua adoção para monitoramento de demais projetos da empresa.

## Capítulo 5 - Análise dos resultados

Na situação específica da empresa estudada, o interesse maior residia na utilização do método para acompanhamento do cronograma do projeto. Isso deve aos valores financeiros envolvidos no projeto, considerados relativamente baixos frente aos impactos que o fator tempo exercia sobre o sucesso do mesmo. Essa situação particular da empresa objeto de estudo não significa, porém, que a sistemática proposta não tenha o mesmo grau de importância no diz respeito aos gerenciamentos de custos e do tempo.

Durante a análise dos índices já calculados através da sistemática, foi percebida, pelo diretor da empresa responsável pelo projeto, a possibilidade de monitoramento e avaliação do desempenho dos recursos humanos envolvidos na execução das atividades. Verificando a situação em que o projeto se encontrava em relação ao que havia sido pré-estabelecido no cronograma e orçamentação, foi entendida a possibilidade de se atuar em cima dos funcionários encarregados a fim de buscar indicadores mais próximos dos desejados.

Quanto ao fato de se trabalhar com uma região ao invés de valores determinísticos, este se mostrou oportuno, pois permite verificar de que forma os dados de entrada (como a duração de prazo das atividades) afetam os resultados finais do projeto. Através das dispersões dos indicadores globais, o gestor pode agir individualmente em cada atividade, buscando controlar os riscos envolvidos e diminuir suas incertezas.

A efetuação de um maior número de ciclos, diminuindo o intervalo de tempo entre cada monitoramento, foi sugerida como desejável por parte do gerente por permitir que ações sejam tomadas o quanto antes, aumentando suas chances de eficácia. Isso se mostra oportuno, ainda, por facilitar a execução dos cálculos: sendo os ciclos menos espaçados, o número de variáveis acrescidas de um para o próximo é menor, reduzindo os esforços em cada etapa, o que facilitaria, por exemplo, o processo de elaboração da matriz de correlações.

No que diz respeito à adequação da Simulação de Monte Carlo às necessidades existentes, esta se mostrou de grande valia e eficácia. Além de possibilitar o cálculo de incertezas em situações onde não há dados históricos disponíveis que permitam a aplicação de equações matemáticas prescritas na norma ISO/GUM (ISO, 1995) (situação semelhante à enfrentada por Nuccio e Spataro (2004)), a análise por parte de especialistas (diretor da empresa e consultor da área) indicou realismo satisfatório entre os dados simulados e os valores reais esperados. Vale destacar,

também, a simplicidade a que leva a automatização das operações exigidas, o que possibilita a obtenção de uma amostra grande de valores em um espaço reduzido de tempo, mesmo que a quantidade de operações envolvidas seja significativamente elevada. O *software* utilizado se mostrou, por sua vez, adequado às necessidades dessa área da gestão de projetos, ao permitir não somente a simulação em si, como também o tratamento estatístico dos dados, como teste de aderência e elaboração de gráficos.

Ainda sobre o processo de simulação, a questão da consideração da correlação entre as variáveis se mostrou relevante, convergindo com as conclusões obtidas por Rezaie *et al.* (2007). Confirmando o que os autores afirmam, a não consideração pode levar a resultados distantes dos desejados, o que foi comprovado pela realização do teste *ANOVA One-Way*. Como, para um dos índices no 1º ciclo de pesquisa-ação, as amostras de dados obtidos em cenários onde coeficientes de correlação fizeram parte dos cálculos e onde as variáveis foram consideradas independentes não puderam ser consideradas iguais, nos cálculos dos demais ciclos foi elaborado apenas o cenário onde a correlação é considerada.

Para uma boa utilização do *Earned Value Management* é fundamental se ter o escopo do projeto muito bem definido, além do cronograma e dos custos no nível de detalhamento adequado. É necessário, ainda, um alinhamento entre todos os envolvidos, de forma que o funcionamento da ferramenta esteja claro e permita que cada um saiba de que forma os possíveis tratamentos dos dados nas suas áreas de atuação podem afetar a precisão do método como um todo.

Para que os conjuntos de dados referentes aos índices calculados através da sistemática proposta apresentem parâmetros confiáveis, é necessário, também, que a etapa de estimativa dos custos e prazos reflita, com a maior realidade possível, os valores que as condições que cercam o projeto impõem. Isso significa que a análise de riscos desempenha papel-chave sobre a eficiência dessa ferramenta de gerenciamento de custos e tempo. Dessa forma, seria interessante que, quando possível, essa fosse designada aos profissionais com a maior experiência e conhecimento do universo envolvido que se dispor. Ainda, quando necessário e significativo, o cronograma e orçamento devem ser atualizados para que não haja discrepâncias entre o cenário em que o projeto, de fato, se desenvolveu e aquele onde se estimaram os dados utilizados nos cálculos. Essa atualização, além de viável devido a tais discrepâncias que podem surgir do dinamismo inerente aos projetos discutidos por Azaron, Perkgoz e Sakawa (2005), Herroelen e Leus (2005) e Collyer e Warren (2009) se mostra oportuna, também, devido ao conhecimento que se adquire

com o decorrer do mesmo. Com o desenvolvimento das atividades, é de se esperar que as incertezas diminuam em decorrência do aprendizado, conforme discutido por Plaza e Turetken (2009). Re-estimar, portanto, pode levar a resultados mais precisos.

Como foi identificado que as dispersões dos indicadores globais podem decorrer de incertezas nos dados de entrada, levando à possibilidade de se atuar em cada atividade individualmente alterando suas concepções de forma a buscar alterações globais, sugere-se que, também por isso, o cronograma e orçamento sejam reavaliados e atualizados à medida que alterações forem sendo incorporadas.

Vale ressaltar que a sistemática proposta se destina a proporcionar maior conhecimento aos gestores para tomadas de decisões. Dessa forma, deve-se ter em mente que o intervalo de incertezas encontrado pode não refletir perfeitamente a realidade do projeto em algumas situações. Como discutido por Fortin *et al.* (2010), isso se deve ao fato de cada projeto ocorrer em ocasiões e lugares diferentes, o que faz com que os dados levantados através da experiência do gestor, ou mesmo os obtidos em registros históricos, utilizados no estudo estatístico possam não refletir exatamente as condições do novo projeto. Com isso, pode-se chegar à determinação de distribuições inadequadas. Mesmo que tais distribuições considerem suas incertezas, erros ainda podem estar presentes.

A adoção da sistemática em demais projetos deve se dar de acordo com as condições da empresa ou organização onde ele se desenvolverá. Para a coleta dos dados pode ser necessário, por exemplo, adequar os sistemas de tecnologia da informação, os meios de fechamento contábil ou a política de acessibilidade a dados, de forma a possibilitar a reunião dos valores necessários para desenvolvimento dos cálculos. Condições de infra-estrutura devem, também, ser observadas. A obtenção do *software*, por exemplo, é de vital importância. De forma geral, pode-se dizer que a implantação desse método e consequente sucesso dependem do suporte que a cultura organizacional irá propiciá-lo.

Ponto importante, ainda, é a forma como os funcionários entenderão a adoção da ferramenta pela gerência, já que, como no caso da empresa estudada, esta pode ser utilizada para avaliar o desempenho dos próprios empregados. Treinamento e esclarecimento podem ser requeridos para que os dados coletados não sejam distorcidos a fim de favorecer interesses particulares.

Os maiores contratempos ficam por conta dos processos de estimativas. É necessário despende certo tempo para as estimativas de custos, prazos e para a elaboração da matriz de correlações.

Esse tipo de esforço aumenta de acordo com o número de atividades e variáveis de custo envolvidas no projeto. O tempo e esforço para a elaboração da planilha de cálculos também segue essa proporção. Na opinião do gerente, porém, esse tempo despendido foi valioso para o resultado obtido.

## Capítulo 6 – Conclusões

### 6.1 Conclusões gerais

Da revisão de literatura, pode-se verificar que a análise de riscos merece maior priorização por parte dos gerentes. Ao mesmo tempo, tem-se que muitos projetos fracassam devido a informações incompletas ou até mesmo a falta de *feedback* durante o decorrer das atividades. Tornou-se clara, a partir dessa revisão, que seria oportuno verificar a possibilidade de integrar a análise de riscos com um método que permitisse aos gestores acompanhar o desempenho do projeto no seu decorrer, no caso o *Earned Value Management*.

Por meio da pesquisa-ação, pode-se experimentar, com dados reais, a viabilidade técnica da sistemática proposta e o grau de atendimento da mesma às necessidades do processo de monitoramento e controle dos custos e tempo do projeto. Pode-se identificar:

- Reconhecimento e atitude da diretoria e gerência, demonstrando esta vontade em ações para se implementar a sistemática proposta para o *Earned Value Management*, com destaque para capacitações no trabalho.
- No estabelecimento do *baseline* dos custos e prazos deve-se buscar, com a maior realidade possível, os valores com as condições que cercam o projeto.
- Para disponibilização dos dados para o cálculo do *Earned Value Management* pode se fazer necessário adequar os sistemas de tecnologia da informação, os meios de fechamento contábil ou a política de acessibilidade a dados.
- Os valores de custo e prazo devem ser atualizados ao longo do projeto pois, devido ao aprendizado, as incertezas reduzem culminando em resultados mais precisos. Esse fato é inerente ao dinamismo dos projetos.
- Alinhamento entre todos os envolvidos para descrição e coleta dos dados utilizados nos cálculos do *Earned Value Management* e conhecimento de como estes dados afetam a precisão dos resultados.
- O uso do *Earned Value Management* para avaliar o desempenho dos recursos humanos envolvidos no projeto, fato não descrito objetivamente na literatura pesquisada.
- Quanto ao fato de se trabalhar com uma região ao invés de valores determinísticos, este se mostrou oportuno, pois permite verificar de que forma a incerteza nos dados de entrada (como a duração de prazo das atividades) afetam os resultados finais do projeto.

- Elevados esforços para identificar a correlação entre as atividades e entre os componentes de custos.
- O monitoramento via *Earned Value Management* sugere ser mais eficaz se realizado em períodos mais curtos, pois reduzem-se os esforços para execução dos cálculos (menor número de atividades a se coletar dados, bem como as correlações entre as atividades).
- Necessidade de domínio técnico do *software @Risk* ou *software* similar que automatiza as operações exigidas, efetua tratamentos estatísticos e representa graficamente os resultados.

Conclui-se que a incorporação da incerteza no cálculo do *Earned Value Management* demonstrou valores mais confiáveis auxiliando no processo de tomadas de decisão, permitindo análises estatísticas e probabilísticas, bem como a visualização dos índices através de uma região, suprimindo a deficiência dos métodos existentes de se trabalhar com dados determinísticos.

## 6.2 Recomendações para trabalhos futuros

Fica como sugestão para futuros trabalhos:

- Analisar a possibilidade de se incorporar a incerteza no cálculo do *Earned Value* através de outros métodos matemáticos;
- Verificar a possibilidade de desenvolvimento de um *software* exclusivo para aplicação do *Earned Value Management*;
- Desenvolver uma ferramenta voltada diretamente para o monitoramento e controle dos recursos humanos envolvidos nas atividades de um projeto;
- Verificar o impacto que a aplicação de ferramentas e métodos propostos no gerenciamento de recursos humanos pode causar no desempenho dos custos e cronograma do projeto, utilizando o EVM para o processo de medição;
- Verificar o comportamento da sistemática aqui proposta para o gerenciamento de custos e tempo de projetos de outras naturezas e ramos do mercado, procurando validar sua generalização;
- Estender os cálculos desenvolvidos no presente trabalho para índices do EVM destinados a previsões, como, por exemplo, o EaC, para que se possa, no final do projeto, efetuar testes de hipótese a fim de comprovar, estatisticamente, a precisão da estimativas dentro do intervalo sugerido;

- Estudar projetos onde haja dados históricos disponíveis para que se possa comparar, posteriormente, o impacto causado pelo processo de estimativas dos custos, dos prazos e dos coeficientes de correlação.

### 6.3 Considerações finais

A proposta de integração de diferentes áreas do gerenciamento de projetos, como análise de riscos, gerenciamento do tempo e gerenciamento de custos, mostra a importância da interdisciplinaridade. Ficou claro, com a presente proposta, de que não basta o pesquisador estar bem informado apenas na sua área de maior concentração. A interação de assuntos diversos, mesmo que a princípio pareçam desconexos, pode abrir portas para a exploração de temas mais abrangentes.

A conclusão deste trabalho mostrou que muitas das sugestões de outros autores, observadas na seção dedicada à justificativa dessa dissertação, eram, de fato, pertinentes e oportunas.

A utilização da sistemática proposta para análise com incerteza não exclui a utilização paralela de outros métodos para monitoramento e controle do projeto. Demais ferramentas podem vir a ser utilizadas não apenas para complementar o conjunto de informações disponíveis aos *stakeholders*, mas, também, para que se possam comparar os resultados obtidos através de diferentes métodos. O objetivo final, não apenas desta sistemática, mas de várias outras ferramentas pertinente à gestão de projetos, é adicionar solidez às tomadas de decisões.

Embora se acredite que esse método seja aplicável a projetos de qualquer tipo e natureza, desde que sejam proporcionadas as condições necessárias de informação e infra-estrutura, cada projeto é um empreendimento único e deve ser analisado individualmente, pois sempre existirão particularidades que devem ser consideradas ou incorporadas a fim de se obter a eficácia esperada.

Em suma, pode se dizer que um dos objetivos desta dissertação, mesmo que não estivesse explícito, é o estímulo à pesquisa nessa área. Área, aqui, não significa apenas o *Earned Value Management* ou a análise de riscos, mas o Gerenciamento de Projetos como um todo. Espera-se, então, que este trabalho venha a despertar o interesse de outros pesquisadores em desenvolver estudos sobre este tema.





















## APÊNDICE B – Custos estimados do projeto

Custos estimados para cada atividade do projeto. O campo “mês de referência” separa os custos estimados das atividades entre os meses previstos de sua duração. Valores em reais (R\$).

Observação: “Dez.+Jan.” apresentam as estimativas somadas dos meses de Dezembro de 2009 e Janeiro de 2010.

ATIV.	Mês de Referência	ESTAGIÁRIO R\$3,00/h			DIRETOR R\$ 10,90/h			CONSULTORIA R\$20,00/h		
		Pessimista	Mais provável	Otimista	Pessimista	Mais provável	Otimista	Pessimista	Mais provável	Otimista
1	Dezembro	0.00	0.00	0.00	8.18	2.73	1.85	15.00	5.00	3.40
2	Dezembro	0.00	0.00	0.00	8.18	2.73	1.85	15.00	5.00	3.40
3	Dezembro	0.00	0.00	0.00	10.90	5.45	2.73	20.00	10.00	5.00
4	Dez.+Jan.	36.00	24.00	15.00	65.40	43.60	10.90	20.00	15.00	10.00
5	Dez.+Jan.	1.50	0.75	0.51	5.45	2.73	1.85	10.00	5.00	3.40
6	Janeiro	90.00	63.00	45.00	0.00	0.00	0.00	15.00	15.00	10.00
7	Janeiro	720.00	540.00	360.00	0.00	218.00	0.00	10.00	5.00	5.00
8	Dez.+Jan.	3.00	1.50	0.75	10.90	5.45	2.73	20.00	10.00	5.00
9	Janeiro	4.50	3.00	1.50	16.35	10.90	5.45	0.00	0.00	0.00
10	Janeiro	1.50	0.75	0.51	2.73	1.85	0.87	5.00	3.40	3.40
11	Janeiro	18.00	18.00	15.00	21.80	10.90	5.45	0.00	0.00	0.00
12	Janeiro	36.00	27.00	21.00	0.00	0.00	0.00	15.00	10.00	5.00
13	Dezembro	0.00	0.00	0.00	16.35	10.90	5.45	30.00	20.00	10.00
14	Dezembro	2.25	1.50	0.75	8.18	5.45	2.73	15.00	10.00	5.00
15	Dez.+Jan.	4.50	3.00	2.25	10.90	8.18	5.45	20.00	15.00	10.00
16	Dez.+Jan.	90.00	30.00	15.00	32.70	21.80	10.90	0.00	0.00	0.00
17	Dez.+Jan.	6.00	3.00	1.50	2.18	1.64	1.09	0.00	0.00	0.00
18	Janeiro	21.00	15.00	9.00	0.00	0.00	0.00	20.00	10.00	5.00



ATIV.	Mês de Referência	ESTAGIÁRIO R\$3,00/h			DIRETOR R\$ 10,90/h			CONSULTORIA R\$20,00/h		
		Pessimista	Mais provável	Otimista	Pessimista	Mais provável	Otimista	Pessimista	Mais provável	Otimista
38	Março	48.00	30.00	24.00	49.05	32.70	16.35	0.00	0.00	0.00
39	Março	27.00	12.00	9.00	43.60	21.80	10.90	10.00	4.00	2.00
40	Março	4.50	3.00	1.50	16.35	10.90	5.45	0.00	0.00	0.00
	Abril	33.00	21.00	15.00	32.70	16.35	10.90	0.00	0.00	0.00
41	Abril	15.00	9.00	4.50	8.18	5.45	2.73	0.00	0.00	0.00
42	Dezembro	180.00	60.00	30.00	54.50	38.15	16.35	50.00	40.00	30.00
	Janeiro	180.00	60.00	30.00	54.50	38.15	16.35	50.00	40.00	30.00
	Fevereiro	180.00	60.00	30.00	54.50	38.15	16.35	50.00	40.00	30.00
43	Abril	90.00	45.00	30.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
44	Abril	24.00	15.00	6.00	65.40	32.70	10.90	0.00	0.00	0.00
45	Abril	9.00	4.50	3.00	0.00	10.90	0.00	0.00	0.00	0.00
46	Abril	36.00	24.00	13.50	43.60	24.53	13.08	0.00	0.00	0.00
	Maio	9.00	6.00	4.50	10.90	8.18	4.36	0.00	0.00	0.00
47	Abril	6.75	4.50	2.40	3.27	2.18	1.64	0.00	0.00	0.00
	Maio	2.25	1.80	0.60	2.18	0.55	0.33	0.00	0.00	0.00
48	Abril	6.00	4.50	2.25	8.18	5.45	2.18	10.00	8.00	6.00
	Maio	1.50	1.20	0.90	2.73	1.09	0.00	5.00	2.00	0.00
49	Abril	54.00	41.25	27.00	38.15	21.80	10.90	0.00	0.00	0.00
	Maio	18.00	12.75	9.00	16.35	10.90	5.45	0.00	0.00	0.00
50	Janeiro	1.35	0.60	0.15	1.64	1.09	0.87	6.00	6.00	6.00
	Fevereiro	1.50	1.20	0.75	1.64	1.09	0.44	6.00	6.00	6.00
	Março	1.20	0.90	0.60	0.55	0.44	0.33	6.00	6.00	6.00
	Abril	0.45	0.30	0.15	1.09	0.00	0.00	2.00	2.00	2.00
51	Janeiro	3.90	3.00	1.50	4.91	2.73	0.87	20.00	16.00	10.00
	Fevereiro	0.60	0.30	0.15	0.33	0.22	0.00	6.00	4.00	2.00





## APÊNDICE C – Custos reais do projeto

Neste apêndice se encontram os custos reais dos projetos nos três ciclos de pesquisa-ação.

Atividade	Estagiário	Diretor	Consultor	Custo Real
01	R\$ -	R\$ 2.73	R\$ 5.00	R\$ 7.73
02	R\$ -	R\$ 2.73	R\$ 5.00	R\$ 7.73
03	R\$ -	R\$ 5.45	R\$ 10.00	R\$ 15.45
04	R\$ 15.00	R\$ 21.80	R\$ 15.00	R\$ 51.80
05	R\$ 0.75	R\$ 2.73	R\$ 5.00	R\$ 8.48
06	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 0.00
07	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 0.00
08	R\$ 1.50	R\$ 5.45	R\$ 10.00	R\$ 16.95
09	R\$ 3.00	R\$ 16.35	R\$ -	R\$ 19.35
10	R\$ 0.75	R\$ 1.85	R\$ 3.40	R\$ 6.00
11	R\$ 18.00	R\$ -	R\$ 10.00	R\$ 28.00
12	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 0.00
13	R\$ -	R\$ 16.35	R\$ 20.00	R\$ 36.35
14	R\$ 1.50	R\$ 8.18	R\$ 10.00	R\$ 19.68
15	R\$ 3.00	R\$ 8.18	R\$ 15.00	R\$ 26.18
16	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 0.00
17	R\$ 3.00	R\$ 5.45	R\$ 3.40	R\$ 11.85
18	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 0.00
19	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 0.00
33	R\$ 54.00	R\$ -	R\$ 360.00	R\$ 414.00
42	R\$ 90.00	R\$ 54.50	R\$ 120.00	R\$ 264.50
50	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 0.00
51	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 0.00
65	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 0.00

Custos reais 1º ciclo de pesquisa-ação

Atividade	Estagiário	Diretor	Consultor	Custo Real
01	R\$ -	R\$ 2.73	R\$ 5.00	R\$ 7.73
02	R\$ -	R\$ 2.73	R\$ 5.00	R\$ 7.73
03	R\$ -	R\$ 5.45	R\$ 10.00	R\$ 15.45
04	R\$ 15.00	R\$ 21.80	R\$ 15.00	R\$ 51.80
05	R\$ 0.75	R\$ 2.73	R\$ 5.00	R\$ 8.48
06	R\$ 9.00	R\$ 5.45	R\$ 10.00	R\$ 24.45
07	R\$ -	R\$ -	R\$ 10.00	R\$ 10.00
08	R\$ 1.50	R\$ 5.45	R\$ 10.00	R\$ 16.95
09	R\$ 3.00	R\$ 16.35	R\$ -	R\$ 19.35
10	R\$ 0.75	R\$ 1.85	R\$ 3.40	R\$ 6.00
11	R\$ 19.50	R\$ 21.80	R\$ 20.00	R\$ 61.30
12	R\$ 24.00	R\$ 5.45	R\$ 20.00	R\$ 49.45
13	R\$ -	R\$ 16.35	R\$ 20.00	R\$ 36.35
14	R\$ 1.50	R\$ 8.18	R\$ 10.00	R\$ 19.68
15	R\$ 4.50	R\$ 8.18	R\$ 15.00	R\$ 27.68
16	R\$ 3.00	R\$ 5.45	R\$ -	R\$ 8.45

17	R\$ 3.00	R\$ 5.45	R\$ 3.40	R\$ 11.85
18	R\$ 3.00	R\$ -	R\$ 4.00	R\$ 7.00
19	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -
20	R\$ 0.90	R\$ 2.18	R\$ 4.00	R\$ 7.08
21	R\$ 0.75	R\$ 2.73	R\$ 5.00	R\$ 8.48
22	R\$ 0.75	R\$ 2.73	R\$ 5.00	R\$ 8.48
23	R\$ 1.50	R\$ -	R\$ 4.00	R\$ 5.50
24	R\$ 2.10	R\$ 7.63	R\$ 14.00	R\$ 23.73
25	R\$ 2.10	R\$ 7.63	R\$ 14.00	R\$ 23.73
26	R\$ 2.10	R\$ 7.63	R\$ 14.00	R\$ 23.73
27	R\$ 1.50	R\$ -	R\$ 5.00	R\$ 6.50
28	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -
29	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -
30	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -
33	R\$ 54.00	R\$ -	R\$ 360.00	R\$ 414.00
34	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -
35	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -
36	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -
37	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -
38	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -
39	R\$ 1.50	R\$ -	R\$ -	R\$ 1.50
40	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -
42	R\$ 270.00	R\$ 65.40	R\$ 140.00	R\$ 475.40
50	R\$ 12.00	R\$ 5.45	R\$ 5.00	R\$ 22.45
51	R\$ 30.00	R\$ 10.90	R\$ 20.00	R\$ 60.90
61	R\$ 6.00	R\$ 2.18	R\$ -	R\$ 8.18
62	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -
63	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -
64	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -
65	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -

Custos reais 2º ciclo de pesquisa-ação

Atividade	Estagiário	Diretor	Consultor	Custo Real
01	R\$ -	R\$ 2.73	R\$ 5.00	R\$ 7.73
02	R\$ -	R\$ 2.73	R\$ 5.00	R\$ 7.73
03	R\$ -	R\$ 5.45	R\$ 10.00	R\$ 15.45
04	R\$ 15.00	R\$ 21.80	R\$ 15.00	R\$ 51.80
05	R\$ 0.75	R\$ 2.73	R\$ 5.00	R\$ 8.48
06	R\$ 9.00	R\$ 5.45	R\$ 10.00	R\$ 24.45
07	R\$ -	R\$ -	R\$ 10.00	R\$ 10.00
08	R\$ 1.50	R\$ 5.45	R\$ 10.00	R\$ 16.95
09	R\$ 3.00	R\$ 16.35	R\$ -	R\$ 19.35
10	R\$ 0.75	R\$ 1.85	R\$ 3.40	R\$ 6.00
11	R\$ 19.50	R\$ 21.80	R\$ 20.00	R\$ 61.30
12	R\$ 24.00	R\$ 5.45	R\$ 20.00	R\$ 49.45
13	R\$ -	R\$ 16.35	R\$ 20.00	R\$ 36.35
14	R\$ 1.50	R\$ 8.18	R\$ 10.00	R\$ 19.68
15	R\$ 6.00	R\$ 8.18	R\$ 15.00	R\$ 29.18
16	R\$ 3.00	R\$ 5.45	R\$ -	R\$ 8.45

Atividade	Estagiário	Diretor	Consultor	Custo Real
17	R\$ 3.00	R\$ 5.45	R\$ 3.40	R\$ 11.85
18	R\$ 3.00	R\$ -	R\$ 4.00	R\$ 7.00
19	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -
20	R\$ 3.00	R\$ 5.45	R\$ 10.00	R\$ 18.45
21	R\$ 3.00	R\$ 2.73	R\$ 10.00	R\$ 15.73
22	R\$ 3.00	R\$ 2.73	R\$ 10.00	R\$ 15.73
23	R\$ 3.00	R\$ 1.09	R\$ 4.00	R\$ 8.09
24	R\$ 3.00	R\$ 7.63	R\$ 20.00	R\$ 30.63
25	R\$ 3.00	R\$ 7.63	R\$ 20.00	R\$ 30.63
26	R\$ 3.00	R\$ 7.63	R\$ 20.00	R\$ 30.63
27	R\$ 1.50	R\$ -	R\$ 5.00	R\$ 6.50
28	R\$ 1.50	R\$ -	R\$ 5.00	R\$ 6.50
29	R\$ 1.50	R\$ -	R\$ 5.00	R\$ 6.50
30	R\$ 0.60	R\$ -	R\$ 2.00	R\$ 2.60
31	R\$ 9.00	R\$ -	R\$ 60.00	R\$ 69.00
32	R\$ 48.00	R\$ -	R\$ 320.00	R\$ 368.00
33	R\$ 54.00	R\$ -	R\$ 360.00	R\$ 414.00
34	R\$ 3.00	R\$ 2.18	R\$ 6.00	R\$ 11.18
35	R\$ 1.50	R\$ 2.18	R\$ 6.00	R\$ 9.68
36	R\$ 0.90	R\$ 2.18	R\$ 2.00	R\$ 5.08
37	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -
38	R\$ 1.50	R\$ 3.27	R\$ 4.00	R\$ 8.77
39	R\$ 3.00	R\$ 1.09	R\$ 4.00	R\$ 8.09
40	R\$ 1.50	R\$ 3.27	R\$ 2.00	R\$ 6.77
41	R\$ 0.60	R\$ 1.09	R\$ 2.00	R\$ 3.69
42	R\$ 360.00	R\$ 87.20	R\$ 180.00	R\$ 627.20
43	R\$ 3.00	R\$ 5.45	R\$ -	R\$ 8.45
44	R\$ 0.60	R\$ 2.18	R\$ -	R\$ 2.78
45	R\$ 6.00	R\$ 10.90	R\$ -	R\$ 16.90
46	R\$ 9.00	R\$ 10.90	R\$ 20.00	R\$ 39.90
47	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -
48	R\$ 1.50	R\$ 1.09	R\$ 4.00	R\$ 6.59
49	R\$ 3.00	R\$ 5.45	R\$ 4.00	R\$ 12.45
50	R\$ 15.00	R\$ 10.90	R\$ 10.00	R\$ 35.90
51	R\$ 36.00	R\$ 21.80	R\$ 40.00	R\$ 97.80
52	R\$ 1.50	R\$ 1.09	R\$ 2.00	R\$ 4.59
53	R\$ 4.50	R\$ 10.90	R\$ 2.00	R\$ 17.40
54	R\$ 0.30	R\$ 1.09	R\$ -	R\$ 1.39
55	R\$ 0.90	R\$ 1.09	R\$ -	R\$ 1.99
56	R\$ 0.90	R\$ 1.09	R\$ -	R\$ 1.99
57	R\$ 1.50	R\$ 1.09	R\$ 2.00	R\$ 4.59
58	R\$ 1.50	R\$ -	R\$ 5.00	R\$ 6.50
59	R\$ 1.50	R\$ -	R\$ 5.00	R\$ 6.50
60	R\$ 0.75	R\$ -	R\$ 2.00	R\$ 2.75
61	R\$ 6.00	R\$ 2.18	R\$ -	R\$ 8.18
62	R\$ 7.50	R\$ 10.90	R\$ 20.00	R\$ 38.40
63	R\$ 1.50	R\$ 1.09	R\$ 2.00	R\$ 4.59
64	R\$ 1.50	R\$ 1.09	R\$ 2.00	R\$ 4.59

Atividade	Estagiário	Diretor	Consultor	Custo Real
65	R\$ 0.30	R\$ -	R\$ 2.00	R\$ 2.30
66	R\$ 6.00	R\$ 5.45	R\$ 20.00	R\$ 31.45
67	R\$ 1.50	R\$ 1.09	R\$ 5.00	R\$ 7.59
68	R\$ 1.50	R\$ 2.73	R\$ 6.00	R\$ 10.23
69	R\$ 3.00	R\$ 8.18	R\$ 20.00	R\$ 31.18
70	R\$ 3.00	R\$ -	R\$ 10.00	R\$ 13.00
71	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -
72	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -
73	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -

Custos reais 3º ciclo de pesquisa-ação



At.	Conc.	Estagiário			Diretor			Consultoria		
		Oti.	MP	Pes.	Oti.	MP	Pes.	Oti.	MP	Pes.
3	100%									
4	100%									
5	100%									
6	100%									
7	100%									
8	100%									
9	100%									
10	100%									
11	100%									
12	50%	10,50	13,50	18,00	0	0	0	2,50	5,00	7,50
13	100%									
14	100%									
15	20%	0,40	0,60	0,90	1,00	1,60	2,10	2,00	3,00	4,00
16	100%									
17	100%									
18	100%									
19	0%									
20	10%	4,50	4,50	4,50	1,63	4,36	6,54	3,50	4,00	5,00
21	15%	2,25	3,15	4,50	2,45	4,90	8,17	2,10	2,10	2,40
22	15%	1,80	3,15	4,50	2,45	4,90	8,17	2,10	2,10	2,40
23	25%	7,50	11,25	16,50	6,81	13,62	19,07	3,50	3,50	4,00
24	60%	5,40	10,80	14,40	13,08	26,16	32,70	0	0	0
25	60%	5,40	11,70	14,40	13,08	26,16	32,70	0	0	0
26	60%	5,40	11,70	14,40	13,08	26,16	32,70	0	0	0
27	40%	3,60	7,80	9,60	8,72	17,44	21,80	0	0	0
28	0%									
29	0%									
30	0%									
33	100%									
34	0%									
35	0%									
36	0%									
37	0%									
38	0%									
39	30%	2,70	3,60	8,10	3,27	6,54	13,08	0,60	1,20	3,00
40	0%									
42	70%	63,00	126,00	378,00	34,33	80,11	114,45	63,00	84,00	105,00
50	50%	0,75	1,35	2,02	0,82	1,31	1,91	9,00	9,00	9,00
51	50%	0,82	1,65	2,25	0,43	1,47	2,61	6,00	10,00	13,00
61	100%									
62	0%									
63	0%									
64	0%									
65	0%									

Percentual concluído de cada atividade e custos estimados correspondentes à parte realizada das atividades incompletas no 2º CICLO

At.	Conc.	Estagiário			Diretor			Consultoria		
		Oti.	MP	Pes.	Oti.	MP	Pes.	Oti.	MP	Pes.
1	100%									
2	100%									
3	100%									
4	100%									
5	100%									
6	100%									
7	100%									
8	100%									
9	100%									
10	100%									
11	100%									
12	100%									
13	100%									
14	100%									
15	50%	1,13	1,50	2,25	2,73	4,09	5,45	5,00	7,50	10,00
16	100%									
17	100%									
18	100%									
19	0%									
20	50%	3,75	9,00	11,25	8,18	21,80	32,70	17,50	20,00	25,00
21	70%	31,50	31,50	31,50	11,45	22,89	38,15	9,80	9,80	11,20
22	70%	10,50	14,70	21,00	11,45	22,89	38,15	9,80	9,80	11,20
23	70%	8,40	14,70	21,00	19,08	38,15	53,41	9,80	9,80	11,20
24	80%	24,00	36,00	52,80	17,44	34,88	43,60	0,00	0,00	0,00
25	80%	7,20	15,60	19,20	17,44	34,88	43,60	0,00	0,00	0,00
26	80%	7,20	15,60	19,20	17,44	34,88	43,60	0,00	0,00	0,00
27	40%	3,60	7,80	9,60	8,72	17,44	21,80	0,00	0,00	0,00
28	50%	3,00	4,50	6,75	5,45	10,90	19,08	0,00	0,00	0,00
29	50%	4,50	9,75	12,00	10,90	21,80	27,25	0,00	0,00	0,00
30	50%	0,90	1,80	2,70	1,09	1,64	3,27	0,00	0,00	0,00
31	100%									
32	100%									
33	100%									
34	80%	4,80	9,60	12,00	8,72	26,16	34,88	0,00	0,00	0,00
35	80%	4,80	9,60	12,00	8,72	26,16	34,88	0,00	0,00	0,00
36	60%	3,60	7,20	9,00	6,54	19,62	26,16	0,00	0,00	0,00
37	0%									
38	50%	12,00	15,00	24,00	8,18	16,35	24,53	0,00	0,00	0,00
39	60%	5,40	11,70	14,40	13,08	26,16	32,70	0,00	0,00	0,00
40	100%									
41	100%									
42	100%									
43	50%	15,00	22,50	45,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
44	20%	1,20	3,00	4,80	2,18	6,54	13,08	0,00	0,00	0,00
45	70%	2,10	3,15	6,30	7,63	7,63	7,63	0,00	0,00	0,00

At.	Conc.	Estagiário			Diretor			Consultoria		
		Oti.	MP	Pes.	Oti.	MP	Pes.	Oti.	MP	Pes.
46	100%									
47	0%									
48	40%	1,32	2,28	3,00	0,87	2,62	4,36	2,40	4,00	6,00
49	100%									
50	70%	1,16	2,10	3,15	1,14	1,83	3,43	14,00	14,00	14,00
51	70%	1,05	2,10	2,73	0,61	1,91	3,43	7,00	11,20	14,00
52	60%	1,80	3,60	5,40	3,92	7,19	10,46	2,40	4,80	12,00
53	80%	2,40	4,80	7,20	5,23	9,59	13,95	3,20	6,40	16,00
54	50%	1,50	3,00	4,50	3,27	6,00	8,72	2,00	4,00	10,00
55	60%	1,80	3,60	5,40	3,92	7,19	10,46	2,40	4,80	12,00
56	60%	1,80	3,60	5,40	3,92	7,19	10,46	2,40	4,80	12,00
57	50%	0,75	1,20	1,95	1,09	1,64	2,73	1,00	2,00	3,00
58	50%	1,50	4,50	7,50	1,36	5,45	8,18	0,00	0,00	0,00
59	50%	1,50	4,50	7,50	1,36	5,45	8,18	0,00	0,00	0,00
60	50%	1,50	4,50	7,50	1,36	5,45	8,18	0,00	0,00	0,00
61	100%									
62	100%									
63	60%	10,80	14,40	21,60	3,27	6,54	13,08	0,00	0,00	0,00
64	50%	9,00	12,00	18,00	2,73	5,45	10,90	0,00	0,00	0,00
65	50%	4,50	7,50	12,00	2,73	5,45	10,90	0,00	0,00	0,00
66	100%									
67	100%									
68	100%									
69	100%									
70	100%									
71	0%									
72	0%									
73	0%									

Percentual concluído de cada atividade e custos estimados correspondentes à parte realizada das atividades incompletas no 3º CICLO

## **APÊNDICE E – Matriz de correlações**

Este apêndice apresenta a matriz que dispõe os coeficientes de correlação estimados entre as 73 atividades que possuíam prazo até 31 de maio de 2010, data de realização do terceiro e último ciclo de pesquisa-ação. Vale lembrar que apenas as correlações consideradas fortes foram consideradas. A essas, foi adotado o valor de -0.85 para as correlações negativas e +0.85 para as positivas.

Para facilitar a visualização da matriz, lançou-se mão de uma legenda:



Representa as correlações negativas;



Representa as correlações positivas.



## Referências bibliográficas

- ABDELHAMID, T. S., EVERETT, J. G. Identifying root causes of construction accidents. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 126, pp. 52–60, 2000.
- ABEID, J., ALLOUCHE, E., ARDITI, D., HAYMANA, M. PHOTO-NET II: a computer-based monitoring system applied to project management. **Automation in Construction**, v. 12, pp. 603–616, 2003.
- AHSAN, K., GUNAWAN, I. Analysis of cost and schedule performance of international development projects. **International Journal of Project Management**, v. 28, pp. 68–78, 2010.
- AHUJA, V., THIRUVENGADAM, V. Project scheduling and monitoring: current research status. **Construction Innovation**, v. 4, pp. 19–31, 2004.
- AIBINU, A.A., JAGBORO, G.O. The effects of construction delays on project delivery in Nigerian construction industry. **International Journal of Project Management**, v. 20, pp. 593–599, 2002.
- AKKAN, C., DREXL, A., KIMMS, A. Network decomposition-based benchmark results for the discrete time–cost tradeoff problem. **European Journal of Operational Research**, v. 165, pp. 339–358, 2005.
- ALBENY, R. M. **Análise da importância da mensuração e controle do valor da exposição a riscos em projetos de desenvolvimento de produtos complexos**. Dissertação de Mestrado Departamento de Produção, UNIFEI, 2007.
- ALENCAR, A. J., SCHMITZ, E. A. **Análise de Risco em Gerência de Projetos**. Rio de Janeiro: Brasport, 2005.
- ALVARADO, C. M., SILVERMAN, R. P., WILSON, D. S. Assessing the performance of construction projects: Implementing earned value management at the General Services Administration. **Journal of Facilities Management**, v. 3, pp. 92–105, 2004.
- AN, S. H., KIM, G. H., KANG, K. I. A case-based reasoning cost estimating model using experience by analytic hierarchy process. **Building and Environment**, v. 42, pp. 2573–2579, 2007.
- ANBARI, F. T., Earned Value Project Management – Method and Extensions. **Project Management Journal**, Vol. 34, N. 4, 12-23, December, 2003.
- ANPROTEC – Associação Nacional de Entidades Promotoras de Empreendimentos de Tecnologias Avançadas. **Panorama Nacional Anprotec 2005**. Panorama 2005, pp. 1-15, 2005.
- ASSAF, S., AL-HEJJI, S. Causes of delay in large construction projects. **International Journal of Project Management**, v. 24, n. 4, pp. 349–357, 2006.
- ATANASSOV, E., DIMOV, I. T. What Monte Carlo models can do and cannot do efficiently?. **Applied Mathematical Modeling**, v. 32, pp. 1477–1500, 2008.
- AZARON, A., PERKGOZ, C., SAKAWA, M. A genetic algorithm approach for the time-cost trade-off in PERT networks. **Applied Mathematics and Computation**, v. 168, pp. 1317–1339, 2005.
- BACCARINI, D., SALM, G., LOVE, P. E.D. Management of risks in information technology projects. **Industrial Management & Data Systems**, v. 104, n. 4, pp. 286-295, 2004.
- BALDRY, D. The evaluation of risk management in public sector capital projects. **International Journal of Project Management**, v. 16, pp. 35-41, 1998.

- BALLANTYNE, D. Action research reviewed: a market-oriented approach. **European Journal of Marketing**, v. 38, pp. 321-337, 2004.
- BARBALHO, S. C. M., AMARAL, D. C., KERNBICHLER, T. S., RICHTER, E. H., TORRES, L. Rompendo obstáculos para a implantação de escritório de projetos em empresa de base tecnológica. **Gestão e Produção**, v. 16, p. 435-449, 2009.
- BARBER, R. B. **Understanding internally generated risks in projects**. International Journal of Project Management, Vol. 23, pp. 584–590, 2005.
- BARBER, P., GRAVES, A., HALL, M., SHEATH, D., TOMKINS, C. Quality failure costs in civil engineering projects. **International Journal of Quality & Reliability Management**, v. 17, Nos 4/5, pp. 479-492, 2000.
- BARRAZA, G. A., BACK, E. W., MATA, F. Probabilistic monitoring of project performance using SS-curves. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 126, n. 2, pp. 142–48, 2000.
- BASHIR, H. A., THOMSON, V. Metrics for design projects: a review. **Design Studies**, v. 20, pp. 263–277, 1999.
- BELOUT, A., GAUVREAU, C. Factors influencing project success: the impact of human resource management. **International Journal of Project Management**, v. 22, n. 1, pp. 1-11, 2004.
- BEN-HAIM, Y., LAUFER, A.. Robust reliability of projects with activity-duration uncertainty. Journal of Construction Engineering and Management, v. 124, n. 2, pp. 125-132, 1998.
- BENJAORAN, V. A cost control system development: A collaborative approach for small and medium-sized contractors. **International Journal of Project Management**, v. 27, pp. 270–277, 2009.
- BERGEK, A., NORRMAN, C. Incubator best practice: A framework. **Technovation**, v. 28, pp. 20–28, 2008.
- BIDOT, J., VIDAL, T., LABORIE, P., BECK, J. C. A theoretic and practical framework for scheduling in a stochastic environment. **Journal of Scheduling**, v. 12, pp. 315–344, 2009.
- BOURNE, L., WALKER, D. H. T. Advancing project management in learning organizations. **The Learning Organization**, v. 11, n. 3, pp. 226-243, 2004.
- BOWER, D. C., FINEGAN, A. D. Thesis research report note: New approaches in project performance evaluation techniques. **International Journal of Managing Projects in Business**, v. 2, pp. 435-444, 2009.
- BRYDE, D. J., JOBY, R. Practice Briefing: Incentivising project performance in the construction of new facilities - Utilising the earned value-based method. **Journal of Facilities Management**, v. 5, pp. 143-149, 2007.
- BRYDE, D. J., ROBINSON, L. The relationship between total quality management and the focus of project management practices. **The TQM Magazine**, v. 19, n. 1, pp. 50-61, 2007.
- BRYMAN, A. **Social research methods**, Oxford University Press Inc., 3<sup>rd</sup> edition, New York, 2008.
- CARBONE, T. A., TIPPETT, D. D. Project Risk Management Using the Project Risk FMEA. **Engineering Management Journal**, v. 16, pp. 28-35, 2004.
- CERVONE, H. F. Managing digital libraries: The view from 30,000 feet - Project risk management. **OCLC Systems & Services: International digital library perspectives**, v. 22, n. 4, pp. 256-262, 2006.
- CHAN, A. P. C. Time-cost relationship of public sector projects in Malaysia. **International Journal of Project Management**, v. 19, pp. 223-229, 2001.

CHAN, K. F., LAU, T. Assessing technology incubator programs in the science park: the good, the bad and the ugly. **Technovation**, v. 25, pp. 1215–1228, 2005.

CHAPMAN, C. Project risk analysis and management – PRAM the generic process. **International Journal of Project Management**, v. 15, pp. 273–281, 1997.

CHAPMAN, C. Key points of contention in framing assumptions for risk and uncertainty management. **International Journal of Project Management**, v. 24, pp. 303–313, 2006.

CHAPMAN, C., WARD, S. Estimation and evaluation of uncertainty: a minimalist first pass approach. **International Journal of Project Management**, v. 18, pp. 369–383, 2000.

CHAPMAN, C., WARD, S. Why risk efficiency is a key aspect of best practice projects. **International Journal of Project Management**, v. 22, pp. 619–632, 2004.

CHEN, P. H. Integration of cost and schedule using extensive matrix method and spreadsheets. **Automation in Construction**, v. 18, pp. 32–41, 2008.

CHEN, Z., LI, H., WONG, C. T. C. Environmental management of urban construction projects in China. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 126, pp. 320–324, 2000.

CHENG, J. Determination of cable forces in cable-stayed bridges constructed under parametric uncertainty. **Engineering Computations: International Journal for Computer-Aided Engineering and Software**, v. 27, pp. 301–321, 2010.

CHENG, M. Y., TSAI, H. C., SUDJONO, E. Conceptual cost estimates using evolutionary fuzzy hybrid neural network for projects in construction industry. **Expert Systems with Applications**, v. 37, pp. 4224–4231, 2010.

CHEUNG, S. O., SUEN, H. C. H., CHEUNG, K. K. W. PPMS: a Web-based construction Project Performance Monitoring System. **Automation in Construction**, v. 13, pp. 361–376, 2004.

CHOU, J. S. Generalized linear model-based expert system for estimating the cost of transportation projects. **Expert Systems with Applications**, v. 36, pp. 4253–4267, 2009a.

CHOU, J. S. Web-based CBR system applied to early cost budgeting for pavement maintenance project. **Expert Systems with Applications**, v. 36, pp. 2947–2960, 2009b.

CHOU, J. S., O'CONNOR, J. T. Internet-based preliminary highway construction cost estimating database. **Automation in Construction**, v. 17, pp. 65–74, 2007.

CHRISTENSEN, D. S., REES, D. A. Is the CPI-Based EAC a lower bound to the final cost of post A-12 contracts?, **Journal of Cost Analysis and Management**, pp. 55–65, Winter, 2002.

CHRISTENSEN, D. S., TEMPLIN, C. EAC Evaluation Methods: Do They Still Work? **Acquisition Review Quarterly**, pp. 105–116, Spring 2002.

CICMIL, S. J.K.. Critical factors of effective project management. **The TQM Magazine**. v. 9, n. 6, pp. 390–396, 1997.

CICMIL S. Quality in project environments: a nonconventional agenda. **International Journal of Quality & Reliability Management**, v. 17, n. 4/5, pp. 554–570, 2000.

CIOFFI, D. F. Designing project management: A scientific notation and an improved formalism for earned value calculations. **International Journal of Project Management**, v. 24, pp. 136–144, 2006.

COLLIN, J., LORENZIN, D. Plan for supply chain agility at Nokia - Lessons from the mobile infrastructure industry. **International Journal of Physical Distribution & Logistics Management**, v. 36, n. 6, 2006.

COLLYER, S., WARREN, C. M. J. Project management approaches for dynamic environments. **International Journal of Project Management**, v. 27, pp. 355–364, 2009.

COTTRELL, W. D. Simplified program evaluation and review technique (PERT). **Journal of construction engineering and management**, January/February, 1999.

COUGHLAN, P., COGHLAN, D. Action research – Action research for operations management. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 22, n.2, pp. 220-240, 2002.

COX, R. F., ISSA, R. R. A., AHRENS, D. Management's perception of key performance indicators for construction, **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 129, n. 2, pp. 142-51, 2003.

CRAWFORD, L., POLLACK, J., ENGLAND, D. Uncovering the trends in project management: Journal emphases over the last 10 years. **International Journal of Project Management**, v. 24, pp. 175–184, 2006.

DADA, J. O., JAGBORO, G.O. An evaluation of the impact of risk on project cost overrun in the Nigerian construction industry. **Journal of Financial Management of Property and Construction**, v. 12, n. 1, pp. 37 - 44, 2007.

DAS, K. P. Reading and Mathematics connection: English Language Learner Students' Perspective. **Journal of Mathematical Sciences & Mathematics Education**, v. 3, pp. 48-55, 2008.

DAVIDSSON, M. Risk management in a pure unit root. **The Journal of Risk Finance**, v. 11, pp. 224-234, 2010.

DAWSON, R. J., DAWSON, C. W. Practical proposals for managing uncertainty and risk in project planning. **International Journal of Project Management**, v. 16, n. 5, pp. 299-310, 1998.

DETRE, J., BRIGGEMAN, B., BOEHLJE, M., GRAY, A. W. Scorecarding and Heat Mapping: Tools and Concepts for Assessing Strategic Uncertainty. **International Food and Agribusiness Management Review**, v. 9, n. 1, pp.1-22, 2006.

DEY, P. K., OGUNLANA, S. O. Selection and application of risk management tools and techniques for build-operate-transfer projects. **Industrial Management & Data Systems**, v. 104, n. 4, pp. 334-346, 2004.

DIKMEN, I., BIRGONUL, M. T., HAN, S. Using fuzzy risk assessment to rate cost overrun risk in international construction projects. **International Journal of Project Management**, v. 25, pp. 494–505, 2007.

DU, X., LI, A. N. Monte Carlo simulation and a value-at-risk of concessionary project - The case study of the Guangshen Freeway in China. **Management Research News**, v. 31, pp. 912-921, 2008.

DUVERLIE, P., CASTELAIN, J. M. Cost Estimation During Design Step: Parametric Method versus Case Based Reasoning Method. **International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, v. 15, pp. 895–906, 1999.

EDEN, C., WILLIAMS, T., ACKERMANN, F. Analysing project cost overruns: comparing the “measured mile” analysis and system dynamics modeling. **International Journal of Project Management**, v. 23, pp. 135–139, 2005.

ELKINGTON, P., SMALLMAN, C. Managing project risks: a case study from the utilities sector. **International Journal of Project Management**, v. 20, pp. 49-57, 2002.

ELKJAER, M. Stochastic Budget Simulation. **International Journal of Project Management**, v. 18, pp. 139-147, 2000.

- ENSHASSI, A., AL-NAJJAR, J., KUMARASWAMY, M. Delays and cost overruns in the construction projects in the Gaza Strip. **Journal of Financial Management of Property and Construction**, v. 14, n. 2, pp. 126-151, 2009.
- ENSHASSI, A., MOHAMED, S., MADI, I. Factors affecting accuracy of cost estimation of building contracts in the Gaza Strip. **Journal of Financial Management of Property and Construction**, v. 10, n. 2, pp. 115 - 124, 2005.
- ESHUN JR, J. P. Business incubation as strategy. **Business Strategy Series**, v. 10, pp. 156-166, 2009.
- EVE, A. Development of project management systems. **Industrial and commercial training**. v. 39, n. 2, 2007.
- FERGUSON, R. W. A Project Risk Metric. **CrossTalk - The Journal of Defense Software Engineering**, pp. 12-15, April, 2004.
- FINEP. **Prime**. Disponível em: <http://www.finep.gov.br/programas/prime.asp>. Acesso em 22 de abril de 2010.
- FISCHER, M. A., AALAMI, F. Scheduling with Computer-Interpretable Construction Method Models. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 122, n. 4, pp. 337-347, 1996.
- FLEMING, Q. W., KOPPELMAN, J. M. Start With “Simple” Earned Value On All Your Projects. **CrossTalk - The Journal of Defense Software Engineering**, pp. 16-19, June, 2006.
- FLYVBJERG, B., HOLM, M. S., BUHL, S. Underestimating Costs in Public Works Projects: *Error or Lie?*. **Journal of the American Planning Association**, v. 68, n. 3, pp. 279-295, 2002.
- FORTIN, J., ZIELINSKI, P., DUBOIS, D., FARGIER, H. Criticality analysis of activity networks under interval uncertainty. **Journal of Scheduling**, DOI 10.1007/s10951-010-0163-3, 2010.
- FRIMPONG, Y., OLUWOYE, J., CRAWFORD, L. Causes of delay and cost overruns in construction of groundwater projects in a developing countries; Ghana as a case study. **International Journal of Project Management**, v. 21, pp. 321–326, 2003.
- GHOSH, S., JINTANAPAKANONT, J. Identifying and assessing the critical risk factors in an underground rail project in Thailand: a factor analysis approach. **International Journal of Project Management**, v. 22, pp. 633–643, 2004.
- GIACOMETTI, R. A. **Análise do Earned Value como ferramenta de controle em programas aeronáuticos – estudo de caso na EMBRAER**. Dissertação de Mestrado: Departamento de Engenharia de Produção e Gestão, Universidade Federal de Itajubá, 96 p., 2007.
- GIACOMETTI, R. A., SILVA, C. E. S., SOUZA, H. J. C., MARINS, F. A. S., SILVA, E. R. S. Aplicação do earned value em projetos complexos – um estudo de caso na EMBRAER. **Gestão & Produção**, v. 14, n. 3, p. 595-607, 2007.
- GÖRÖG, M. A comprehensive model for planning and controlling contractor cash-flow. **International Journal of Project Management**, v. 27, pp. 481–492, 2009.
- GOWAN, J. A., MATHIEU, R. G., HEY, M. B. Earned value management in a data warehouse project. **Information Management & Computer Security**, v. 14, pp. 37-50, 2006.
- HAJJAR, D., ABOURIZK, S. M. Unified modeling methodology for construction simulation. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 128, n. 2, pp. 85-174, 2002.
- HAZIR, O., HAOUARI, M., EREL, E. Discrete time/cost trade-off problem: A decomposition-based solution algorithm for the budget version. **Computers & Operations research**, v. 37, pp. 649-655, 2010.

HENDERSON, K. Earned Schedule: A Breakthrough Extension to Earned Value Theory? A Retrospective Analysis of Real Project Data. **The Measurable News**, pp. 13- 23, Summer, 2003.

HENDERSON, K. Earned schedule in action. **The Measurable News**, Vol. 30, pp. 23–28, 2005.

HENDERSON, K., ZWIKAEL, O. Does Project Performance Stability Exist? A Re-examination of CPI and Evaluation of SPI(t) Stability. **CrossTalk - The Journal of Defense Software Engineering**, pp.7-13, April, 2008.

HERROELEN, W., LEUS, R. Project scheduling under uncertainty: Survey and research potentials. **European Journal of Operational Research**, v. 165, pp. 289–306, 2005.

HILLSON, D. *Combining earned value management and risk management to create synergy*. In: *Project Management Institute Global Congress*, 2004a, Anaheim, Estados Unidos. Disponível em: <http://www.risk-doctor.com>. Acesso em: 31/07/2009.

HILLSON, D. Extending the risk process to manage opportunities. **International Journal of Project Management**, v. 20, pp. 235–240, 2002.

HILLSON, D. Measuring changes in risk exposure. **The Measured**, v. 4, n.3, p.11-14, 2004b. Disponível em: <http://www.risk-doctor.com>. Acesso em: 31/07/2009.

HILLSON, D. Project risks – identifying causes, risks and effects. **PM Network**, September, p. 48-51, 2000. Disponível em: <http://www.risk-doctor.com>. Acesso em: 31/07/2009.

HILLSON, D. Gaining strategic advantage. **Strategic Risk**, June, 2003. Disponível em: <http://www.risk-doctor.com>. Acesso em: 31/07/2009.

HILLSON, D., HULETT, D. *Assessing Risk Probability : Alternative Approaches*. In: *PMI Global Congress Proceedings*. Prague, Czech Republic, 2004. Disponível em: <http://www.risk-doctor.com>. Acesso em: 31/07/2009.

ILES, P., HAYERS, P. K. Managing diversity in transnational project teams - A tentative model and case study. **Journal of Managerial Psychology**, v. 12, n. 2, pp. 95-117, 1997.

ISAAC, S., NAVON, R. Modeling building projects as a basis for change control. **Automation in Construction**, v. 18, pp. 656–664, 2009.

ISO/International Organization for Standardization. **Guide to the expression of uncertainty in measurement**. 1995.

JAAFARI, A. Management of risks, uncertainties and opportunities on projects: time for a fundamental shift. **International Journal of Project Management**, v. 19, pp. 89-101, 2001.

JAAFARI, A. Time and priority allocation scheduling technique for projects. **International Journal of Project Management**, v. 14, pp. 289-299, 1996.

JIGEESH, N., BHAT, M. S. Modeling and simulating the dynamics in project monitoring and Earned Value Analysis. **Journal of Advances in Management Research**, v. 3, pp. 26-43, 2006.

JØRGENSEN, M., ØSTVOLD, K. M. How large are software cost overruns? A review of the 1994 CHAOS report. **Information and Software Technology**, v. 48, pp. 297–301, 2006.

JØRGENSEN, T., WALLACE, S. W. Improving project cost estimation by taking into account managerial flexibility. **European Journal of Operational Research**, v. 127, pp.239-251, 2000.

- KE, H., LIU, B. Project scheduling problem with stochastic activity duration times. **Applied Mathematics and Computation**, v. 168, pp. 342–353, 2005.
- KEOGH, W., EVANS, G. Strategies for growth and the barriers faced by new technology-based SMEs. **Journal of Small and Enterprise Development**, v. 5, pp. 337-350, 1998.
- KERZNER, H. **Project management: A systems approach to planning, scheduling, and controlling**. Hoboken, New Jersey: John Wiley, 2006a.
- KERZNER, H. **Gestão de Projetos: As Melhores Práticas**. 2º ed. Porto Alegre, Bookman, 2006b.
- KIM, E. H., WELLS JR, W. G., DUFFEY, M. R. A model for effective implementation of Earned Value Management methodology. **International Journal of Project Management**, v. 21, pp. 375–382, 2003.
- KIM, G. H., AN, S. H., KANG, K. I. Comparison of construction cost estimating models based on regression analysis, neural networks, and case-based reasoning. **Building and Environment**, v. 39, pp. 1235 – 1242, 2004.
- KIM, G. H., YOON, J. E., AN, S. H., CHO, H. H., KANG, K. I. Neural network model incorporating a genetic algorithm in estimating construction costs. **Building and Environment**, v. 39, pp. 1333–1340, 2004.
- KLEIN, J. H., CORK, R. B. An approach to technical risk assessment. **International Journal of Project Management**, v. 16, pp. 345-351, 1998.
- KRANE, H. P., ROLSTADÅS, A., OLSSON, N. O. E. Categorizing Risks in Seven Large Projects—Which Risks Do the Projects Focus On? **Project Management Journal**, v. 41, n. 1, pp. 81–86, 2010.
- KUMAR, R. L. Managing risks in IT projects: an options perspective. **Information & Management**, v. 40, pp. 63–74, 2002.
- KURIHARA, K., NISHIUCHI, N. Efficient Monte Carlo simulation method of GERT-type network for project management. **Computers & Industrial Engineering**, v. 42, pp.521-53, 2002.
- KUTSCH, E. Thesis research report note - The effect of intervening conditions on the management of project risk. **International Journal of Managing Projects in Business**, v. 1, n. 4, pp. 602-610, 2008.
- KUTSCH, E., HALL, M. Deliberate ignorance in project risk management. **International Journal of Project Management**, v. 28, pp. 245–255, 2010.
- KWAK, Y. H., ANBARI, F. T. Analyzing project management research: Perspectives from top management journals. **International Journal of Project Management**, v. 27, pp. 435–446, 2009.
- KWAK, Y. H., SMITH, B. M. Managing risks in mega defense acquisition projects: Performance, policy, and opportunities. **International Journal of Project Management**, v. 27, pp. 812–820, 2009.
- KWAK, Y. H., WATSON, R. J. Conceptual estimating tool for technology-driven projects: exploring parametric estimating technique. **Technovation**, v. 25, n. 12, pp. 1430-1436, 2005.
- KWAK, Y. H., WATSON, R. J., ANBARI, F T. Comprehensive framework for estimating the deployment cost of integrated business transformation projects. **International Journal of Managing Projects in Business**. v. 1, n. 1, 2008.
- LAI, Y. T., WANG, W. C., WANG, H. H. AHP- and simulation-based budget determination procedure for public building construction projects. **Automation in Construction**, v. 17, pp. 623–632, 2008.

- LEE, S. H., PEÑA-MORA, F., PARK, M. Quality and Change Management Model for Large Scale Concurrent Design and Construction Projects. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 131, pp. 890-902, 2005.
- LI, H., CHAN, N., HUANG, T., GUO, H. L., LU, W., SKITMORE, M. Optimizing construction planning schedules by virtual prototyping enabled resource analysis. **Automation in Construction**, v. 18, pp. 912–918, 2009.
- LI, H., SHEN, Q. P., LOVE, P. E. D. Cost modelling of office buildings in Hong Kong: an exploratory study. **Facilities**, v. 23, n. 9/10, pp. 438-452, 2005.
- LI, J., MOSELHI, O., ALKASS, S. Internet-based database management system for project control. **Engineering, Construction and Architectural Management**, v. 13, pp. 242-253, 2006.
- LING, F. Y. Y., LOW, S. P., WANG, S. Q., LIM, H. H. Key project management practices affecting Singaporean firms' project performance in China. **International Journal of Project Management**, v. 27, pp. 59–71, 2009.
- LIPKE, W. Re-Examination of Project Outcome Prediction. . . . using Earned Value Management Methods. **The Measurable News**, pp. 14-20, Summer, 2005.
- LIPKE, W. Schedule Is Different. **The Measurable News**, pp. 31-34, March, 2003.
- LIPKE, W. Statistical Methods Applied to EVM: The Next Frontier. **CrossTalk – The Journal of Defense Software Engineering**, pp. 20-23, June, 2006.
- LIPKE, W., HENDERSON, K. Earned Schedule: An Emerging Enhancement to Earned Value Management. **CrossTalk – The Journal of Defense Software Engineering**, pp. 26-30, Nov., 2006.
- LIPKE, W., ZWIKAEEL, O., HENDERSON, K., ANBARI, F. Prediction of project outcome: The application of statistical methods to earned value management and earned schedule performance indexes. **International Journal of Project Management**, v. 27, pp. 400–407, 2009.
- LONGMAN, A., MULLINS, J. Project management: key tool for implementing strategy. **Journal of business strategy**. v. 25, n. 5, 2004.
- LOO, R. Training in project management: a powerful tool for improving individual and team performance. **Team performance management: an international journal**, v. 2, n. 3, 1996.
- LOWE, D. J., EMSLEY, M. W., HARDING, A. Relationships between total construction cost and project strategic, site related and building definition variables. **Journal of Financial Management of Property and Construction**, v. 11, pp. 165 - 180, 2006.
- LU, M., ABOURIZK, S. M. Simplified CPM/PERT simulation model. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 126, n. 3, pp. 26-219, 2000.
- LU, M., LAM, H. C., DAI, F. Resource-constrained critical path analysis based on discrete event simulation and particle swarm optimization. **Automation in Construction**, v. 17, pp. 670–681, 2008.
- LUU, V. T., KIM, S. Y., TUAN, N. V., OGUNLANA, S. O. Quantifying schedule risk in construction projects using Bayesian belief networks. **International Journal of Project Management**, v. 27, pp. 39–50, 2009.
- LYONS, T., SKITMORE, M. Project risk management in the Queensland engineering construction industry: a survey. **International Journal of Project Management**, v. 22, pp. 51–61, 2004.
- MAIO, C., SCHEXNAYDER, C., KNUTSON, K., WEBER, S. Probability distribution functions for construction simulation. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 126, n. 4, pp. 285–92, 2000.

- MAYTORENA, E., WINCH, G. M., FREEMAN, J., KIELY, T. The Influence of Experience and Information Search Styles on Project Risk Identification Performance. **IEEE Transactions on Engineering Management**, v. 54, n. 2, pp. 315-326, 2007.
- MANKINS, J. C. Technology readiness and risk assessments: A new approach. **Acta Astronautica**, v. 65, pp. 1208–1215, 2009.
- MARSHALL, R. A., RUIZ, P., BREDILLET, C. N. Earned value management insights using inferential statistics. **International Journal of Managing Projects in Business**, v. 1, pp. 288-294, 2008.
- MCCARTHY, R. Understanding project costs and building costs. **The bottom line: Managing Library finances**. v. 17, n. 1, pp. 6-9, 2004.
- MCGRATH, M., GILMORE, D. Achieving growth, competitive advantage and increased profits. **World Class Design to Manufacture**, v. 2, pp. 11–16, 1995.
- MCGREW, J. F., BILOTTA, J. G. The effectiveness of risk management: measuring what didn't happen. **Management Decision**, v. 38, n. 4, pp. 293-300, 2000.
- MCLAIN, D. Quantifying Project Characteristics Related to Uncertainty. **Project Management Journal**, v. 40, n. 4, pp. 60–73, 2009.
- MEEAMPOL, S., OGUNLANA, S. O. Factors affecting cost and time performance on highway construction projects: evidence from Thailand. **Journal of Financial Management of Property and Construction**, v. 11, n. 1, pp. 3-20, 2006.
- MEIER, S. R. Causal Inferences on the Cost Overruns and Schedule Delays of Large-Scale U.S. Federal Defense and Intelligence Acquisition Programs. **Project Management Journal**, v. 41, n. 1, pp. 28–39, 2009.
- MIAN, S. A. Assessing and managing the university technology business incubator: an integrative framework. **Journal of Business Venturing**, v. 12, pp. 251-285, 1997.
- MOBEY, A., PARKER, D. Risk evaluation and its importance to project implementation. **Work Study**, v. 51, n. 4, pp. 202-206, 2002.
- MOHAMED, A., CELIK, T. Knowledge based-system for alternative design, cost estimating and scheduling. **Knowledge-Based System**, v. 15, pp. 177-188, 2002.
- MOHANTY, R. P., TUNGARE, P. C. Understanding the status of Indian project management. **Journal of Advances in Management Research**. v. 4, n 2, pp. 49-62, 2007.
- MONTGOMERY, D. C., RUNGER, G. C. **Estatística aplicada e probabilidade para engenheiros**. 4ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009.
- MOON, S.W., KIM, J.S., KWON, K. N. Effectiveness of OLAP-based cost data management in construction cost estimate. **Automation in Construction**, v. 16, pp. 336–344, 2007.
- MORELLI, S. **Gestão de custos em projetos – Uma aplicação prática do uso do EVMS**. Dissertação de Mestrado Departamento de Engenharia Naval e Oceânica, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2007.
- MULHOLLAND, B., CHRISTIAN, J. Risk assessment in construction schedules. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 125, n. 1, pp. 8-15, 1999.
- NAVON, R. Automated project performance control of construction projects. **Automation in Construction**, v. 14, pp. 467– 476, 2005.

NUCCIO, S., SPATARO, C. A Monte Carlo method for the auto-evaluation of the uncertainties in the analog-to-digital conversion-based measurements. **COMPEL: The International Journal for Computation and Mathematics in Electrical and Electronic Engineering**, v. 23, pp. 148-158, 2004.

ODECK, J. Cost overruns in road construction—what are their sizes and determinants? **Transport Policy**, n. 11, pp. 43–53, 2004.

OJIAKO, U., JOHANSEN, E., GREENWOOD, D. A qualitative re-construction of project measurement criteria. **Industrial Management & Data Systems**, v. 108, n. 3, 2008.

OKE, S.A., CHARLES-OWABA, O.E. Application of fuzzy logic control model to Gantt charting preventive maintenance scheduling. **International Journal of Quality & Reliability Management**, v. 23, n. 4, 2006.

OKUWOGA, A. A. Cost-Time Performance of Public Sector Housing projects in Nigeria. **Habitat Intl**, v. 22, n. 4, pp. 389-395, 1998.

OLIVEIRA, R. C. F. **Gerenciamento de projetos e a aplicação da análise de valor agregado em grandes projetos**. Dissertação de Mestrado Departamento de Engenharia Naval e Oceânica, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2003.

ORWIG, R. A., BRENNAN, L. L. An integrated view of project and quality management for project-based organizations. **International Journal of Quality & Reliability Management**, v. 17, pp. 351-363, 2000.

OTHMAN, A. A., TORRANCE, J. V., HAMID, M. A. Factors influencing the construction time of civil engineering projects in Malaysia. **Engineering, Construction and Architectural Management**, v. 13, n. 5, pp. 481-501, 2006.

ÖZTAS, A., ÖKMEN, Ö. Judgmental risk analysis process development in construction projects. **Building and Environment**, v. 40, pp. 1244–1254, 2005.

PALLIYAGURU, R., AMARATUNGA, D. Managing disaster risks through quality infrastructure and vice versa. **Structural Survey**, v. 26, pp. 426-434, 2008.

PAPADOPOULOS, C. E., YEUNG, H. Uncertainty estimation and Monte Carlo simulation method. **Flow Measurement and Instrumentation**, v. 12, pp. 291–298, 2001.

PATÉ-CORNELL, E. Finding and Fixing Systems Weaknesses: Probabilistic Methods and Applications of Engineering Risk Analysis. **Risk Analysis**, v. 22, pp. 319-334, 2002.

PATTON, N., SHECHET, A. Earned Value Management: Are Expectations Too High? **CrossTalk - The Journal of Defense Software Engineering**, pp. 10-15, January, 2007.

PEETERS, W., MADAUSS, B. A proposed strategy against cost overruns in the space sector: The 5C approach. **Space Policy**, v. 24, pp. 80–89, 2008.

PENNOCK, M. J., HAIMES, Y. Y. Principles and Guidelines for Project Management. **Systems Engineering, Wiley Periodicals, Inc.**, v.5, n. 2, 2002.

PERMINOVA, O., GUSTAFSSON, M., WIKSTRÖM, K. Defining uncertainty in projects – a new perspective. **International Journal of Project Management**, v. 26, pp. 73–79, 2008.

PEWDUM, W., RUJIRAYANYONG, T., SOOKSATRA, V. Forecasting final budget and duration of highway construction projects. **Engineering, Construction and Architectural Management**, v. 16, pp. 544-557, 2009.

PICKEN, D. H., MAK, S. Risk analysis in cost planning and its effect on efficiency in capital cost budgeting. **Logistics information management**. v. 14, n. 5/6, pp. 318-327, 2001.

PICH, M. T., LOCH, C. H., DE MEYER, A. On Uncertainty, Ambiguity, and Complexity in Project Management. **Management Science**, v. 48, n. 8, pp. 1008–1023, 2002.

PINTO, J. K., PRESCOTT, J. E. Variations in Critical Success Factors Over the Stages in the Project Life Cycle. **Journal of Management**, v. 14, n. 1, 5-18, 1988.

PLAZA, M., TURETKEN, O. A model-based DSS for integrating the impact of learning in project control. **Decision Support Systems**, v. 47, pp. 488–499, 2009.

PMI. *A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide)*. 3 ed. Newton Square: Project Management Institute, 2004.

PMI. **Practice Standard for Earned Value Management - Exposure Working Draft**. Standard: Project Management Institute, 2005.

RABY, M. Project management via earned value. **Work Study**, v. 49, n. 1, pp. 6-9, 2000.

RAZ, T., MICHAEL, E. Use and benefits of tools for project risk management. **International Journal of Project Management**, v. 19, pp. 9-17, 2001.

RAZ, T., SHENHAR, A. J., DVIR, D. Risk management, Project success, and technological uncertainty. **R&D Management**, v. 32, n. 2, 2002.

REICHEL, K., LYNEIS, J. The Dynamics of Project Performance: Benchmarking the Drivers of Cost and Schedule Overrun. **European Management Journal**, v. 17, n. 2, 1999.

REMER, D. S., BUCHANAN, H. R. Estimating the cost for doing a cost estimate. **International Journal of Production Economics**, v. 66, pp. 101-104, 2000.

REZAIE, K., AMALNIK, M.S., GEREIE, A., OSTADI, B., SHAKHSENIAEE, M. Using extended Monte Carlo simulation method for the improvement of risk management: Consideration of relationships between uncertainties. **Applied Mathematics and Computation**, v. 190, pp. 1492–1501, 2007.

RUNGI, M. Success rate and resource consumption from project interdependencies. **Industrial Management & Data Systems**, v. 110, pp. 93-110, 2010.

SÁNCHEZ, M. C., MAHAN, J.R. Predicting uncertainty and confidence intervals in thermal radiative modeling using the Monte Carlo ray-trace method. **International Journal of Numerical Methods for Heat & Fluid Flow**, v. 20, pp. 66-83, 2010.

SANCHEZ, H., ROBERT, B., BOURGAULT, M., PELLERIN, R. Risk management applied to projects, programs, and portfolios. **International Journal of Managing Projects in Business**, v. 2, n. 1, 2009.

SANDERSON, J., COX, A. The challenges of supply strategy selection in a project environment: evidence from UK naval shipbuilding. **Supply Chain Management: An International Journal**. v. 13, n.1, pp. 16–25, 2008.

SCHATTEMAN, D., HERROELEN, W., VAN DE VONDER, S., BOONE, A. Methodology for Integrated Risk Management and Proactive Scheduling of Construction Projects. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 134, pp. 885-893, 2008.

SCHUYLER, J. R. **Risk and decision analysis in projects**. 2 ed. Newtown Square: PMI, 2001. 259 p.

SENIOR, B. A., HALPIN, D. W. Simplified simulation system for construction projects. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 124, n. 1, pp. 72–81, 1998.

- SAWHNEY, A., ABOURIZK, S. M. HSM Simulation-based planning method for construction projects. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 121, n. 3, pp. 297–303, 1995.
- SHEPPERD, M., SCHOFIELD, C. Estimating Software Project Effort Using Analogies. **IEEE Transactions On Software Engineering**, v. 23, n. 12, pp. 736-743, 1997.
- SHI, J. J., CHEUNG, S. O., ARDITI, D. Construction delay computation method. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 127, n. 1, pp. 60–65, 2001.
- SKAMRIS, M. K., FLYVBJERG, B. Inaccuracy of traffic forecasts and cost estimates on large transport projects. **Transport Policy**, v. 4, n. 3, pp. 141-146, 1997.
- SKITMORE, R. M., NG, S. T. Forecast models for actual construction time and cost. **Building and Environment**, v. 38, pp. 1075 – 1083, 2003.
- SÖDERLUND, J. Building theories of project management: past research, questions for the future. **International Journal of Project Management**, v. 22, pp. 183–191, 2004.
- SOLOMON, P. J. Performance-Based Earned Value. **CrossTalk - The Journal of Defense Software Engineering**, pp. 22-26, August, 2005.
- SOLOMON, P. J. Practical Performance-Based Earned Value. **CrossTalk - The Journal of Defense Software Engineering**, pp. 20-24, May, 2006.
- STAMELOS, I., ANGELIS, L. Managing uncertainty in project portfolio cost estimation. **Information and Software Technology**, v. 43, pp. 759-768, 2001.
- SUN, M., MENG, X. Taxonomy for change causes and effects in construction projects. **International Journal of Project Management**, v. 27, pp. 560–572, 2009.
- TAM, C. M., ZENG, S. X., DENG, Z. M. Identifying elements of poor construction safety management in China. **Safety Science**, v. 42, pp. 569–586, 2004.
- TOLEDO, J. C., SILVA, S. L., MENDES, G. H. S., JUGEND, D. Fatores críticos de sucesso no gerenciamento de projetos de desenvolvimento de produto em empresas de base tecnológica de pequeno e médio porte. **Gestão e Produção**, v. 15, p. 117-134, 2008.
- ULUSOY, U. Application of ANOVA to image analysis results of talc particles produced by different milling. **Powder Technology**, v. 188, pp. 133-138, 2008.
- VANDEVOORDE, S., VANHOUCKE, M. A comparison of different project duration forecasting methods using earned value metrics. **International Journal of Project Management**, v. 24, pp. 289–302, 2006.
- VANHOUCKE, M., DEBELS, D. The discrete time/cost trade-off problem: extensions and heuristic procedures. **Journal of Scheduling**, v. 10, pp. 311–326, 2007.
- VERTENTEN, M., PRETORIUS, L., PRETORIUS, J.H.C. *Earned Value as a performance measurement tool for small and large construction projects in a South African environment*. In: *IEEE AFRICON' 09 Conference*. Nairobi, Kenya: IEEE, 2009.
- VIDAL, L. A., MARLE, F. Understanding project complexity: implications on project management. **Kybernetes**, v. 37, n. 8, pp. 1094-1110, 2008.
- VITNER, G., ROZENES, S., SPRAGGETT, S. Using data envelope analysis to compare project efficiency in a multi-project environment. **International Journal of Project Management**, v. 24, pp. 323–329, 2006.

VOJINOVIC, Z., KECMAN, V. Modelling empirical data to support project cost estimating: neural networks versus traditional methods. **Construction Innovation**, v. 1, pp. 227–243, 2001.

VONDER, S. V., DEMEULEMEESTER, E., HERROELEN, W. A classification of predictive-reactive project scheduling procedures. **Journal of Scheduling**, v. 10, pp. 195–207, 2007.

XU, L. Business incubation in China - Effectiveness and perceived contributions to tenant enterprises. **Management Research Review**, v. 33, pp. 90-99, 2010.

WARD, S., CHAPMAN, C. Transforming project risk management into project uncertainty management. **International Journal of Project Management**, v. 21, pp. 97–105, 2003.

WHITE, D., FORTUNE, J. Current practice in project management – an empirical study. **International Journal of Project Management**, v. 20, pp. 1-11, 2002.

WICKRAMATILLAKE, C. D., KOH, S.C. L., GUNASEKARAN, A., ARUNACHALAM, S. Measuring performance within the supply chain of a large scale project. **Supply Chain Management: An International Journal**, v. 12, n. 1, pp. 52–59, 2007.

WOOD, G. D., ELLIS, R. C. T. Risk management practices of leading UK cost consultants. **Engineering, Construction and Architectural Management**, v. 10, n. 4, pp. 254-262, 2003.

YANG, H. H., CHEN, Y. L. Finding the critical path in an activity network with time-switch constraints. **European Journal of Operational Research**, v. 120, pp. 603-613, 2000.

YASIN, M. M., CZUCHRY, A. J., ALAVI, J. Research Note: Project Management Practices: Then and Now. **Thunderbird International Business Review**, v. 44, n. 2, pp. 253–262, 2002.

YOUSEF, D. A. Operations research/management science in the United Arab Emirates: Current status and future diffusion and challenge. **Education, Business and Society: Contemporary Middle Eastern Issues**, v. 1, pp. 255-266, 2008.

ZAFRA-CABEZA, A., RIDAO, M. A., CAMACHO, E. F. Using a risk-based approach to project scheduling: A case illustration from semiconductor manufacturing. **European Journal of Operational Research**, v. 190, pp. 708–723, 2008.

ZAMMORI, F. A., BRAGLIA, M., FROSOLINI, M. A fuzzy multi-criteria approach for critical path definition. **International Journal of Project Management**, v. 27, pp. 278–291, 2009.

ZAYED, T., AMER, M., PAN, J. Assessing risk and uncertainty inherent in Chinese highway projects using AHP. **International Journal of Project Management**, v. 26, pp. 408–419, 2008.

ZHANG, H. A redefinition of the project risk process: Using vulnerability to open up the event-consequence link. **International Journal of Project Management**, v. 25, pp. 694–701, 2007.

ZHU, G., BARD, J. F., YU, G. A two-stage stochastic programming approach for project planning with uncertain activity durations. **Journal of Scheduling**, v. 10, pp. 167–180, 2007.

ZOU, P. X. W., ZHANG, G., WANG, J. Understanding the key risks in construction projects in China. **International Journal of Project Management**, v. 25, pp. 601–614, 2007.

ZUO, K., POTANGAROA, R., WILKINSON, S., ROTIMI, J. O. B. A project management perspective in achieving a sustainable supply chain for timber procurement in Banda Aceh, Indonesia. **International Journal of Managing Projects in Business**, v. 2, n. 3, 2009.