

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

Helena Pinto Vilela

**Sistemática para incorporação da incerteza nos indicadores de
previsão utilizados pelo *Earned Value Management***

**Dissertação submetida ao Programa de Pós-
Graduação em Engenharia de Produção como parte
dos requisitos para obtenção do Título de Mestre
em Ciências em Engenharia de Produção**

Área de concentração: Engenharia de Produção

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

Junho de 2013

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Mauá –
Bibliotecária Margareth Ribeiro- CRB_6/1700

V699s

Vilela, Helena Pinto

Sistemática para incorporação da incerteza nos indicadores de
previsão utilizados pelo *Eamed Value Management* / Helena Pinto
Vilela. -- Itajubá, (MG) : [s.n.], 2013.

127 p. : il.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches da Silva.
Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Itajubá.

1. Gerenciamento de projetos. 2. *Eamed Value Management*. 3.
Incertezas. 4. Previsão. I. Silva, Carlos Eduardo Sanches da, orient.
II. Universidade Federal de Itajubá. III. Título.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

Helena Pinto Vilela

**Sistemática para incorporação da incerteza nos indicadores de
previsão utilizados pelo *Earned Value Management***

Dissertação aprovada por banca examinadora em 24 de abril de
2013, conferindo ao autor o título de *Mestre em Ciências em*
Engenharia de Produção.

Banca Examinadora:

Prof. Carlos Eduardo Sanches da Silva, Dr.

Prof. Carlos Henrique Pereira Mello, Dr.

Prof. Antônio Cleber Gonçalves Tibiriça, Dr.

Itajubá

2013

DEDICATÓRIA

Dedico esta dissertação ao meu pai, Licínio, e à minha mãe, Helenice, por todo apoio, incentivo e confiança em todos os momentos da minha vida. E ao Rafael, por sempre me motivar e por toda sua paciência e compreensão. Graças a vocês este trabalho se tornou possível.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais Licínio e Helenice por todos os ensinamentos, apoio e incentivo.

Obrigada pelo carinho, confiança e dedicação a mim em toda minha vida.

Ao Rafael pela paciência, compreensão, cuidado e parceria em todos os momentos.

A toda minha família pelos exemplos dados e por sempre me motivar. Aos meus amigos por me ouvirem e me apoiarem nas horas difíceis e por me alegrarem nos momentos de descontração.

Ao orientador Carlos Eduardo Sanches da Silva pela confiança depositada em mim e por sempre me incentivar a cumprir meus objetivos. Obrigada pelos conselhos e orientações, eles foram fundamentais para a realização deste trabalho.

Aos demais professores do programa de pós-graduação da UNIFEI pelos ensinamentos e pelos esclarecimentos que contribuíram para minha formação e para o desenvolvimento da pesquisa.

Aos colegas do mestrado pelos momentos compartilhados e pelas trocas de informações.

À empresa objeto de estudo por disponibilizar as informações e a seus funcionários pela disponibilidade e atenção, essenciais para que a pesquisa se concretizasse.

À CAPES e à FAPEMIG pelo apoio financeiro.

“Os guerreiros vitoriosos vencem antes de ir à guerra, ao passo que os derrotados vão à guerra e só então procuram a vitória”

(Sun Tzu)

RESUMO

O gerenciamento de projetos tem sido uma das técnicas de gestão mais utilizadas para auxiliar as empresas a satisfazer as necessidades dos clientes e conquistar espaço no mercado. Entretanto, devido à presença de riscos e incertezas nas atividades do projeto, é comum que o projeto falhe ao cumprir suas metas de custos e prazos, impactando de forma negativa seu resultado final. As ferramentas de monitoramento e previsão tem se tornado cada vez mais relevantes, pois auxiliam os gestores na tomada de decisão e na implementação de ações corretivas capazes de aumentar as chances de sucesso dos resultados do projeto. A adoção do *Earned Value Management* tem crescido nos últimos anos com o intuito de auxiliar os gestores durante as fases de monitoramento, controle e previsão dos custos e prazos dos projetos. Diante disso, esta pesquisa tem como objetivo propor e analisar a incorporação da incerteza no cálculo dos indicadores de previsão do *Earned Value Management*, a fim de que a ferramenta apresente resultados mais precisos. A sistemática proposta foi validada por meio do método pesquisa-ação em um projeto de construção civil. Os custos e prazos de cada atividade do projeto unidade de análise foram estimados por um especialista. A incerteza foi incorporada por meio da criação de cenários (pessimista, mais provável e otimista) e também foram consideradas as relações de dependência entre as atividades, determinando-se a correlação entre elas. O *Earned Value* e demais indicadores foram calculados por meio da Simulação de Monte Carlo utilizando o software *@Risk* (versão 5.5). Os resultados encontrados pela sistemática apresentaram indicadores na forma de uma média e um desvio padrão, ao invés de um valor determinístico. As análises dos resultados indicaram que a sistemática proposta pode auxiliar os gerentes de projetos durante os processos de monitoramento e de tomada de decisão, contribuindo para o cumprimento das metas de custos e prazos do projeto. Espera-se, portanto, que este trabalho auxilie na utilização do *Earned Value Management*, incentivando à aplicação do método e contribuindo para o treinamento das equipes de gerenciamento de projetos durante sua implementação.

Palavras-chave: Gerenciamento de projetos; *Earned Value Management*; Incertezas; Previsão; Simulação de Monte Carlo.

ABSTRACT

Project management has been one of the most widely management techniques used to help companies to meet customers' needs and increase market share. However, due to risks and uncertainties in project activities, projects generally have difficulties to meet its costs and schedules goals, that damage projects's outcomes. Tools for monitoring and forecasting has become increasingly important, as they help managers in decision making and implementation of corrective actions, that increase the chances of success of project's results. The adoption of Earned Value Management has grown in recent years in order to assist managers during periods of monitoring and forecasting costs and schedules. Therefore, this research aims to incorporate the uncertainty in forecasting and monitoring indicators used by Earned Value Management, so that the tool presents more accurate results. The method proposed was validated through action research method in a construction project. Costs and time for each project activity were estimated by an expert. The uncertainty was incorporated by creating scenarios (pessimistic, more likely and optimistic) and the dependency relationships between activities were also considered, determining the correlation between them. The Earned Value and other indicators were calculated using the Monte Carlo Simulation through the software @Risk (version 5.5). The results and indicators are shown in the form of a mean and a standard deviation, rather than a deterministic value. Analysis of the results indicated that the method proposed may assist project managers in monitoring processes and decision-making, contributing to costs and schedules goals. It is expected that this research assists in the use of Earned Value Management, encouraging the application of the method and contributing to project management teams training during its implementation. Key-words: Project management; Earned Value Management; Uncertainty; Forecasting; Monte Carlo Simulation.

Lista de figuras

Figura 2.1 - Fases de um projeto	21
Figura 2.2 - <i>S-Curve</i> utilizada para cálculo do <i>Earned Schedule</i> (ES).....	36
Figura 2.3 - Quantidade de trabalhos encontrados nas bases de dados por ano	38
Figura 2.4 - Quantidade de trabalhos relacionados com a pesquisa.....	38
Figura 2.5 - Quantidade de artigos encontrados nas principais revistas sobre Gestão de Projetos	43
Figura 2.6 - Comparação entre as revistas <i>International Journal of Project Management</i> e <i>Project Management Journal</i>	44
Figura 3.1 - Ciclo de pesquisa-ação	65
Figura 3.2 - Sequenciamento dos Ciclos de pesquisa-ação	65
Figura 3.3 - Gráfico com os dados de PV, EV e AC no 1º ciclo de pesquisa-ação	70
Figura 3.4 - Gráfico matricial dos dados de CPI e SPI no 1º ciclo de pesquisa-ação.....	71
Figura 3.5 - Dados amostrais de previsão de custos no 1º ciclo de pesquisa-ação	72
Figura 3.6 - Dados amostrais de previsão de prazos no 1º ciclo de pesquisa-ação.....	73
Figura 3.7 - Gráfico com os dados de PV, EV e AC no 2º ciclo de pesquisa-ação	75
Figura 3.8 - Gráfico matricial dos dados de CPI e SPI no 2º ciclo de pesquisa-ação.....	76
Figura 3.9 - Dados amostrais de previsão de custos no 2º ciclo de pesquisa-ação	77
Figura 3.10 - Dados amostrais de previsão de prazos no 2º ciclo de pesquisa-ação.....	78
Figura 3.11 - Gráfico com os dados de PV, EV e AC no 3º ciclo de pesquisa-ação	80
Figura 3.12 - Gráfico matricial dos dados de CPI e SPI no 3º ciclo de pesquisa-ação.....	80
Figura 3.13 - Dados amostrais de previsão de custos no 3º ciclo de pesquisa-ação	81
Figura 3.14 - Dados amostrais de previsão de prazos no 3º ciclo de pesquisa-ação.....	82

Lista de quadros

Quadro 2.1 - Comparação entre o <i>Earned Value</i> (EV) e o <i>Earned Schedule</i> (ES)	36
Quadro 2.2 - Principais revistas internacionais que abordam o tema Gestão de Projetos.....	37
Quadro 2.3 - Resumo dos trabalhos relacionados com o tema da pesquisa	40
Quadro 3.1 - Propósitos e detalhamento dos ciclos de pesquisa-ação.....	65

Lista de tabelas

Tabela 1.1 - Grau de utilização do EVM nas empresas entre 2006 e 2010.....	15
Tabela 2.1 - Principais fontes dos trabalhos relacionados com essa pesquisa	39
Tabela 2.2 - Objetos de estudo dos trabalhos relacionados com a pesquisa	39
Tabela 2.3 - Formas de utilização do EVM nos trabalhos relacionados com a pesquisa.....	42
Tabela 2.4 - Quantidade de trabalhos publicados na revista <i>International Journal of Project Management</i>	43
Tabela 2.5 - Quantidade de trabalhos publicados na revista <i>Project Management Journal</i>	44
Tabela 3.1 - Propósitos e detalhamento dos ciclos de pesquisa-ação.....	66
Tabela 3.2 - Resultados do indicador de previsão de custo no 1º ciclo de pesquisa-ação	72
Tabela 3.3 - Resultados do indicador de previsão de prazo no 1º ciclo de pesquisa-ação.....	73
Tabela 3.4 - Resultados do indicador de previsão de custo no 2º ciclo de pesquisa-ação	77
Tabela 3.5 - Resultados do indicador de previsão de prazo no 2º ciclo de pesquisa-ação.....	78
Tabela 3.6 - Resultados do indicador de previsão de custo no 3º ciclo de pesquisa-ação	81
Tabela 3.7 - Resultados do indicador de previsão de prazo no 3º ciclo de pesquisa-ação.....	83

Lista de abreviaturas e siglas

AC	<i>Actual Cost</i>
ACWP	<i>Actual Cost of Work Performed</i>
AT	<i>Actual Time</i>
BaC	<i>Budget at Completion</i>
BCWP	<i>Budget Cost of Work Performed</i>
BCWS	<i>Budget Cost of Work Scheduled</i>
C/SCSC	<i>Cost/Schedule Control System Criteria</i>
CNPq	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
CPI	<i>Cost Performance Index</i>
CPM	<i>Critical Path Method</i>
CR	<i>Critical Ratio</i>
CV	<i>Cost Variance</i>
EaC	<i>Estimate at Completion</i>
ES	<i>Earned Schedule</i>
ETC	<i>Estimate to Complete</i>
EV	<i>Earned Value</i>
EVM	<i>Earned Value Management</i>
EVPM	<i>Earned Value Project Management</i>
IEaC(t)	<i>Estimate at Completion (time)</i>
NASA	<i>National Aeronautics and Space Administration</i>
PAC	Programa de Aceleração do Crescimento
PD	<i>Planned Duration</i>
PMBok	<i>Project Management Body of Knowledge</i>
PMI	<i>Project Management Institute</i>
PV	<i>Planned Value</i>
SMC	Simulação de Monte Carlo
SPI	<i>Schedule Performance Index</i>
SPI(t)	<i>Schedule Performance Index (time)</i>
SRA	<i>Schedule Risk Analysis</i>
SV	<i>Schedule Variance</i>
SV(t)	<i>Schedule Variance (time)</i>

WBS

Work Breakdown Structure

SUMÁRIO

Capítulo 1 - Introdução.....	13
1.1 Considerações iniciais.....	13
1.2 Justificativa	15
1.3 Objetivos.....	17
1.4 Classificação da pesquisa.....	17
1.5 Limitações.....	18
1.6 Estrutura do trabalho.....	18
Capítulo 2 - Funamentação Teórica.....	20
2.1 Considerações iniciais.....	20
2.2 Gerenciamento de projetos	20
2.2.1 Processos do gerenciamento de projetos	21
2.2.2 Áreas de conhecimento do gerenciamento de projetos	25
2.3 Definição e implementação do <i>Earned Value Management</i>	27
2.4 Indicadores do <i>Earned Value Management</i>	29
2.4.1 Indicadores de análise de desempenho.....	30
2.4.2 Indicadores de previsão	32
2.5 <i>Earned Schedule</i>	34
2.6 Pesquisas sobre <i>Earned Value Management</i>	37
2.7 Controle: Risco e Incerteza.....	44
2.7.1 Tipos de incerteza.....	47
2.7.2 Incertezas em custos.....	48
2.7.3 Incertezas em prazos	49
2.8 Simulação pelo Método de Monte Carlo	51
2.9 Trabalhos relacionados	54
2.10 Sistemática Proposta	57
Capítulo 3 - Pesquisa-ação.....	63
3.1 Considerações iniciais.....	63
3.2 Ciclos de pesquisa-ação	66
3.3 Contexto e propósito	67
3.4 Objeto de estudo e unidade de análise	68
3.5 Primeiro ciclo de pesquisa-ação	70
3.5.1 S-Curve.....	70

3.5.2 Resultado dos indicadores de análise de desempenho do projeto.....	71
3.5.3 Resultado do indicador de previsão de custo do projeto.....	71
3.5.4 Resultado do indicador de previsão de prazo do projeto	73
3.5.5 Análise do projeto	74
3.6 Segundo ciclo de pesquisa-ação	75
3.6.1 <i>S-Curve</i>	75
3.6.2 Resultado dos indicadores de análise de desempenho do projeto.....	76
3.6.3 Resultado do indicador de previsão de custo do projeto.....	76
3.6.4 Resultado do indicador de previsão de prazo do projeto	78
3.6.5 Análise do projeto	78
3.7 Terceiro ciclo de pesquisa-ação	79
3.7.1 <i>S-Curve</i>	80
3.7.2 Resultado dos indicadores de análise de desempenho do projeto.....	80
3.7.3 Resultado do indicador de previsão de custo do projeto.....	81
3.7.4 Resultado do indicador de previsão de prazo do projeto	82
3.7.5 Análise do projeto	83
3.8 Encerramento do projeto.....	83
Capítulo 4 - Avaliação geral do projeto.....	85
4.1 Considerações iniciais.....	85
4.2 Avaliação do gerente do projeto	85
4.3 Avaliação do pesquisador	88
4.3.1 Realização da pesquisa.....	88
4.3.2 Avaliação do projeto	89
4.3.3 Ferramenta proposta.....	89
Capítulo 5 - Análise dos resultados	91
5.1 Considerações iniciais.....	91
5.2 Análise dos resultados	91
Capítulo 6 - Conclusões.....	96
6.1 Sistemática proposta	96
6.2 Recomendações à empresa objeto de estudo	99
6.3 Recomendações para trabalhos futuros.....	101
APÊNDICE A – Protocolo de pesquisa	102
APÊNDICE B – Cronograma do projeto	103
APÊNDICE C – Custos estimados do projeto	105

APÊNDICE D – Percentual estimado e realizado das atividades do projeto	108
APÊNDICE E – <i>Earned Value</i> das atividades do projeto	110
APÊNDICE F – Custos reais do projeto	112
APÊNDICE G – Matriz de correlação	114
Referências	115
ANEXO A – Fotos da execução do projeto	122

Capítulo 1 - Introdução

1.1 Considerações iniciais

Cada vez mais as empresas necessitam de técnicas de gerenciamento eficientes que as auxiliem a conduzir projetos complexos, conquistar espaço no mercado e satisfazer as necessidades dos clientes. Diante deste contexto, o gerenciamento de projetos e suas ferramentas são a forma mais completa e moderna de suprir tal demanda das empresas (OLIVEIRA, 2003; VARGAS, 2004 e KERZNER, 2006). Para Zwikael e Sadeh (2007), o gerenciamento de projetos é uma das áreas de conhecimento em crescimento.

De acordo com Kwak e Anbari (2009), importantes esforços tem existido entre pesquisadores para identificar e repensar sobre o tema gestão de projetos. Além disso, existem diversos estudos com o objetivo de identificar as tendências sobre as publicações e as pesquisas sobre o assunto.

Kloppenborg e Opfer (2002) pesquisaram a incidência do termo Gestão de Projetos em artigos, periódicos, dissertações e pesquisas do governo a partir de 1960. A conclusão dessa pesquisa foi a de que a ênfase em gestão de projetos passou do desenvolvimento e uso de softwares e ferramentas para a gestão de riscos e *Earned Value Management* (EVM) e, depois, para aspectos humanos da gestão. Os autores também concluíram que a gestão de projetos ainda possui inúmeras oportunidades para pesquisa.

Crawford, Pollack e England (2006) identificaram as tendências e o foco da pesquisa em gestão de projetos analisando artigos de dois periódicos, o *International Journal of Project Management* e o *Project Management Journal*, entre o período de 1994 e 2003. Tal trabalho identificou a redução de pesquisas sobre assuntos interpessoais e de gestão da qualidade em projetos e um aumento do enfoque em assuntos como avaliação, otimização e alinhamento estratégico de projetos.

Já o trabalho de Kwak e Anbari (2009) consistiu na análise de 50 anos de pesquisa, de 1950 a 2007, em 18 periódicos divididos em oito disciplinas, sendo uma delas gestão de desempenho/EVM. A conclusão do trabalho foi de que a gestão de desempenho/EVM é uma das quatro disciplinas que apresentam maior crescimento de ocorrência em publicações, representando uma das áreas de maior foco de interesse e potencial para pesquisas futuras.

Segundo Bower e Finegan (2009) e Vanhoucke (2011), o EVM tem se tornado uma teoria comum para a avaliação do desempenho e progresso dos projetos. Porém, sua utilização ainda não é comum e fica restrita a apenas algumas organizações. Portanto, existe a oportunidade

para pesquisadores de aprimorar a prática desta metodologia e colaborar com sua aplicação e aceitação.

Devido ao aumento da competitividade global e o rápido desenvolvimento de novas tecnologias, muitas empresas tem prestado atenção em técnicas e ferramentas que as auxiliem no gerenciamento de seus projetos (KIM, WELLS e DUFFEY, 2003). Muito tem sido publicado em relação à sensibilidade das atividades durante a fase de elaboração do cronograma, bem como em relação às medições de desempenho durante a fase de execução do projeto. O interesse tanto da análise de sensibilidade das atividades quanto das medições de desempenho é orientar os gerentes a manter o foco nas atividades que mais influenciam no resultado final do projeto. Pois, quanto maior o conhecimento do gerente nesses pontos, mais precisa será sua resposta durante o monitoramento do projeto, o que contribuirá positivamente no desempenho do projeto como um todo (VANHOUCKE, 2011). Segundo Pajares e López-Paredes (2011), por quantificar e destacar os desvios relacionados ao planejamento, o EVM auxilia os gerentes de projetos a manter o foco nas atividades que necessitam de maior atenção e descrever as previsões e as tendências sobre o futuro do projeto.

Kwak e Anbari (2009) exploraram a história, a prática e o futuro do EVM no governo americano, na *National Aeronautics and Space Administration* (NASA). A pesquisa afirma que o EVM continuará a crescer à medida que suas deficiências forem conhecidas, corrigidas e se tornarem oportunidades de melhoria. No mais, os benefícios do EVM, comparados ao seu uso limitado pelas empresas, chama a atenção dos gerentes de projetos para a importância de se utilizar tal ferramenta, ou parte dela, para melhorar o controle e o monitoramento dos projetos.

A ferramenta EVM é utilizada mundialmente em diferentes projetos de diversos tipos e tamanhos. A Austrália utiliza o EVM para realizar pagamentos, Estados Unidos, Suécia e Inglaterra utilizam em projetos de defesa e o Japão em projetos de construção. Estes países foram pioneiros na utilização da ferramenta e incentivaram os demais países a implementá-la principalmente em seus projetos de defesa e de construção (SHOKRI-GHASABEH e AKRAMI, 2009).

Uma pesquisa realizada por Kim, Wells e Duffey (2003) aponta que a aceitação do EVM tem crescido entre os gerentes de projetos. 82% dos gerentes de projetos que tem utilizado a ferramenta a aceitam como instrumento de monitoramento e controle de projetos. A pesquisa também aponta que esta aceitação é comum tanto no setor privado quanto no público, o que sugere que o EVM não é mais uma ferramenta exclusiva de projetos grandes do setor público.

No Brasil, um estudo de *benchmarking* em gerenciamento de projetos realizado pelo *Project Management Institute* (PMI) entre 2006 e 2010, identificou que o EVM, embora ainda não seja muito utilizado pelos profissionais, tem sido cada vez mais reconhecido entre as empresas, conforme apresentado na Tabela 1.1. É possível observar também que as empresas reconhecem o EVM como ferramenta de gestão de projetos, porém, não o utilizam.

Tabela 1.1 - Grau de utilização do EVM nas empresas entre 2006 e 2010

Grau de utilização do EVM	Ano				
	2006	2007	2008	2009	2010
Não, e não pretende utilizar.	31	31	60	66	87
	17%	17%	16%	22%	19%
Não, mas pretende utilizar.	92	98	190	135	212
	50%	53%	51%	45%	47%
Sim, mas não é utilizado.	31	33	56	60	101
	17%	18%	15%	20%	22%
Sim, e é utilizado.	29	22	67	39	55
	16%	12%	18%	13%	12%
Total de empresas pesquisadas	183	184	373	300	455

O trabalho de Turner, Ledwith e Kelly (2009) afirma que o uso de ferramentas muito sofisticadas, como o EVM, é pequeno independente do porte da organização. Tais autores sugerem, ainda, que o uso do EVM é limitado por sua aplicação ser bastante burocrática. Já a pesquisa de Kim (2000) afirma que as principais razões para essa baixa utilização se devem ao fato de que o EVM não é necessário em projetos pequenos e que a sua aplicação é difícil e trabalhosa. No entanto, fatores como ferramentas computacionais, treinamento dos profissionais, metodologia, ambiente do projeto e processo de implementação são características que podem melhorar a aceitação do EVM nas empresas.

No mais, uma pesquisa feita em março de 2012 entre os cadastrados na Plataforma Lattes, base de dados de currículos, instituições e grupos de pesquisa das áreas de Ciência e Tecnologia, constatou que existem poucos pesquisadores brasileiros envolvidos em pesquisas que abordam o termo EVM. Foram identificados 42 pesquisadores, sendo destes, 19 Doutores, dos quais 3 são bolsistas de produtividade do CNPq.

Acredita-se, portanto, que implementar o EVM como ferramenta de controle é vantajoso e melhora o desempenho de custos e prazos dos projetos, porém, as pesquisas sobre o tema ainda são limitadas (NAENI, SHADROKH e SALEHIPOUR, 2011).

1.2 Justificativa

Para Atkinson, Crawford e Ward (2006), são diversas as fontes de incertezas em projetos e estas tem um efeito fundamental sobre os projetos. Além disso, riscos e incertezas podem

impactar significativamente nas falhas de cronograma e orçamento dos projetos (ZWIKAEL e SADEH, 2007). Por isso, o gerenciamento das incertezas é essencial para o sucesso do gerenciamento de projetos (ATKINSON, CRAWFORD e WARD, 2006).

O gerenciamento de riscos é um dos processos mais importantes do gerenciamento de projetos e diversas ferramentas estão disponíveis para auxiliar tal processo (RAZ e MICHAEL, 2001).

O ambiente dinâmico e complexo dos projetos contribui para o aparecimento de incertezas e ressaltam a importância de um planejamento eficiente. Por isso, desde 1960, muitas ferramentas de gerenciamento de riscos tem sido criadas para auxiliar os gerentes de projetos (BRUNI *et al.*, 2011).

Pajares e López-Paredes (2011) afirmam que incertezas são comuns nas atividades dos projetos. No EVM, os indicadores de desempenho informam aos gerentes de projetos sobre os custos extras e atrasos nos projetos, porém, não informam se estas variações estão dentro dos limites esperados. Além disso, o EVM não fornece informações apenas sobre o desempenho do projeto, mas também fornece estimativas de custo final e previsão de conclusão do projeto. Para Lipke *et al.* (2009), inicialmente, os métodos de previsão do custo final de um projeto foram utilizados com poucas mudanças. Apenas nos últimos 15 anos surgiram pesquisas que validassem e investigassem os resultados das previsões de custos em projetos.

Há, ainda, a necessidade de quantificar o desempenho futuro dos projetos até uma determinada data ou mesmo até a sua conclusão. Porém, realizar tais previsões é uma atividade complexa, uma vez que o futuro possui diversas incertezas. Diante desse cenário, o trabalho de Ibrahim (2010) tem como objetivo incorporar a incerteza e as premissas de custos e prazos no EVM.

Por isso, Vargas (2004), Pajares e López-Paredes (2011) e Godoy (2011) propuseram integrar a incerteza nos indicadores do EVM com o objetivo de aprimorar o controle de projetos, uma vez que os gerentes de projetos não devem esperar até a fase de conclusão para saber se os custos e prazos estão, ou não, dentro das variações planejadas. Além disso, para Perminova, Gustaffson e Wikstrom (2008), o reconhecimento das incertezas pode aprimorar a precisão das estimativas e orientar os gerentes de projetos na aplicação de ações corretivas. Diante desse contexto, justifica-se o objetivo de propor e analisar a incorporação da incerteza no cálculo dos indicadores de previsão do Earned Value (EV).

Justifica-se essa pesquisa considerando, portanto, a importância do monitoramento contínuo de projetos, a baixa disseminação do EVM como técnica de gerenciamento e a presença de poucos pesquisadores sobre o tema (ver tópico 2.6).

1.3 Objetivos

O objetivo deste trabalho é propor e analisar a incorporação da incerteza no cálculo dos indicadores de previsão do *Earned Value* (EV).

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

- identificar os fatores que podem causar incerteza nas estimativas de prazos e custos de projetos;
- verificar os métodos existentes para tratamento de tais incertezas;
- propor um método para incorporar a incerteza nos indicadores de previsão do *Earned Value* e
- aplicar o método proposto em um projeto de construção civil.

1.4 Classificação da pesquisa

Quanto ao método de pesquisa, é realizada uma pesquisa-ação devido ao fato de que o pesquisador participa diretamente da resolução do problema (COUGHLAN e COGHLAN, 2002). O pesquisador participa das reuniões em conjunto com os profissionais da empresa objeto de estudo com o objetivo de controlar os custos e prazos do projeto, bem como realizar previsões de custos e prazos finais do projeto testando a eficácia do método proposto de cálculo do EV e seus indicadores de previsão. Além disso, o método de pesquisa-ação proposto por Coughlan e Coghlan (2002) permite que o projeto seja analisado em ciclos, o que possibilita que variações de orçamento e cronograma sejam identificadas e, assim, se reconheçam também as variações de incerteza durante o ciclo de vida do projeto.

Com relação às técnicas de coleta de dados, são realizadas entrevistas semi estruturadas com o gerente do projeto (engenheiro civil) e com os estagiários da empresa, observação do pesquisador e registros efetuados pelos funcionários envolvidos nas atividades.

O objeto de estudo é uma empresa de construção civil, que realiza obras civis e de saneamento ambiental e concessões. A escolha deste objeto de estudo se mostrou adequada uma vez 20% dos trabalhos diretamente relacionados com o tema dessa pesquisa utilizam projetos de construção civil como unidade de análise para validação dos métodos propostos (ver tópico 2.6 – Tabela 2.2). Além disso, a empresa objeto de estudo necessita cumprir suas metas de custo e prazo para atendimento dos requisitos de um cliente específico. Tem-se como unidade de análise um projeto de construção civil de uma cabine de pintura de aeronaves em uma empresa brasileira do setor aeronáutico. A cabine de pintura é um recurso importante para o cumprimento dos prazos de entrega dos produtos.

1.5 Limitações

O trabalho se limita à proposta de incorporação da incerteza no cálculo dos indicadores de previsão do *Earned Value* e tal proposta foi aplicada em um projeto unidade de análise. Desta forma, deve-se considerar as limitações particulares que tal projeto possui, como, por exemplo:

- se tratar de um projeto de contrato de preço fixo, em que não há alteração ou renegociação de custos ao longo da execução do projeto;
- o orçamento e o cronograma serem elaborados com o objetivo de se concorrer a uma licitação, fazendo com que a empresa objeto de estudo tivesse como decisão estratégica apresentar valores enxutos com o intuito de ganhar o negócio;
- o projeto ser realizado no território do cliente, fazendo com que o contratante esteja mais presente na obra do que o contratado; e
- por se tratar de uma licitação, ter a presença de outras empresas atuando no mesmo projeto.

Tais características são mais detalhadas ao longo da execução dos ciclos de pesquisa-ação.

Além disso, a proposta é validada em um projeto unidade de análise, o que não garante que o mesmo método funcionará em outros projetos de outros setores e com outras particularidades.

1.6 Estrutura do trabalho

Este trabalho é composto por seis capítulos, sendo eles:

Capítulo 1 – Introdução: apresenta a contextualização sobre o tema, as justificativas para realização do trabalho e os objetivos, além da classificação da pesquisa, os instrumentos de coletas de dados, a descrição do objeto de estudo e, as limitações da pesquisa e a forma como ela está estruturada.

Capítulo 2 – Fundamentação teórica: consiste em uma revisão de literatura sobre gerenciamento de projetos, aborda assuntos como definição, funcionamento e implementação do EVM, bem como seus indicadores de análise de desempenho e de previsão. São apresentados também a definição e o funcionamento do *Earned Schedule* e uma análise bibliométrica sobre o termo EVM. São apresentadas as definições de risco e incerteza, além de como as incertezas são tratadas nos custos e prazos dos projetos. A Simulação de Monte Carlo também é apresentada como parte da solução da problemática proposta, seguida dos trabalhos relacionados com o tema da pesquisa. Por fim, tem-se o detalhamento da ferramenta proposta, bem como a descrição dos passos para sua implementação.

Capítulo 3 – Pesquisa-ação: define e descreve os ciclos de pesquisa-ação realizados, os resultados e as análises dos resultados.

Capítulo 4 – Avaliação geral do projeto: consiste na avaliação do projeto considerando as opiniões do gerente do projeto e do pesquisador.

Capítulo 5 – Análise dos resultados: trata-se da avaliação da proposta de incorporação da incerteza nos indicadores de previsão utilizados pelo EVM, bem como da avaliação do método pesquisa-ação, da Simulação de Monte Carlo e da utilização do software *@Risk* (versão 5.5).

Capítulo 6 – Conclusões: apresentação das contribuições obtidas na pesquisa, as conclusões e as recomendações para trabalhos futuros.

Após o texto, tem-se os apêndices, que são:

- Apêndice A: protocolo de pesquisa contendo a visão geral, os procedimentos para coleta de dados e as questões de pesquisa.
- Apêndice B: cronograma inicial do projeto e cronograma renegociado.
- Apêndice C: custos estimados do projeto, considerando o cronograma inicial e o cronograma renegociado.
- Apêndice D: percentual estimado e realizado das atividades do projeto em cada ciclo de pesquisa-ação.
- Apêndice E: o *earned value* das atividades do projeto em cada ciclo de pesquisa-ação.
- Apêndice F: os custos reais de cada atividade do projeto em cada ciclo de pesquisa-ação.
- Apêndice G: a matriz de correlação entre as atividades do projeto.

Finalmente, são apresentados as referências bibliográficas e o Anexo A, com algumas imagens da execução do projeto unidade de análise.

Capítulo 2 - Funamentação Teórica

2.1 Considerações iniciais

Esse capítulo tem como objetivo apresentar os fundamentos do tema gerenciamento de projetos tendo como base a abordagem do *Project Management Institute* (PMI) (tópico 2.2). Além disso, são apresentadas as principais características sobre o *Earned Value Management* (EVM) como, por exemplo, definição, método de implementação, indicadores e análise bibliométrica. São apresentadas também algumas características e definições sobre o *Earned Schedule* (ES), que é utilizado nessa pesquisa para o cálculo dos indicadores de previsão (tópicos 2.3 a 2.6).

No mais, os conceitos que diferem riscos e incertezas são apresentados. São descritas algumas formas encontradas na literatura que incorporam a incerteza durante o monitoramento, o controle e a previsão de custos e prazos de projetos (tópico 2.7). Os conceitos a cerca da Simulação de Monte Carlo também são expostos (tópico 2.8), seguidos dos trabalhos relacionados com o tema da pesquisa (tópico 2.9). Por fim, tem-se a apresentação e a descrição das etapas da sistemática proposta para incorporar a incerteza nos indicadores de monitoramento e previsão do EVM e do ES (tópico 2.10).

2.2 Gerenciamento de projetos

Como grande parte dos trabalhos hoje em dia é desenvolvida por meio 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).

Embora existam diversos tipos de gerenciamento, o de projetos é o que tem recebido maior destaque, independente do tamanho da empresa ou do ramo de atividade. No entanto, para que se entenda o gerenciamento de projetos, é importante, primeiramente, definir o que é projeto (OLIVEIRA, 2003). Para Kerzner (2006), projetos são empreendimentos únicos com objetivos bem definidos, que consomem recursos e operam com base em prazos, custos e qualidade. Tendo entendido o termo projeto, pode-se definir o significado de gerenciamento de projetos, que, segundo PMI (2004), é a aplicação de conhecimentos, habilidades, ferramentas e técnicas às atividades do projeto com o objetivo de atender ou superar as necessidades e expectativas do cliente. O gerenciamento de projetos é dividido em fases (processos), a fim de auxiliar os gerentes durante a aplicação de tais conhecimentos, habilidades e ferramentas.

2.2.1 Processos do gerenciamento de projetos

Empresas que trabalham por meio de projetos geralmente dividem tais projetos em diversas fases, também conhecidas como processos, a fim de obter um melhor gerenciamento. Os grupos de processos do gerenciamento de projetos servem para definir o início e o fim de um projeto (PMI, 2004). Segundo a mesma fonte, existem algumas características comuns aos processos de gerenciamento de projetos, são elas:

- Os custos e recursos são baixos no início, aumentam durante a fase de planejamento e execução, e diminuem drasticamente na fase de conclusão.
- No início do projeto, os riscos e as incertezas são elevados e, conseqüentemente, a probabilidade de sucesso é menor. Ao longo do desenvolvimento do projeto, os riscos e as incertezas diminuem e a probabilidade de sucesso aumenta.
- Durante a fase de iniciação, os gerentes de projeto tem maior influência nas características do projeto e essa influência diminui durante o andamento do projeto devido ao aumento do número de mudanças e ações corretivas.

A Figura 2.1 representa as fases de um projeto.

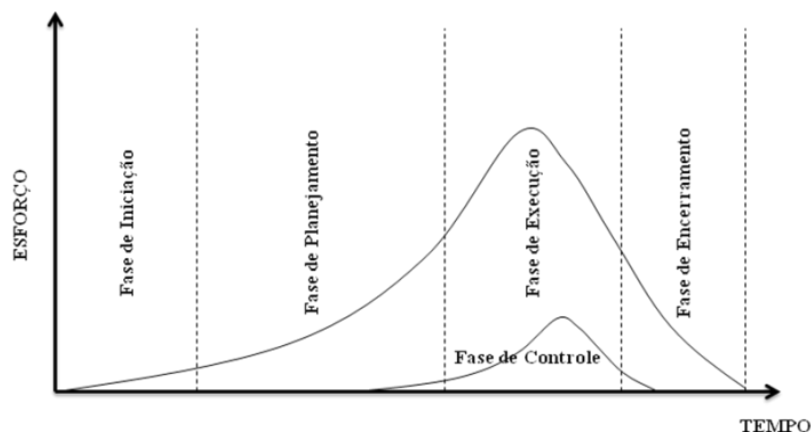


Figura 2.1 - Fases de um projeto
Fonte: adaptado de VARGAS, 2004

De acordo com PMI (2004), os grupos de processos podem ser descritos da seguinte forma:

- **Fase de iniciação:** representa o reconhecimento de que um projeto, ou uma fase dele, irá começar.
- **Fase de planejamento:** trata-se da fase em que se definem as metas, o escopo e as atividades necessárias para alcance dos objetivos. Alguns dos processos que acontecem nessa fase são: sequenciamento das atividades, estimativas de recursos a serem alocados em cada atividade, estimativas de prazos para realização de cada atividade, desenvolvimento de cronograma e análise de risco. Para Vanhoucke (2011), cronogramas, análise de riscos e

acompanhamento são parâmetros chave para o sucesso ou o fracasso de um projeto. A importância do planejamento pode ser evidenciada também pelo trabalho de Zwikael e Globerson (2006), que afirma que há correlação entre a qualidade do planejamento e o sucesso do resultado final do projeto. Pois, uma vez que se tem processos bem definidos na fase de planejamento, o gerente de projeto pode conduzir com mais facilidade as demais fases do projeto com o mesmo nível de qualidade até sua conclusão com o sucesso esperado.

- **Fase de execução:** esta fase está relacionada com a atividade de coordenar as pessoas e os demais recursos para realizarem o que foi planejado.

- **Fase de monitoramento e controle:** refere-se à atividade de garantir que os objetivos do projeto estão sendo cumpridos, por meio de medições de progresso e ações corretivas quando necessário. Algumas das atividades dessa fase são: controlar o cronograma, controlar os custos, monitorar os riscos e elaborar relatórios de desempenho. Além disso, para Godoy (2011), iniciar, planejar, executar e encerrar o projeto 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.

- **Fase de encerramento:** formaliza a aceitação do projeto.

Segundo Crawford, Pollack e England (2006), pesquisas que abordam o monitoramento e o controle de projetos são cada vez mais frequentes nos periódicos científicos. Os relatórios de desempenho tem como objetivo oferecer aos gerentes de projetos informações a respeito dos recursos que estão sendo utilizados para cumprir os objetivos, descrever a situação atual e indicar as previsões de resultado final do projeto.

Um aspecto importante é o fato de que o planejamento e a previsão são assuntos intimamente ligados e dependentes. Prever significa antecipar, projetar, ou estimar algum evento futuro. Planejar, por outro lado, envolve a utilização de previsões para auxiliar na tomada de decisões sobre as melhores alternativas para o projeto, influenciando, desta forma, seus resultados finais (WADDELL e SOHAL, 1994).

Segundo os mesmos autores, as condições econômicas e de mercado tem mudado de forma rápida e, muitas vezes, imprevisível, fazendo com que os gerentes tomem decisões desconhecendo o que acontecerá no futuro. Por isso, diante das incertezas do mercado, os gerentes de projeto tentam realizar estimativas a fim de prever o que irá acontecer. Realizar boas previsões é fundamental para uma gestão eficiente e eficaz, pois trata-se de um mecanismo crucial que influencia nas tomadas de decisões estratégicas.

Considere um projeto em andamento em que, em um determinado momento, a equipe queira medir e avaliar os resultados futuros do projeto. **“Quando o projeto será concluído?”**;

“**Quanto de dinheiro é necessário até que o projeto seja concluído?**”. Esse tipo de medida e avaliação é muito importante porque a equipe do projeto, a cada período do seu ciclo de vida, precisa conhecer o que irá acontecer com relação ao futuro do projeto (ATTARZADEH e HOCK, 2009).

Porém, realizar previsões de custos e prazos é uma tarefa complexa. As respostas de uma previsão raramente são precisas. Por isso, o principal objetivo da previsão é se aproximar do cenário mais razoável e plausível possível, por meio de dados e premissas robustos (FORECASTING GUIDE BOOK, 2009).

A previsão é indispensável no processo de planejamento e tomada de decisão e o método para se realizar a previsão deve ser apropriado para cada situação. As previsões nunca são suficientes e as técnicas de previsão não substituem os julgamentos e a experiência do gerente de projeto. Por isso, deve-se combinar técnicas de previsão e experiências dos gestores a fim de garantir que erros não existirão e o que o resultado final será o mais próximo possível do previsto. O papel da previsão é, portanto, reduzir a incerteza para auxiliar na tomada de decisão. Porém, a incerteza nunca é completamente eliminada. Por isso, os tomadores de decisão tentam quantificar a incerteza que permanece e reduzi-las por meio de técnicas e ferramentas de gestão e análise de riscos (WADDELL e SOHAL, 1994).

Com base no The Forecasting Guide Book (2009), os termos “estimativa” e “previsão” podem ser sinônimos, porém, tem significados diferentes. A **previsão** vê o futuro e é feita “de cima para baixo” com menos detalhes e com uma maior presença de riscos e incertezas tanto do ambiente interno quanto externo. É utilizada em fases iniciais do planejamento para reconhecer necessidades de orçamento e comparar cenários e possíveis opções de soluções de problemas. Uma previsão não é precisa e geralmente não é utilizada para determinar custos e fixar preços. Já a **estimativa** está relacionada com a precisão e é utilizada para determinar custos diários. Uma estimativa pode estar dentro de 5% de variação de custos ou prazos, por exemplo. As estimativas geralmente são feitas “de baixo para cima” e requerem muitas informações dos ambientes internos e externos. A estimativa é utilizada para fixar preços e realizar análises de cenários. Diante destas definições, esse trabalho utiliza o termo **previsão**.

Ainda segundo a mesma fonte, para realizar uma previsão, tem-se 12 etapas. São elas:

- Definir o objetivo da previsão: o motivo para realizar a previsão, o nível de detalhe necessário e para quem a previsão será entregue.
- Definir o plano da previsão: definir a equipe que irá realizar a previsão e as responsabilidades de cada um.

- Definir as características do projeto: objetivos, desempenho, tecnologias utilizadas, relações com fornecedores, clientes e parceiros, riscos envolvidos, entre outros.
- Determinar a estrutura da previsão.
- Identificar as regras e as premissas.
- Obter os dados: investigar as possíveis fontes de informação, criar um plano de coleta de dados, garantir a confiabilidade e a precisão das informações coletadas e armazenar os dados para outras previsões.
- Desenvolver a previsão.
- Realizar uma análise de sensibilidade: observar mudanças de resultados ao modificar os valores de entrada e as premissas consideradas. Identificar as premissas-chave.
- Realizar uma análise de riscos e incertezas: determinar os riscos e as incertezas para cada atividade, analisar a probabilidade de ocorrência dos riscos, determinar variações mínimas, máximas e mais prováveis para cada risco, utilizar um método de análise estatística (Simulação de Monte Carlo, por exemplo) para determinar um intervalo de confiança entre os valores e identificar um nível de confiança para a previsão.
- Documentar: objetivos, etapas, responsáveis, datas e premissas utilizadas devem ser documentadas para que a previsão possa ser replicada.
- Apresentar a previsão para aprovação final.
- Atualizar a previsão para refletir o cenário atual e as mudanças: o progresso deve ser registrado, deve-se também documentar as lições aprendidas, as mudanças de cenários e como elas afetaram a previsão inicial.

Dessa forma, a sistemática proposta por este trabalho considera estas 12 etapas para realização da previsão.

Waddell e Sohal (1994) afirmam que a previsão pode ser feita de maneira informal, ou formal. A previsão informal é utilizada quando se tem pouco tempo e pouca informação e depende da experiência e da habilidade de quem a realiza. Já a previsão formal pode ser qualitativa ou quantitativa, sendo que o método qualitativo depende do julgamento e da experiência de quem a realiza. Por outro lado, a previsão quantitativa depende de modelos matemáticos e considera que dados passados e outras variáveis de entrada podem ser combinadas para prever o futuro. Diante disso, pode-se determinar que a previsão realizada neste trabalho é formal e qualitativa.

O trabalho em questão enfatiza os processos de **planejamento**, **controle** e **previsão** do projeto. As fases de planejamento e previsão por serem os momentos em que se estabelecem as estimativas de custos e prazos e realiza-se a análise de risco. E a fase de controle por se

tratar da fase em que se implementa o EVM e se analisa a eficácia do projeto, bem como do método de incorporação da incerteza proposto. O uso do EVM justifica-se pelo fato de que se trata de uma ferramenta capaz de prever os eventos antes do final do projeto, permitindo que os gestores tomem ações corretivas que irão minimizar os impactos negativos ao final do projeto (PEETERS e MADAUSS, 2008).

Estas fases descritas anteriormente podem interagir entre si e devem ser executadas sempre na mesma sequência, podendo se sobrepor. Além disso, existem ferramentas e sistemáticas que buscam guiar as atividades ao longo destas fases do projeto. Tais ferramentas e sistemáticas são agrupadas em áreas de conhecimento.

2.2.2 Áreas de conhecimento do gerenciamento de projetos

As nove áreas de conhecimento propostas pelo PMI (2004) podem ser descritas da seguinte forma:

- **Integração:** para Albeny (2007), a integração é a área responsável por organizar e conduzir o projeto e possui atividades como gerenciar as expectativas e os conflitos, administrar a relação entre as partes envolvidas, unificar a equipe do projeto e gerenciar a distribuição de recursos.
- **Escopo:** segundo Oliveira (2003), o escopo é a forma de se garantir que o projeto está de acordo com as especificações definidas anteriormente. Uma das principais ferramentas do escopo é o *Work Breakdown Structure* (WBS), que é um diagrama em que as atividades são subdivididas e organizadas de forma hierárquica. Para Kerzner (2006), por meio do WBS pode-se planejar, realizar a integração entre custo, prazo e desempenho, alocar recursos de acordo com as necessidades e monitorar e relatar o *status* do projeto.
- **Tempo:** o gerenciamento do tempo tem início na elaboração do WBS e tem como finalidade fazer com que o projeto seja concluído dentro do prazo estabelecido (PMI, 2004). O cronograma é uma de suas principais ferramentas, que deve conter as atividades com suas datas de início e término, considerando suas limitações de precedência e os recursos necessários (ALBENY, 2007). Ahuja e Thiruvengadam (2004) recomendam que o cronograma seja monitorado constantemente, já que tanto os prazos quanto a sequência das atividades podem mudar no decorrer do projeto. Assim, pode-se prever as alterações e tomar as ações adequadas em tempo hábil.
- **Custo:** por meio de planejamentos, estimativas, orçamentos e controles, o gerenciamento de custos é responsável por fazer com que o projeto seja concluído dentro do orçamento esperado (PMI, 2004). Segundo Godoy (2011), geralmente, durante o decorrer do projeto, os

valores estimados e orçados sofrem alterações. Desta forma, é necessário desenvolver métodos de monitoramento de custos que permitam acompanhar o andamento do projeto a fim de identificar os problemas nos custos a tempo de se tomar as ações corretivas necessárias. Por isso, Navon (2005) afirma que o monitoramento dos custos é importante para coletar dados ao longo do projeto, formando uma base para comparação entre os valores reais e os planejados, permitindo, ainda, uma previsão de valores futuros com base nos valores passados.

- **Qualidade:** o gerenciamento da qualidade tem como objetivo assegurar que o projeto seja concluído dentro dos padrões de qualidade desejados, garantindo a satisfação dos clientes finais e demais interessados (PMI, 2004).

- **Recursos humanos:** de acordo com Albeny (2007), para alcançar o sucesso em um projeto, a equipe do projeto deve ser composta por profissionais motivados e qualificados. O gerenciamento de recursos humanos é responsável por alocar os recursos humanos necessários, buscando o maior aproveitamento possível dos profissionais e cumprindo as metas do projeto (PMI, 2004).

- **Comunicações:** para PMI (2004), tem como objetivo coletar e distribuir as informações entre os interessados de forma rápida, evitando distorções, gastos, problemas de qualidade e atrasos.

- **Aquisições:** o gerenciamento de aquisições deve administrar a obtenção e os contratos dos recursos (bens e serviços) necessários para realização do projeto (PMI, 2004).

- **Risco:** tem como objetivo maximizar a probabilidade e o impacto de eventos positivos e minimizar a probabilidade e o impacto de eventos negativos. Está relacionado com a identificação, análise e ações em relação aos riscos do projeto (PMI, 2004).

A pesquisa de Yasin, Czuchry e Alavi (2002) aponta que prazos, custos e riscos são as três variáveis mais importantes para os gerentes de projetos. Para Bower e Finegan (2009), o EVM é uma técnica de gerenciamento de projetos bastante importante por integrar as áreas de custos e prazos. Vitner, Rozenes e Spraggett (2006) afirmam que o EVM é o método mais popular para monitoramento de projetos e permite, ainda, a integração entre as variáveis tempo e custo. Além disso, Peeters e Madauss (2008), afirmam que o EVM tem a capacidade de indicar desvios de custos mesmo nas fases iniciais do projeto. Diante disso, tanto o EVM, quanto o gerenciamento de custos, prazos e riscos são tratados com maior profundidade nos tópicos seguintes deste trabalho.

2.3 Definição e implementação do *Earned Value Management*

Vertenten, Pretorius e Pretorius (2009) afirmam que o termo *Earned Value* (EV) foi adotado, primeiramente, pelo departamento de defesa americano nos anos 60 como parte integrante do *Cost/Schedule Control Systems Criteria* (C/SCSC). Porém, em 1996, com o objetivo de promover o uso da ferramenta no setor privado, o governo federal americano substituiu o termo C/SCSC pelo *Earned Value Project Management* (EVPM).

O EVM integra custo, prazo e o progresso real alcançado pela equipe de projeto. Desta forma, o EVM permite a criação de indicadores de desempenho e de previsão de resultados futuros dos projetos, que auxiliam os gerentes de projetos a gerenciar o projeto e tomar ações corretivas de forma proativa (HENDERSON, 2007).

O EVM é uma técnica de gerenciamento de projetos utilizada para o monitoramento e o controle do desempenho de projetos, pois permite o cálculo das variações de custos e prazos, além de indicar as possíveis necessidades de ações corretivas e detectar custos extras e atrasos nas atividades (ANBARI, 2003; OLIVEIRA, 2003; FLEMING e KOPPELMAN, 2006 e BOWER e FINEGAN, 2009).

O EV pode ser visto também como uma medida de progresso, pois possui uma relação direta com o percentual concluído de um projeto (RABY, 2000). Ainda segundo o mesmo autor, as três principais características do EV são: (1) é uma unidade de medida comum e consistente do progresso de um projeto (ou parte dele); (2) fornece uma técnica robusta para análise de desempenho de projetos; e (3) forma uma base de comparação de desempenho entre projetos (ou sub-elementos de um projeto).

Para Vargas (2004), um dos principais objetivos do EVM é projetar os custos e os prazos finais dentro de diferentes cenários com base no desempenho obtido pelo projeto até um determinado momento. O EVM é importante, pois, auxilia, de forma clara e objetiva, os gerentes de projetos a entenderem a situação de um projeto e saberem que caminho ele está tomando com relação ao planejamento inicial (PMI, 2004). Desta forma, segundo Pajares e López-Paredes (2011), por quantificar e destacar os desvios relacionados ao planejamento, o EVM auxilia os gerentes de projetos a manter o foco nas atividades que necessitam de maior atenção e descrever as previsões e as tendências sobre o futuro do projeto. Além disso, para Naeni, Shadrokh e Salehipour (2011), o EVM indica a eficiência com que a equipe do projeto utiliza os recursos para execução das atividades.

Assim, pode-se perceber a importância do EVM, por se tratar do método responsável por integrar os três elementos críticos da gestão de projetos e auxiliar os gerentes a avaliarem o progresso real dos projetos (VANDEVOORDE e VANHOUCKE, 2006).

Segundo Bower e Finegan (2009) e Vanhoucke (2011), o EVM tem sido, desde sua criação, um tema bastante pesquisado entre acadêmicos e profissionais. Entretanto, inicialmente, o foco da pesquisa era direcionado para as questões dos custos dos projetos. Recentemente, as questões relacionadas aos prazos dos projetos foram adicionadas à pesquisa.

Já o trabalho de Kwak e Anbari (2009) aponta alguns dos fatores de sucesso para a implementação do EVM, entre eles: introduzir o EVM no início do projeto; envolver a equipe para garantir a aceitação da ferramenta; adotar um processo de gestão dos recursos do projeto; promover treinamentos; manter a comunicação com os proprietários do projeto (*stakeholders*); desenvolver processos de comunicação e entender e ser flexível à cultura organizacional. Os fatores apontados por tais autores são considerados durante a implementação da sistemática proposta.

O trabalho de Kim, Wells e Duffey (2003) afirma que o sucesso da implementação do EVM não está apenas relacionado com a forma de se introduzir o método na organização. Pois, além desse aspecto, deve-se considerar a cultura da organização, a atenção e dedicação dos *stakeholders* ao tema, treinamento da equipe de projeto e os sistemas de informação disponíveis. Além disso, o EVM não pode ser facilmente aplicado por uma empresa ou pelo governo, pois é necessário cumprir alguns critérios antes de se utilizá-lo como uma ferramenta de gerenciamento de projetos (SHOKRI-GHASABEH e AKRAMI, 2009). Desta forma, deve-se conhecer as etapas necessárias para a implementação do EVM como ferramenta de monitoramento, controle e previsão de projetos.

O trabalho de Raby (2000) sugere que o processo de implementação do EVM aconteça em oito etapas, sendo as quatro primeiras destinadas a estabelecer as ferramentas e meios necessários para a configuração do EV, e as quatro últimas relacionadas com a utilização efetiva do EV como um processo de monitoramento e controle de projetos. Tais etapas são:

- 1 - Estabelecer o WBS, que divide o projeto em atividades ou componentes.
- 2 - Estimar e alocar um custo para cada atividade.
- 3 - Elaborar um cronograma das atividades com prazo para as mesmas.
- 4 - Fazer um cronograma para o projeto como um todo para confirmar que o plano é aceitável.
- 5 - Monitorar o progresso das atividades e atualizar o cronograma (estimar o quanto de cada atividade já foi realizado).

6 - Identificar e incorporar os custos reais (levantar os custos já alocados nas atividades do cronograma).

7 - Calcular o EV (multiplicar o custo orçado para cada uma das atividades pelo valor percentual de conclusão da mesma).

8 - Analisar os dados e preparar relatório (interpretar os valores obtidos no passo 7).

Tais etapas sugeridas por Raby (2000) são consideradas e incorporadas na sistemática proposta por este trabalho.

À medida que o projeto está em andamento, as informações de desempenho são coletadas e os resultados retirados da análise por meio do EV são comparados com o planejamento inicial (*baseline*). Então, os gerentes de projetos devem utilizar essa informação para monitorar os custos e prazos e tomar as ações necessárias para manter o projeto dentro dos parâmetros previamente estabelecidos. Vale ressaltar que as alterações de escopo, nesse momento, devem ser mínimas, uma vez que elas devem ser bastante detalhadas na fase de planejamento do projeto. Porém, caso exista alguma alteração, os planos e metas devem ser revistos, e deve-se determinar uma nova base de comparação (novo *baseline*) para análise do projeto por meio do EVM (ATTARZADEH e HOCK, 2009).

Para entender a sistemática do EVM, é importante conhecer seus termos componentes, seus indicadores e suas interpretações (RABY, 2000). Sendo assim, no tópico 2.4 os indicadores de desempenho e de previsão do EVM são apresentados.

2.4 Indicadores do *Earned Value Management*

Por meio do *Practice Standard for Earned Value Management* pode-se conhecer os três elementos básicos que compõem o EVM (PMI, 2005):

- BCWS (*Budget Cost of Work Scheduled*) ou PV (*Planned Value*): custo proveniente do orçamento; ou seja, o custo planejado.
- ACWP (*Actual Cost of Work Performed*) ou AC (*Actual Cost*): custo real do trabalho já realizado. Trata-se da indicação dos recursos utilizados para alcançar os atuais resultados do projeto (NAENI, SHADROKH e SALEHIPOUR, 2011).
- BCWP (*Budget Cost of Work Performed*) ou EV (*Earned Value*): custo orçado do trabalho já realizado.

Para Fleming e Koppelman (2006) e Parares e López-Paredes (2011), com os três parâmetros do EVM determinados, a análise dos resultados é obtida por meio da correlação entre os valores encontrados em cada um deles.

Por exemplo, combina-se com um pintor que pinte as quatro paredes de uma sala quadrangular. O pintor diz que necessita de um dia para pintar cada parede, portanto a obra possui a duração de quatro dias, e cobra \$100 por dia, assim o custo orçado total da obra é \$400. Ao final do segundo dia da obra decide-se avaliar como está o projeto. O custo orçado (PV) é \$200. O pintor, no primeiro dia, chegou atrasado e trabalhou somente meio dia, assim o custo pago para o pintor foi de um dia e meio, ou seja, \$150 (AC).

Ao avaliar o projeto pelo método tradicional de monitoramento e controle, utiliza-se apenas as informações de PV e AC. Ou seja, a única informação que se tem é que houve uma variação (PV-AC) de -\$50, o que leva o gerente do projeto a crer que o projeto está dentro do orçamento. Porém, com esse tipo de avaliação, o real desempenho do projeto não é medido, pois não se analisa quanto do trabalho planejado foi realmente executado. Analisando o projeto pelo método tradicional, os gastos ainda estão dentro do orçamento, porém, como não se sabe quanto do trabalho realmente foi feito, não se sabe se o projeto vai ser concluído dentro do valor total planejado de \$400 (FLEMING e KOPPELMAN, 2006).

Por outro lado, analisando o projeto por meio do EVM, verifica-se quanto do trabalho planejado foi realmente executado. No exemplo em questão, verifica-se se as duas paredes planejadas para serem pintadas foram concluídas. Assim, ao verificar como estava a pintura em relação ao previsto, percebe-se que o pintor havia pintado apenas uma parede, e o custo orçado do trabalho realizado (concluído) é de \$100 (EV). Com isso, o gerente de projeto é capaz de monitorar o quanto das atividades planejadas foram realmente executadas e tomar as ações corretivas necessárias para que o projeto seja concluído de acordo com o esperado.

Além dessa análise, é possível estabelecer indicadores, que informam o desempenho e a previsão de custos e prazos do projeto.

2.4.1 Indicadores de análise de desempenho

De acordo com Pajares e López-Paredes (2011), correlacionando os três elementos básicos do EVM descritos no tópico 2.4, tem-se os seguintes indicadores de medição de desempenho:

- CV (*Cost Variance*): é a variação de custos; ou seja, a diferença entre o custo orçado do trabalho já realizado e o custo real do trabalho já realizado ($CV=EV-AC$).
- SV (*Scheduled Variance*): é a variação de prazos em termos de custos; ou seja, a diferença entre o custo orçado do trabalho já realizado e o custo planejado ($SV=EV-PV$).

Para o exemplo descrito anteriormente, $CV = -\$50$ e $SV = -\$100$.

Sendo assim, ainda segundo os mesmos autores, a determinação de tais indicadores tem como finalidade auxiliar o gerente de projeto a interpretar o real desempenho do projeto e realizar as

previsões relacionadas aos custos e aos prazos finais do projeto. Para isso, os seguintes indicadores são utilizados:

- *CPI (Cost Performance Index)*: é a divisão entre o custo orçado do trabalho já realizado e o custo real do trabalho já realizado. Trata-se do indicador de desempenho de custos ($CPI=EV/AC$). O CPI é o indicador mais utilizado, responsável por informar a eficiência dos custos do projeto (NAENI, SHADROKH e SALEHIPOUR, 2011). Além disso, o CPI apresenta as condições dos custos, auxiliando o gerente de projeto no controle e no monitoramento dos custos (Bagherpour *et al.*, 2010).

- *SPI (Schedule Performance Index)*: é a divisão entre o custo orçado do trabalho já realizado e o custo planejado. Trata-se do indicador de desempenho de prazos e indica a taxa de conversão do valor previsto em valor agregado ($SPI=EV/PV$). O SPI mede o progresso do projeto em termos de prazo (NAENI, SHADROKH e SALEHIPOUR, 2011).

Para Lipke *et al.* (2009), o EVM e seus indicadores de desempenho são bastante conhecidos e podem ser interpretados. Desta forma, Pajares e López-Paredes (2011) explicam as interpretações que podem ser feitas pelos gerentes de projetos com base nesses indicadores, que são:

- $CV<0$ e $CPI<1$ significam que o projeto possui custos extras. Caso contrário, $CV>0$ e $CPI>1$, indicam que os custos do projeto estão de acordo com o planejado.

- $SV<0$ e $SPI<1$ indicam que o projeto está atrasado. Já $SV>0$ e $SPI>1$ significam que o cronograma do projeto está dentro do prazo.

- Quando $CV=0$ e/ou $SV=0$ tem-se que o projeto está, respectivamente, de acordo com os custos e/ou os prazos planejados.

Para o mesmo exemplo anterior, CPI é igual a 0,67, o que significa que os custos estão 33% acima do orçado, e SPI igual a -0,50, indicando o projeto está 50% atrasado em relação ao previsto. Verifica-se que, ao se fazer o controle do projeto, obtém-se quantitativamente o *status* do projeto em relação ao prazo e ao custo, auxiliando o processo decisório para que o projeto se ajuste aos prazos e aos custos previstos.

Para Morelli (2007), a partir, então, do CPI e do SPI, é possível calcular o *Critical Ratio* (CR), que pondera os custos e prazos do projeto pela relação $CR=SPI*CPI$. As interpretações para o CR devem ser feitas da seguinte forma:

- $CR>1,2$ indica que os custos e prazos do projeto provavelmente foram superestimados.

- $1>CR<1,2$ significa que o projeto possui boa produtividade.

- $CR=1$ significa que o projeto está dentro das metas de custos e prazos.

- $0,8 > CR < 1$ significa que, tomadas às devidas ações corretivas, o projeto poderá ser entregue dentro dos custos e prazos previstos.
- $0,5 > CR < 0,8$ demonstra estado de alerta e aponta que horas extras serão necessárias para que o projeto atenda o prazo planejado. No entanto, provavelmente haverá custos extras.
- $CR < 0,5$ pode indicar o cancelamento do projeto.

Assim, realizando o cálculo do CR para o exemplo anterior, tem-se um valor de 0,33, número que poderia levar, até, ao cancelamento do projeto.

Nesta pesquisa, para o projeto unidade de análise, utiliza-se os indicadores CPI e SPI.

Uma vez estabelecidos CPI e SPI com base no desempenho atual do projeto, pode-se utilizar tais indicadores para realizar previsões estatísticas sobre os recursos necessários para se concluir o projeto (FLEMING e KOPPELMAN, 2006). O EVM não informa apenas o desempenho do projeto, pois fornece também novas estimativas e previsões sobre o custo total final, bem como novos prazos para conclusão (PAJARES e LÓPEZ-PAREDES, 2011). Assim, com as previsões de custos e prazos, os gerentes de projetos passam a ter informações que os auxiliam a tomar decisões que afetam o sucesso do resultado final do projeto (Lipke, 2006).

2.4.2 Indicadores de previsão

Atualmente, uma das principais atividades do gerenciamento de projetos é realizar previsões de custos e prazos de projetos. Um dos métodos mais utilizados para isso é o EVM, pois apresenta estimativas de custos e prazos precisas em relação ao trabalho remanescente do projeto (ATTARZADEH e HOCK, 2009).

Assim, o EVM é capaz de fornecer indicadores de previsão como o *Estimate At Completion* (EaC), que foi originalmente desenvolvido para gerenciamento de custos, e, depois, adotado também para previsão da duração de projetos. Desta forma, o EaC é um importante indicador utilizado para estimar o custo final de um projeto, além de auxiliar gerentes de projetos a identificar prováveis problemas futuros e a adotar ações corretivas (CHENG *et al.*, 2010).

Para Naeni, Shadrokh e Salehipour (2011), existem diversas fórmulas para cálculo do EaC, sendo que uma das mais conhecidas para a previsão de desempenho de custos consiste na divisão entre o *Budget at Completion* (BaC) pelo CPI ($EaC = BaC / CPI$). Sendo, o BaC o valor do orçamento total, seja para o projeto como um todo, ou para um grupo de atividades.

Ainda de acordo com o exemplo anterior (pintura das paredes), pode-se prever que, se nenhuma ação corretiva for tomada, o projeto de pintura das quatro paredes poderá custar \$600 (\$200 acima do planejamento inicial).

De acordo com Anbari (2003), algumas premissas podem influenciar o cálculo do EaC. A primeira premissa está relacionada com o fato do EaC não poder ser calculado com base em um orçamento previamente planejado. Essa situação geralmente acontece quando há mudanças de cenários durante o desenvolvimento do projeto que alteram o planejamento inicial. Nesse caso, uma nova estimativa deve ser feita considerando o planejamento do que ainda falta para concluir o projeto, ou seja, o *Estimate to Complete* (ETC). Então, o EaC é calculado somando o custo atual (AC) e a nova estimativa (ETC). Então, $EaC=AC+ETC$. A segunda premissa baseia-se no fato de que outros eventos futuros ocorrerão em paralelo ao plano original. Essa situação acontece quando eventos que já afetaram o projeto no passado acontecerão novamente no futuro. Diante disso, o EaC é calculado com base no valor total planejado para o projeto (BaC) menos a variação de custo (CV) no momento da avaliação do projeto. Então, $EaC=BaC-CV$. Já a terceira premissa considera que acontecimentos passados afetam o projeto em seus resultados futuros, ou seja, eventos que afetaram o projeto no passado continuarão a afetá-lo no futuro. Neste cenário, o EaC é calculado considerando o valor total planejado para o projeto (BaC) e o desempenho atual de custos do projeto (CPI). Assim, $EaC=BaC/CPI$.

Outra forma de se calcular o EaC é dividindo o valor do trabalho ainda não finalizado (BaC-EV) pelo CPI, somando-se a isso o custo atual (AC). Tendo, $EaC=[(BaC-EV)/CPI]+AC$ (RABY, 2000).

Para este trabalho, considerando as características do projeto unidade de análise, o EaC é calculado com base na terceira premissa de Anbari (2003), que considera que resultados passados interferem nos resultados futuros do projeto ($EaC=BaC/CPI$).

Com base nas informações de previsão fornecidas pelo EVM, os gerentes de projetos, bem como a equipe do projeto, podem ajustar o planejamento, modificar os prazos e alterar as técnicas de implementação do projeto a fim de evitar resultados negativos ou até mesmo aproveitar oportunidades de possíveis resultados positivos (ATTARZADEH e HOCK, 2009). Porém, os indicadores baseados no EVM oferecem informações sobre o desempenho e a previsão do projeto em valores monetários, tanto para os indicadores de custos quanto para os indicadores de prazos. Por isso, o *Earned Schedule* (ES) surgiu como uma extensão do EVM apresentando indicadores de análise de desempenho e de previsão de prazos em unidade de tempo e não mais em valores monetários (CHRISTENSEN-DAY, 2010). Desta forma, uma das recentes contribuições da literatura se trata de dois novos indicadores de prazo: $SV(t)$, *Schedule Variance (time)* e $SPI(t)$, *Schedule Performance Index (time)*, que são indicadores que se baseiam em unidades de tempo, e não em unidades monetárias (SHOKRI-

GHASABEH e AKRAMI, 2009). Portanto, neste trabalho, o EVM irá tratar as questões de custos, enquanto o ES irá tratar as questões de prazos do projeto.

2.5 Earned Schedule

Em muitos casos, o prazo para concluir o projeto é determinado por meio de seu caminho crítico. Porém, além de monitorar o caminho crítico, pode-se utilizar dos indicadores de desempenho e de previsão de prazos como uma forma de descobrir quando o projeto será concluído. As questões-chave para os gerentes de projeto são a cerca do custo total do projeto e quanto tempo é necessário para se concluir o projeto. O EVM e o *Critical Path Method* (CPM) são duas ferramentas importantes que podem auxiliar os gerentes de projeto a esclarecer tais dúvidas. Porém, enquanto muitos gerentes de projetos utilizam o CPM para controlar prazos, o uso do EVM ainda é restrito (FLEMING e KOPPELMAN, 2006).

Embora o EVM tenha sido desenvolvido para gerenciar custos e prazos de projetos, a maioria das pesquisas destacam os aspectos de custos dos projetos. Por isso, o EVM ainda não é muito usado para realizar estimativas de prazos. Diante disso, as pesquisas em torno dos indicadores de custos (CPI e EaC) são superiores às pesquisas sobre o indicador de prazo, SPI (NAENI, SHADROKH e SALEHIPOUR, 2011).

Como os indicadores do EVM são apresentados em valores monetários, muitas vezes direciona a atenção do projeto para seus custos. Dessa forma, não é possível divulgar as informações sobre escopo, custo e prazo do projeto sem expor suas informações de custos (CHRISTENSEN-DAY, 2010).

Para Shokri-Ghasabeh e Akrami (2009), a interpretação e o comportamento dos indicadores de prazo do EVM tem sido criticados por diversos autores. Isso se deve ao fato de que tais indicadores falham nos casos de projetos que continuam em execução após o prazo planejado.

Dessa forma, as três principais críticas em relação aos indicadores de prazos do EVM são:

- SV e SPI são apresentados em unidades monetárias, o que dificulta o entendimento e pode causar interpretações erradas.
- $SV=0$ ou $SPI=1$ podem significar tanto que a atividade foi concluída quanto que a atividade está acontecendo de acordo com o planejado.
- Mesmo em projetos atrasados, SV ficará próximo de 0 e SPI ficará próximo de 1, o que indica que estes indicadores não são capazes de apresentar informações relevantes depois que o projeto está atrasado. Segundo Lipke *et al.* (2009), os indicadores de prazo do EVM falham em projetos que continuam a ser executados após a data planejada para seu encerramento.

Assim, o ES foi criado a fim de solucionar estes problemas.

O ES é uma técnica de análise que apresenta o desempenho de prazo do projeto em unidades de tempo, ao invés de unidades monetárias. O ES utiliza as mesmas informações do EVM e seus indicadores apresentam o *status* atual e as estimativas em relação ao prazo do projeto (HEDERSON, 2007). Para Christensen-Day (2010) ES e EVM fornecem a mesma informação, simplesmente apresentadas em duas unidades de medida diferentes. Além disso, avaliar o desempenho do projeto tanto em unidades de custo quanto em unidades de tempo trás para o projeto alguns benefícios.

O ES foi criado como uma forma de solucionar o problema dos indicadores de prazo do EVM para os casos em que os projetos continuam sua execução após a data de conclusão planejada. Algumas pesquisas confirmam, portanto, que o ES fornece melhores informações de previsão de prazos do que os demais métodos propostos na literatura. Prever o prazo do projeto por meio do ES também se apresentou mais simples do que outras técnicas como atualizações de caminhos críticos, estimativas e análises (HENDERSON, 2007).

Desta forma, Lipke (2003) afirma que, ao invés de utilizar o custo para avaliar o desempenho de prazo do projeto, utiliza-se a variável tempo. O ES é determinado por meio da comparação do EV acumulado com o valor planejado (PV) utilizado como *baseline*. Assim, para calcular o *Earned Schedule* (ES) na data escolhida para realizar o controle do projeto, *Actual Time* (AT), primeiro calcula-se o EV. Em seguida, utiliza-se a linha do valor planejado no gráfico (*S-Curve*), *Planned Value* (PV), para verificar em que momento do projeto EV é igual a PV. Esse momento em que EV é igual ao PV é o *Earned Schedule* (ES) (PAJARES e LOPEZ-PAREDES, 2011).

Considerando a Figura 2.2, para o ES, em uma determinada data de corte de avaliação do projeto, verifica-se em que ponto do eixo x (tempo) o EV é igual ao *Planned Value* (PV). Esse ponto de interseção é utilizado para calcular o *Earned Schedule* (ES), que informa o real desempenho do projeto em comparação com o desempenho de prazo previamente planejado. No exemplo em questão (Figura 2.2), o ES (quando PV é igual ao EV) está entre o mês 7 e o mês 8 do projeto. A variável “C” é definida como o menor valor de tempo, no exemplo, o mês 7. Então, C=7. Já a variável “I” é definida da seguinte forma: $I=(EV-PV_{(c)})/(PV_{(c+1)}-PV_{(c)})$. Nesse caso, $I=(EV-PV_{(7)})/(PV_{(8)}-PV_{(7)})$. Assim, tem-se ES como a soma das variáveis “C” e “I”. Ou seja, $ES=C+I$ (SHOKRI-GHASABEH e AKRAMI, 2009).

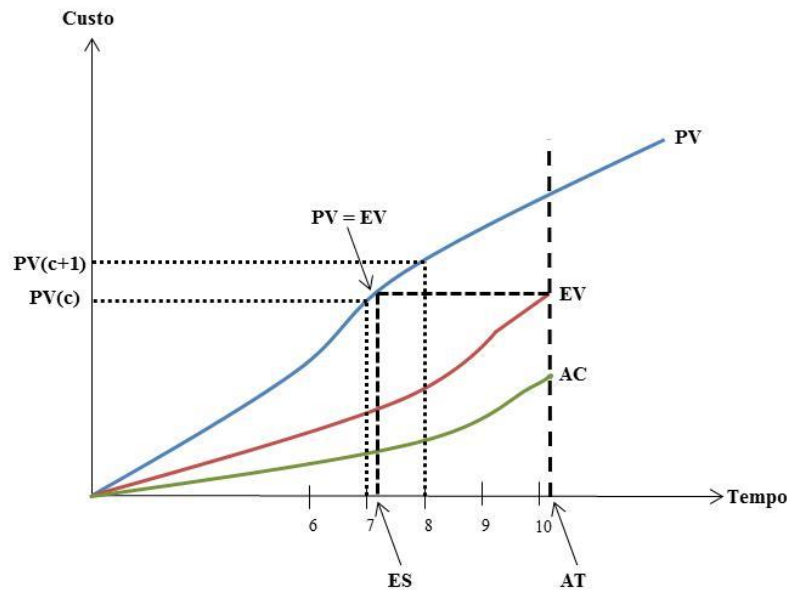


Figura 2.2 - S-Curve utilizada para cálculo do *Earned Schedule* (ES)

Fonte: adaptado de Shokri-Ghasabeh e Akrami (2009)

Sendo assim, segundo Christensen-Day (2010), para obter os indicadores de análise de desempenho e de previsão em unidades de tempo, deve-se considerar as seguintes fórmulas:

- *Schedule Variance (time)* – $SV(t)$: trata-se do *Earned Schedule* (ES) menos a quantidade de tempo desde o início do projeto (AT). Ou seja, $SV(t)=ES-AT$.

- *Schedule Performance Index (time)* – $SPI(t)$: é o *Earned Schedule* (ES) dividido pela quantidade de tempo desde o início do projeto (AT). Então, $SPI(t)=ES/AT$

- *Estimate at Completion (time)* – $IEaC(t)$: é o tempo total planejado para execução do projeto (PD) dividido pelo indicador de desempenho de prazo $SPI(t)$. Assim, $IEaC(t)=PD/SPI(t)$

Henderson (2007), portanto, afirma que $SV(t)$ e $SPI(t)$ são iguais aos indicadores de custos do EVM, CV e CPI, além de possuírem as mesmas bases de cálculos de “*status atual*” do projeto.

No Quadro 2.1 é possível observar e comparar os parâmetros e indicadores utilizados pelo EVM e pelo ES.

Quadro 2.1 - Comparação entre o *Earned Value* (EV) e o *Earned Schedule* (ES)

Informações do projeto	<i>Earned Value</i> (EV)	<i>Earned Schedule</i> (ES)
Custo planejado	PV	Não utiliza.
Custo orçado da atividade realizada	EV	
Custo da atividade realizada em relação ao custo da atividade planejada	SV e SPI	
Tempo total do projeto	Não utiliza.	PD
Quando a atividade é realizada		EV(t)
Quando a atividade é concluída em relação ao planejado	SV e SPI tendem a 0 e a 1, respectivamente, independente de quando a atividade é concluída (antes ou depois do planejado).	SV(t) e SPI(t)
Quando o projeto será concluído		IEaC(t)

Fonte: adaptado de Christensen-Day (2010)

Desta forma, considerando o exemplo da pintura das paredes utilizado no t3pico 2.4 para demonstrar o c3lculo e a interpreta33o dos indicadores do EVM, tem-se que $SV(t)=-1$, $SPI(t)=0,5$ e $IEaC(t)=8$, que confirma que o projeto est3 realmente atrasado e que a nova previs3o para t3rmino do projeto s3o de 8 dias, e n3o de 4 dias conforme o planejamento inicial.

Sendo assim, para realizar um melhor monitoramento e controle do projeto unidade de an3lise, neste trabalho 3 considerada a incorpora3o da incerteza nos indicadores de custos do EVM e nos indicadores de prazos do ES.

Antes, no entanto, de descrever a sistem3tica proposta, 3 importante, ainda, apresentar uma an3lise bibliom3trica sobre EVM, identificando as principais publica33es cient3ficas nacionais e internacionais, al3m de detalhar os trabalhos diretamente relacionados com o tema desta pesquisa.

2.6 Pesquisas sobre *Earned Value Management*

Acredita-se que as informa33es apresentadas a cerca das publica33es cient3ficas sobre o tema contribuir3o para visualizar as tend3ncias e oportunidades de pesquisas sobre EVM.

Busca-se, portanto, identificar as publica33es cient3ficas nacionais e internacionais que abordam o tema EVM nas bases de dados ISI *Web of Knowledge*, *Science Direct*, *Scopus* e *Emerald*. O per3odo da an3lise considera a data inicial de cada per3iodico at3 o dia 17/09/2012 e observa a presen3a do termo “*Earned Value Management*” no t3tulo/resumo/palavra chave dos trabalhos. Al3m do objetivo descrito anteriormente, pretende-se quantificar o n3mero de artigos publicados sobre EVM nas principais revistas internacionais com foco em gest3o de projetos. A defini3o das principais revistas sobre gest3o de projetos encontra-se no Quadro 2.2, constru3do com base no trabalho de Kwak e Anbari (2009), que teve como objetivo identificar os temas e as revistas com maior n3mero de publica33es em gest3o de projetos. O per3odo de an3lise considera a data inicial de cada per3iodico at3 o dia 24/09/2012 e analisa a presen3a do termo “*Earned Value Management*” em qualquer lugar do trabalho.

Quadro 2.2 - Principais revistas internacionais que abordam o tema Gest3o de Projetos

Assunto Principal	Revista
Gest3o de Projetos	<i>Project Management Journal</i>
	<i>International Journal of Project Management</i>
	<i>International Journal of Managing Projects in Business</i>
Cosntrução	<i>Journal of Construction Engineering and Management</i>
	<i>Journal of Management in Engineering</i>
Gest3o de Tecnologia	<i>Technovation</i>
	<i>R&D Management</i>
	<i>Research and Policy</i>

Fonte: Kwak e Anbari (2009)

Realizadas as pesquisas, é possível, então, apresentar e analisar os resultados encontrados.

A pesquisa realizada nas bases de dados possibilitou a identificação de 175 trabalhos. No entanto, muitos destes trabalhos estão presentes em mais de uma base de dados. Assim, desconsiderando os trabalhos encontrados em mais de uma base de dados, tem-se um total de 142 pesquisas sobre EVM, conforme apresentado na Figura 2.3.

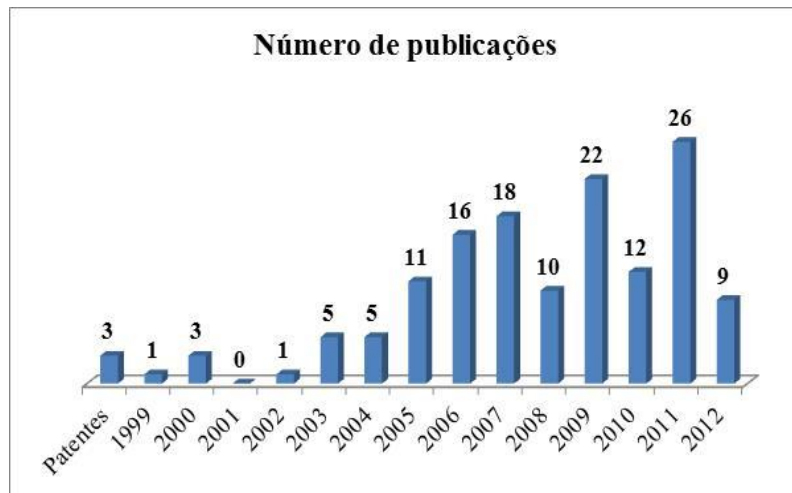


Figura 2.3 - Quantidade de trabalhos encontrados nas bases de dados por ano

A quantidade de pesquisas na base *Scielo* é significativamente inferior à quantidade de trabalhos encontrados nas bases internacionais. No Brasil, é possível perceber uma oportunidade de publicação sobre o tema, tendo em vista a tendência de crescimento de publicações internacionais e considerando que o trabalho mais recente encontrado é de 2007.

Dos 142 trabalhos encontrados, 25 estão diretamente relacionados com esta pesquisa; e a distribuição de tais trabalhos por ano e por fonte pode ser vista na Figura 2.4 na Tabela 2.1, respectivamente.

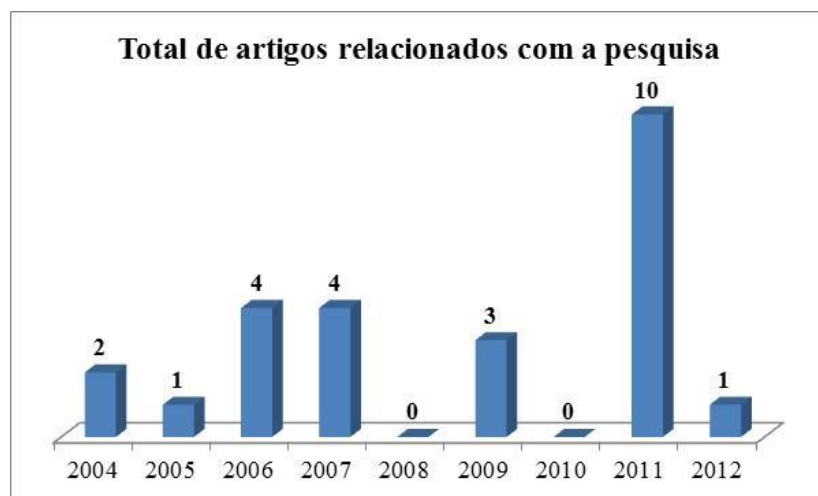


Figura 2.4 - Quantidade de trabalhos relacionados com a pesquisa

Tabela 2.1 - Principais fontes dos trabalhos relacionados com essa pesquisa

Fonte	Número de trabalhos
Conferência	10
<i>International Journal of Project Management</i>	5
Simpósio	2
<i>AACE International Transactions</i>	1
<i>CrossTalk</i>	1
<i>Information Management & Computer Security</i>	1
<i>Journal of Facilities Management</i>	1
<i>Journal of Zhejiang University</i>	1
<i>Omega</i>	1
<i>Procedia Engineering</i>	1
<i>WSEAS Transactions on Environment and Development</i>	1
Total	25

Embora o número de artigos seja maior ao longo dos anos, não se pode afirmar que há um aumento da pesquisa sobre o tema sem considerar um número total de publicações nessas bases de dados. Além disso, apesar de existir um número predominante de trabalhos em conferências, não há uma conferência em destaque, sendo que a principal é a *IEEE Aerospace Conference Proceedings*, com dois trabalhos. Pode-se perceber a predominância da revista *International Journal of Project Management*, como fonte de 20% dos artigos diretamente relacionados com o tema deste trabalho.

Ainda analisando os trabalhos encontrados que estão diretamente relacionados com o tema da pesquisa, foi possível observar, de acordo com a Tabela 2.2, os principais objetos de estudo utilizados.

Tabela 2.2 - Objetos de estudo dos trabalhos relacionados com a pesquisa

Objeto de estudo	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	Total por objeto de estudo
NASA				2						2
Projeto acelerador de partículas	1	1								2
Software/Tecnologia da Informação			1					2		3
Construção	1							3	1	5
Projeto Fictício			1	2		1		2		6
Outros			2			2		3		7
Total por ano	2	1	4	4	0	3	0	10	1	25

Assim, percebe-se que os principais objetos de estudo são projetos fictícios como, por exemplo, amostras de projetos do software *MS Project*, e projetos de construção civil, o que reforça a justificativa do objeto de estudo selecionado para esta pesquisa.

Ainda em relação aos 25 trabalhos diretamente relacionados com esta pesquisa, realizou-se, também, uma análise de acordo com o foco e os resultados, conforme apresentado no Quadro 2.3.

Quadro 2.3 - Resumo dos trabalhos relacionados com o tema da pesquisa

Ano	Autor(es)	Objeto de estudo	Foco da pesquisa/Resultados
2004	Alvorado, Silverman e Wilson	Projetos de construção civil. Apresenta como o <i>US General Services Administration's Public Buildings Service</i> utiliza o método proposto.	Implementação do EVM como ferramenta de monitoramento e controle em projetos de construção civil. O método proposto permite: análise de portfólio de projetos de construção; prática de pagamento dos funcionários com base no desempenho do projeto; e uso de análise de regressão para estabelecer as datas de corte para monitoramento do projeto por meio do <i>Earned Value</i> (EV).
2004	Banerjee	Projeto acelerador de partículas.	Implementação do EVM como ferramenta de monitoramento e controle em um projeto de modernização do acelerador de partículas. Apresentação de um modelo para minimizar os riscos.
2005	Banerjee	Projeto acelerador de partículas.	Continuação do trabalho de Banerjee (2004). Implementação do EVM como ferramenta de monitoramento e controle em um projeto de modernização de um acelerador de partículas.
2006	Vandevoord e Vanhoucke	3 projetos da <i>Fabricom Airport Systems</i> , na Bélgica.	Previsão de prazos de projeto. Comparação entre o <i>Earned Value</i> (EV) e o <i>Earned Schedule</i> (ES): - apresentação de uma fórmula genérica para previsão de prazos; - comparação entre o EV, o ES e essa nova fórmula genérica; - demonstração de uso dos métodos em uma atividade de um projeto real.
2006	Gowan, Mathieu e Hey	Projeto de Tecnologia da Informação.	Apresenta como implementar o EVM em um projeto de Tecnologia da Informação (armazenamento de dados). Conclui que o EVM também pode ser utilizado como uma ferramenta de diagnóstico e solução de problemas.
2006	Leu, Lin, Chen e Ho	Projetos de uma empresa de consultoria em engenharia.	Proposta de aprimorar os resultados dos indicadores do EVM por meio de gráficos estatísticos de controle. A proposta auxilia os gerentes de projetos a reconhecer de forma rápida as mudanças do projeto para implementação de ações corretivas.
2006	Lipke	Projeto fictício.	Ensina como incluir cálculos estatísticos no EVM com o objetivo de garantir o sucesso do planejamento de custos e prazos dos projetos e fazer o correto gerenciamento de riscos (tomada de decisão e ação corretiva).

Quadro 2.4 - Resumo dos trabalhos relacionados com o tema da pesquisa (continuação)

Ano	Autor(es)	Objeto de estudo	Foco da pesquisa/Resultados
2007	Iranmanesh, Mojir e Kimiagari	Projeto fictício - 90 atividades de amostras de projetos criados pelo ProGen.	Previsão de prazos de projeto utilizando uma nova fórmula do indicador <i>Estimate at Completion</i> (EaC). O modelo foi validado por simulação (software desenvolvido) por meio de dados de amostras de projetos do ProGen. O modelo, que utiliza também a análise de regressão, pode ser utilizado em projetos para estimar o EaC.
2007	Kuehn	Projeto fictício.	Apresenta um passo a passo (9 etapas) da implementação do EVM.
2007	Putz, Maluf, Bell, Gurram, Hsu, Patel e Swanson	5 projetos da NASA - <i>NASA Ames Research Center</i> .	Padronização do controle e monitoramento de projetos por meio do EVM. Proposta de um método em que os gerentes de projetos consigam utilizar a ferramenta com o menor esforço (método mais fácil e rápido de implementar o EVM).
2007	Graham	NASA.	Gestão de custos e gestão de riscos. Utiliza o EVM como ferramenta de monitoramento e controle para melhorar a gestão de custos. Proposta de que o EVM auxilie no reconhecimento de riscos e incertezas das atividades durante o andamento do projeto.
2009	Attarzadeh e Hock	Projeto fictício - 10 amostras de projetos do MS <i>Project 2007</i> .	Muito parecido com o trabalho de Iranmanesh, Mojir e Kimiagari (2007). Modelo de previsão de prazo e custo por meio do <i>Earned Value</i> (EV). Desenvolvimento de um software para fazer simulação das atividades de um projeto e cálculo dos índices (amostras de projetos do MS <i>Project 2007</i>). Conclui que o modelo pode ser utilizado em projetos para estimar o indicador <i>Estimate at Completion</i> (EaC).
2009	Shokri-Ghasabeh e Akrami	Projeto de 15 meses no Iran - <i>Ardak-Mashad Water Supply</i> .	Implementação do EVM em um projeto no Iran com foco no monitoramento de prazos, uso do <i>Earned Schedule</i> (ES). Descreve os estágios de implementação da ferramenta e as dificuldades encontradas durante o processo.
2009	Lipke, Zwikael, Henderson e Anbari	12 projetos de desenvolvimento de produtos de alta tecnologia.	Previsão de custos e prazos de projetos utilizando <i>Earned Value Management</i> (EVM), <i>Earned Schedule</i> (ES) e métodos estatísticos.
2011	Naeni, Shadrokh e Salehipour	Projeto de pesquisa na área médica.	Trabalha com a incerteza nos indicadores do <i>Earned Value</i> (EV) por meio da lógica <i>fuzzy</i> . Conclui que o modelo desenvolvido é muito útil para a avaliação de projetos em que a incerteza aumenta ao longo do tempo.
2011	Warburton	Dados históricos de um projeto de software.	Proposta de incluir a dependência temporal nos indicadores do <i>Earned Value</i> (EV). O modelo se baseia em três parâmetros: o índice de rejeição das atividades, os custos extras e o prazo de retrabalho das atividades rejeitadas. Tal modelo estima, o quanto antes, os custos extras e os atrasos e é capaz de apresentar resultados com menores variações do que a fórmula padrão do indicador <i>Estimate at Completion</i> (EaC).
2011	Pajares e López-Paredes	Projeto fictício utilizado para ilustrar o modelo proposto.	Proposta de dois novos indicadores de monitoramento de projetos que integram o EVM e o Gerenciamento de Riscos. O modelo inclui nesses novos indicadores o risco presente em cada atividade do projeto e indica se os custos extras e os atrasos estão dentro da variação esperada.

Quadro 2.5 - Resumo dos trabalhos relacionados com o tema da pesquisa (continuação)

Ano	Autor(es)	Objeto de estudo	Foco da pesquisa/Resultados
2011	Khamidi, Ali e Idrus	Projeto de construção financiado pelo governo. Projeto na Malásia com início em dezembro de 2007 e previsão de término em 2013.	Estudo de caso que mostra a implementação do EVM como ferramenta de monitoramento e controle em um projeto de construção na Malásia.
2011	Lorenz, Bosch e Küttler	Projeto em uma linha de montagem - Projeto <i>Wendelstein 7-X</i> .	Implementação do EVM em três partes de um projeto de um processo de montagem. Conclui que a ferramenta pode ser utilizada para controle de projetos por meio de indicadores de desempenho transparentes.
2011	Cuadrado-García e Cuadrado-Gallego	Projetos de desenvolvimento de software.	Desenvolvimento de um modelo matemático para implementação do EVM como ferramenta de monitoramento e controle de projetos que permita apresentar não apenas um retrato da situação do projeto como também sua evolução (movimento). O modelo é validado em projetos reais de desenvolvimento de software.
2011	Naderpour e Mofid	Projeto de construção de um centro educacional em uma refinaria de petróleo.	O artigo discute os conceitos do EVM e seus métodos, seus indicadores de desempenho e de previsão. Compara o EVM com o método tradicional de monitoramento e controle.
2011	Vanhoucke	Projeto fictício - Simulação pelo Método de Monte Carlo.	Apresentação e avaliação de dois métodos de monitoramento e controle de projetos: <i>Earned Value Management</i> (EVM) e <i>Schedule Risk Analysis</i> (SRA). Utiliza projetos fictícios e a Simulação de Monte Carlo para avaliar os métodos e o monitoramento e o controle de projetos diante de incertezas.
2011	Hong, Kaihu e Wenli	Projeto de construção - PK <i>Highway Construction Project</i> .	Uso do EVM para controle e monitoramento de custos de um projeto de construção de uma estrada.
2011	Siu e Lu	Utiliza como exemplo um projeto do trabalho de Ahuja <i>et al.</i> (1994).	Modelo de monitoramento e controle de projetos por meio do EVM e a simulação a eventos discretos. Conclui-se que o método proposto é capaz de refletir o real desempenho do projeto considerando os atrasos e os custos extras das atividades ao longo do tempo.
2012	Ponz-Tienda, Pellicer e Yepes	Projeto de construção.	Incorporação da incerteza nos indicadores do <i>Earned Value</i> (EV) por meio da lógica <i>fuzzy</i> . Conclui que os resultados do modelo proposto apresentam resultados mais precisos em ambientes com incerteza do que o método tradicional.

Tendo como base o Quadro 2.3, pode-se perceber que a maioria dos trabalhos, 80%, tem como foco principal a utilização do EVM para monitoramento e controle de projetos (Tabela 2.3). Os demais trabalhos estão relacionados com a utilização do EVM como ferramenta de previsão de custos e prazos de projetos, o que também pode ser identificado como oportunidade de pesquisa e justificativa para este trabalho.

Tabela 2.3 - Formas de utilização do EVM nos trabalhos relacionados com a pesquisa

Função do EVM	Número de pesquisas
Monitoramento e controle	20
Previsão de prazo e custo	5

Já a pesquisa nas principais revistas internacionais sobre gestão de projetos pode servir como guia sobre as revistas em que os pesquisadores podem ter maiores chances de publicação de trabalhos que abordam o tema EVM. Além disso, pode auxiliar os pesquisadores na identificação dos trabalhos mais atuais sobre o assunto. De acordo com a Figura 2.5, a pesquisa realizada nas principais revistas sobre gestão de projetos permitiu que fossem encontrados 78 artigos contendo o termo EVM em qualquer lugar do trabalho.

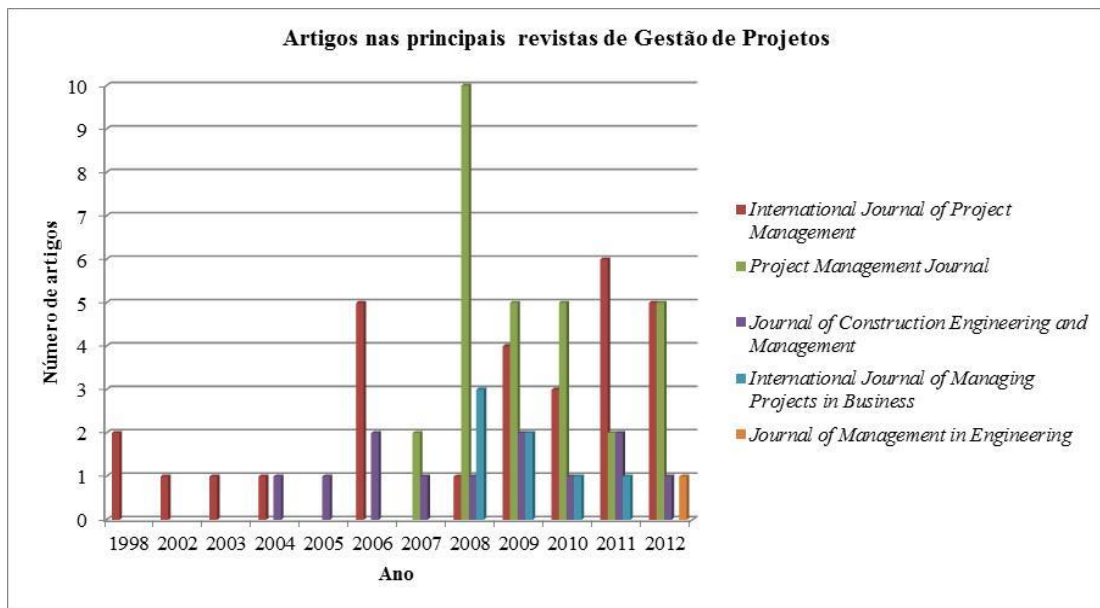


Figura 2.5 - Quantidade de artigos encontrados nas principais revistas sobre Gestão de Projetos

Percebe-se, a predominância das revistas *International Journal of Project Management* e *Project Management Journal* como as revistas com maior número de publicações, com um total de 29 artigos em cada uma delas. Vale mencionar que não foi encontrado nenhum trabalho nas revistas *Technovation*, *Research Policy* e *R&D Management*, por isso, elas não estão mencionadas na Figura 2.5. Vale ressaltar que os anos de 1999 a 2001 não estão descritos na Figura 2.5 e na Tabela 2.4, pois nenhum artigo foi encontrado neste período.

No entanto, para afirmar que a pesquisa sobre EVM tem crescido, buscou-se comparar o número de publicações sobre EVM com o total de trabalhos publicados nas revistas por ano. Essa análise foi feita apenas nas duas principais revistas, conforme as Tabelas 2.4 e 2.5.

Tabela 2.4 - Quantidade de trabalhos publicados na revista *International Journal of Project Management*

Ano	1998	2002	2003	2004	2006	2008	2009	2010	2011	2012	Total
Total de trabalhos	63	81	78	95	91	98	92	92	109	97	1.265
Trabalhos sobre EVM	2	1	1	1	5	1	4	3	6	5	29
% por ano	3,2%	1,2%	1,3%	1,1%	5,5%	1,0%	4,3%	3,3%	5,5%	5,2%	2,3%

Tabela 2.5 - Quantidade de trabalhos publicados na revista *Project Management Journal*

Ano	2007	2008	2009	2010	2011	2012	Total
Total de trabalhos	25	63	53	66	66	57	330
Trabalhos sobre EVM	2	10	5	5	2	5	29
% por ano	8,0%	15,9%	9,4%	7,6%	3,0%	8,8%	8,8%

Com base nas informações das Tabelas 2.4 e 2.5, foi possível também, elaborar um gráfico (Figura 2.6) comparando o crescimento das publicações sobre o tema nas duas revistas.

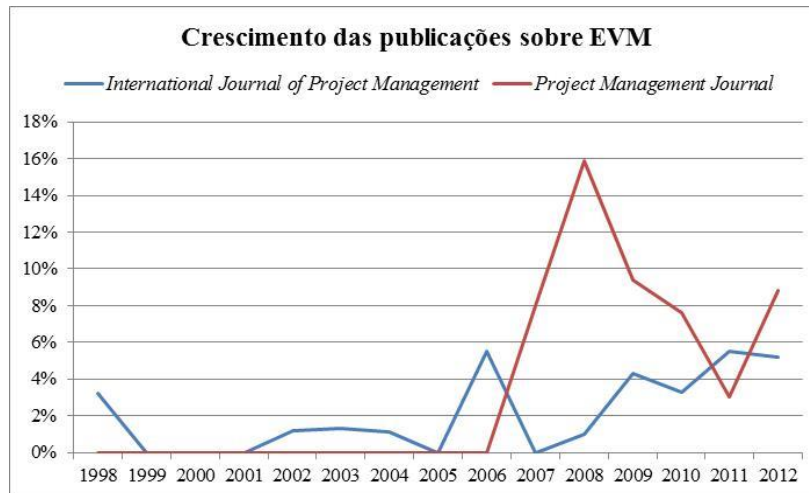


Figura 2.6 - Comparação entre as revistas *International Journal of Project Management* e *Project Management Journal*

Assim, pode-se observar que, embora exista um aumento na quantidade de pesquisas sobre o tema, esse volume ainda é pequeno em relação à quantidade de artigos publicados pelas revistas, o que pode indicar uma oportunidade para publicações futuras. Além disso, pode-se constatar a predominância da revista *Project Management Journal*. Com isso, essa revista pode ser utilizada como principal fonte de pesquisa e como foco para submissão de artigos.

Com os resultados coletados e analisados, é possível considerar algumas oportunidades e tendências sobre as pesquisas em torno do tema EVM.

Considerando, portanto, que o EVM é um tema importante não apenas na área acadêmica, como também nas empresas, que as incertezas são comuns nas atividades dos projetos e que os indicadores do EVM e do ES não consideram estas incertezas em seus resultados, para que o objetivo deste trabalho seja cumprido, é importante verificar como tais incertezas podem ser tratadas e incorporadas.

2.7 Controle: Risco e Incerteza

O gerenciamento de riscos tem recebido grande reconhecimento na área de gerenciamento de projetos (KWAK e STODDARD, 2004). Além disso, segundo Emblemavag e Kjolstad (2006), o gerenciamento de riscos é bastante importante devido às mudanças frequentes do

mercado. Para Godoy (2011), as aplicações do gerenciamento de riscos podem ser encontradas em diversos projetos de diferentes segmentos.

Para Besner e Hobbs (2012), o gerenciamento de riscos está relacionado com uma série de práticas e ferramentas utilizadas para administrar os riscos de um projeto. Desta forma, reconhece-se o gerenciamento de riscos como uma “área de conhecimento” ou “processo” separado, que possui técnicas e instrumentos exclusivos. Grande parte da literatura a cerca do tema gerenciamento de projetos utiliza os conceitos de risco e incerteza de forma ambígua. No entanto, muitos autores insistem na importância de se distinguir tais conceitos. Apesar dos esforços para esclarecer estes dois termos, muito conflito ainda persiste.

Para Loizou e French (2012), existem diversas definições para riscos e incertezas, que variam de acordo com o contexto em que estão inseridas. Assim, Sloman (1995) *apud* Loizou e French (2012), utiliza a seguinte definição:

- Risco: quando se **conhece** a probabilidade de ocorrência ou não de um evento/resultado.
- Incerteza: quando se **desconhece** a probabilidade de ocorrência ou não de um evento/resultado.

Pender (2001) complementa tal definição afirmando que o risco se aplica para casos em que existem repetições e é possível “replicar”. Já a incerteza se aplica aos casos em que não se possui um conhecimento prévio e não é possível “replicar”. Já para Knight (2009), risco se refere a situações em que se conhece a distribuição de probabilidade dos resultados. Já as incertezas referem-se a situações em que não se conhece a distribuição de probabilidade dos resultados.

A diferença entre risco e incerteza também pode ser explicada utilizando como base o exemplo disponível no *Forecasting Guide Book* (2009):

- Risco: um evento que impacta nos custos, prazos e desempenho e que pode ser quantificado em termos de impacto e probabilidade de ocorrência. Por exemplo, uma coleta de dados em campo deve ser analisada com o objetivo de obter informações estatísticas sobre ocorrência de falha (1 falha para cada 10 horas de voo, por exemplo).
- Incerteza: deve-se expressá-la por meio de uma variação de custo (\$1.000 a \$2.000) ou de prazo (16 a 24 meses) entre os limites reais em que os valores podem estar. Outra forma de expressá-la é considerando três pontos de estimativa (menor, mais provável e maior). Ambos os métodos permitem o uso de técnicas de simulação para obter funções de probabilidade. Porém, é impossível determinar probabilidades para incertezas, pois, neste caso, a incerteza passaria a ser risco.

A incerteza, portanto, se deve à falta de informação ou a informações erradas a respeito das variáveis de entrada utilizadas. Quando não se pode confirmar a veracidade de uma variável de entrada, tem-se, então, resultados incertos. Entretanto, quando se pode assegurar uma probabilidade a cerca das variáveis de entrada, pode-se determinar uma série de resultados possíveis, que são também chamados de medidas de risco (BYRNE, 1995).

Assim como em outras áreas de conhecimento, o gerenciamento de projetos tem lidado com a incerteza por meio de teorias de probabilidade. As teorias de probabilidade guiam o gerenciamento de risco no PMBoK (*Project Management Body of Knowledge*) e nos demais padrões nacionais e internacionais de gerenciamento. No entanto, outras áreas como a pesquisa operacional e a gestão financeira já reconhecem que alguns aspectos das incertezas não podem ser analisados por meio de métodos probabilísticos. Este mesmo princípio deve ser adotado pelo gerenciamento de projetos. Pois, as teorias de probabilidade não podem lidar com importantes aspectos das incertezas em projetos e não podem explicar importantes aspectos das práticas de gerenciamento de projetos (PENDER, 2001). Por isso, neste trabalho, os resultados apresentados na simulação são possibilidades de resultados finais de projetos, e não probabilidades. Assim como no trabalho de Godoy (2011), que adota o termo distribuição de possibilidades levando em consideração que a curva com três pontos (pessimista, mais provável e otimista) não representa, necessariamente, uma distribuição de probabilidades, mas sim as possibilidades que cada variável pode assumir.

O trabalho de Besner e Hobbs (2012) avalia a relação entre o gerenciamento de riscos e o nível de incerteza do projeto. Ou seja, relaciona incerteza com o grau de definição e informação do projeto. A pesquisa mostrou que o uso de técnicas e ferramentas de gestão de riscos está negativamente relacionado com o nível de incerteza do projeto. O resultado da pesquisa pode ser comprovado pelo fato de que existe uma tendência por parte dos gerentes de projetos de utilizarem mais as técnicas e ferramentas em projetos em que o contexto está melhor definido.

French e Gabrielli (2006) afirmam que quanto mais profunda é a análise em relação ao futuro, mais incertos são os resultados. Assim, os resultados de uma análise são certos apenas quando se pode prever o futuro. Diante disso, o risco é a medida da diferença entre os resultados atuais e futuros de uma análise.

Nesse trabalho são tratadas as incertezas. São diversas as fontes de incertezas e estas influenciam diretamente nos projetos. O gerenciamento das incertezas é visto como fundamental para o eficiente gerenciamento de um projeto (ATKINSON, CRAWFORD & WARD, 2006).

A preocupação com o termo incerteza tem crescido em diversas áreas de pesquisa como a pesquisa operacional, a administração financeira e o gerenciamento de projetos. Os gerentes de projeto reconhecem a importância de administrar as incertezas, porém, o reconhecimento formal como uma área do gerenciamento de projeto ainda é recente. Isso pode ser percebido pelo fato de que o gerenciamento de risco tornou-se uma área de conhecimento do gerenciamento de projetos pelo PMI apenas em 1986/87 (PENDER, 2001).

Assim, diante da importância de se considerar as incertezas nas atividades dos projetos, deve-se, portanto, conhecer quais são os tipos de incertezas e como eles podem impactar nos resultados de custos e prazos dos projetos.

2.7.1 Tipos de incerteza

O trabalho de Atkinson, Crawford e Ward (2006) aborda os tipos de incerteza presentes nos projetos e o que deve ser feito para administrá-las. As incertezas não estão relacionadas apenas a eventos grandes e complexos, mas também à falta de informação, ambiguidade, características dos fornecedores, entre outros fatores dos diferentes estágios do ciclo de vida de um projeto. Os mesmos autores caracterizam de três formas a incerteza associada com:

- As estimativas: está relacionada com as possíveis variações de algumas medidas de desempenho como custo, prazo e qualidade do projeto.
- Os fornecedores do projeto: trata-se da incerteza em relação ao desempenho que os fornecedores conseguem alcançar, aos objetivos de cada fornecedor, à qualidade e à confiabilidade dos produtos e serviços entregues, ao quanto o objetivo dos fornecedores está alinhado ao objetivo do cliente, entre outros. Quando fornecedores e clientes não fazem parte da mesma organização, os problemas mencionados anteriormente se tornam um desafio para o sucesso do projeto. Já quando fazem parte da mesma organização, espera-se que tais problemas sejam menores, tendo em vista que as trocas de informações podem ser feitas de forma mais rápida.
- Os estágios do ciclo de vida do projeto: as fontes das incertezas muitas vezes estão relacionadas com processos comuns do gerenciamento de projetos existentes em todas as etapas de seu ciclo de vida. Os questionamentos a cerca das variáveis de entrada do projeto e expectativas dos clientes devem ser feitos nas fases iniciais de seu ciclo de vida. Dessa forma, é possível conhecer e prever as incertezas e tomar as ações corretivas necessárias para reduzi-las.

Já Barber (2005), aponta outro tipo de incerteza que pode afetar o resultado do projeto. São as incertezas provenientes dos valores, das crenças e do comportamento humano. Estimar tais

tipos de incertezas é subjetivo, uma vez que são fatores difíceis de quantificar. Os tipos de incertezas podem estar presentes e impactar tanto os custos quanto os prazos dos projetos. Nos tópicos 2.7.2 e 2.7.3 deste trabalho são, portanto, apresentadas as incertezas nos custos e nos prazos.

2.7.2 Incertezas em custos

De acordo com PMI (2004), a estimativa de custos é o processo em que se conhecem os custos relacionados a cada um dos recursos necessários para o projeto. É importante estimar os custos nas fases iniciais do projeto, pois com isso é possível conhecer e minimizar os riscos, contribuindo para o sucesso do projeto (VOJINOVIC e KECCMAN, 2001). No mais, a estimativa dos custos serve como base para realização de outras atividades do projeto como análise de viabilidade e orçamentação (LI, SHEN e LOVE, 2005).

De acordo com Stamelos e Angelis (2001), a estimativa de custos é um processo chave do projeto. Com isso, muitos pesquisadores tem como objetivo apurar a precisão das ferramentas de estimativa de custos, uma vez que nas fases iniciais do projeto as informações são escassas e as incertezas são inúmeras. Assim, diferentes formas de realizar a estimativa de custos de projetos tem sido propostas na literatura.

A estimativa de custos pode ser feita de algumas formas, como:

- com base na experiência de especialistas ou dados históricos (KIM *et al.*, 2004);
- tendo como exemplo projetos semelhantes já desenvolvidos (SHEPPERD e SCHOFIELD, 1997); e
- de acordo com a lista de recursos necessários para execução do projeto (ENSHASSI, MOHAMED e MADI, 2005).

É comum superestimar ou subestimar os valores de custos, trazendo consequências indesejadas para o projeto (KWAK e WATSON, 2005). De acordo com Flyvbjerg, Holm e Buhl (2002), por exemplo, nove em cada dez projetos tem os custos subestimados. Para Kwak e Watson (2005), quando os valores de custos são subestimados, pode-se concluir que o projeto não será finalizado dentro dos parâmetros determinados no escopo. Já quando se superestima os custos, é possível que se perca o contrato para concorrentes com preços mais baixos.

Os principais fatores que afetam a precisão das estimativas de custos de um projeto são as informações disponíveis, os requisitos e recursos necessários, a complexidade do projeto, as mudanças do mercado, os contratos elaborados e o comportamento dos fornecedores (ENSHASSI, MOHAMED e MADI, 2005).

Na literatura, é possível encontrar diversos estudos que abordam as estimativas e as incertezas nos custos das atividades que compõem um projeto (GODOY, 2011). Moon, Kim e Kwon (2007) apresentam como forma de estimar os custos o levantamento de dados históricos de custos das atividades, obtendo, então, uma distribuição de probabilidades para cada atividade. Porém, em muitos casos, os dados históricos não estão disponíveis. Nesse caso, tem-se a simulação como uma alternativa. Já Picken e Mak (2001) afirmam que é necessário realizar uma análise e conhecer os potenciais riscos do projeto para, então, incorporar um valor de contingência adicional nos custos estimados.

O trabalho de Elkjaer (2000) utiliza um método estatístico para obter o orçamento de um projeto. As etapas para implementação desse método são:

- 1 - Analisar o risco, com base na experiência dos gestores, para conhecer as incertezas presentes em cada uma das atividades do projeto.
- 2 - Determinar os “riscos genéricos” que afetam os custos de todas as atividades. Esses riscos são valores percentuais que devem ser somados aos custos de cada atividade de forma a criar uma contingência.
- 3 - Obter os valores estimados para cada atividade do projeto na forma de um intervalo estatístico com três pontos (pessimista, realista e otimista).
- 4 - Realizar a Simulação de Monte Carlo a fim de obter uma distribuição de possibilidades com os possíveis valores de orçamento final do projeto.

A sistemática proposta neste trabalho leva em consideração os passos do trabalho de Elkjaer (2000).

2.7.3 Incertezas em prazos

Para determinar o prazo de um projeto, recomenda-se a elaboração de um cronograma em que as atividades são colocadas em uma sequência e se estabelece uma lógica de procedência entre elas (ALBENY, 2007).

Os prazos, portanto, podem ser estimados de algumas formas, dentre elas:

- com base na experiência de especialistas e dados históricos (AHUJA e THIRUVENGADAM, 2004);
- por meio da opinião de especialistas e considerando dados estatísticos por meio de distribuições de probabilidades (ZHU, BARD e YU, 2007).

Assim, pode-se observar que muitas pesquisas propõem métodos e técnicas para realização de estimativas de prazos de projetos. Porém, tais métodos são desenvolvidos com base em valores determinísticos (AL-TABBAA e RUSTOM, 2011). Segundo Zafra-Cabeza, Ridao e

Camacho (2008), muito se discute a respeito dos riscos e incertezas presentes no gerenciamento de prazos. Além disso, Stamelos e Angelis (2001) afirmam que as estimativas que produzem distribuições de probabilidades com intervalos de incerteza são mais seguras.

Para Fortin *et al.* (2010), as incertezas estão presentes desde o momento da determinação das datas de início e fim das atividades, uma vez que, no início do planejamento, informações como métodos de trabalho e recursos necessários ainda não podem ser detalhadas. Como cada projeto acontece em ocasiões e lugares diferentes, as estimativas de prazos estão sujeitas a erro mesmo ao se utilizar a experiência passada ou distribuições de probabilidade para incorporar a incerteza nos prazos. Pois, tais estudos estatísticos podem não refletir exatamente as condições do novo projeto.

Os métodos utilizados para estimar os cronogramas são determinísticos e insuficientes para proteger os projetos de suas incertezas. Diante disso, o objetivo da pesquisa de Bruni *et al.* (2011) é tratar o problema das incertezas durante as estimativas de prazos em projetos de construção civil.

Outro fator que contribui para as incertezas do projeto está relacionado com a elaboração de cronograma e a análise de procedência entre as atividades. Pois, quando não se analisa corretamente a procedência entre as atividades, pode-se determinar o caminho crítico do projeto de forma errada, prejudicando as informações para tomada de decisão e comprometendo o sucesso do projeto (YANG e CHEN, 2000).

Já McLain (2009) afirma que atividades novas para os executores (pessoal sem experiência) ou um grande número de atividades, recursos e fornecedores tornam o projeto mais complexo e, conseqüentemente, com mais incertezas. Assim, o trabalho deste autor se propõe a quantificar e incorporar estas incertezas durante a estimativa de prazos de projetos.

Existem diversas formas de lidar com as incertezas em prazos de projetos como Ke e Liu (2005), que utilizam um algoritmo genético; Oke e Charles-Owaba (2006), que utilizam lógica *fuzzy*; e Li *et al.* (2009), que incorpora a incerteza nos prazos por meio da prototipagem virtual.

Para Bruni *et al.* (2011), as principais ferramentas de gerenciamento de riscos consideram que as incertezas podem ser quantificadas por meio de análises estatísticas e por dados históricos. No entanto, quando os tipos de incertezas encontrados nos projetos durante a elaboração de cronogramas não se enquadram nas teorias de probabilidade, a lógica *fuzzy* ou a teoria das possibilidades podem ser utilizadas.

Com base no *The Forecasting Guide Book* (2009), as principais formas de conhecer a incerteza nas estimativas de prazos das atividades são coletando informações de especialistas,

reunindo diversas estimativas e revisando dados históricos. Após obter tais informações, a Simulação de Monte Carlo (SMC) utiliza números aleatórios para determinar os prazos das atividades por meio de sua distribuição de probabilidade. Os resultados da simulação informam as possibilidades de data de conclusão do projeto.

Os prazos e custos de cada atividade do projeto unidade de análise deste trabalho são estimados por meio de uma combinação dos métodos expostos nos tópicos 2.7.2 e 2.7.3. Sendo assim, com o objetivo de obter valores que consideram as incertezas do projeto, os prazos e custos das atividades são dados em três valores (pessimista, mais provável e otimista), que são explicados nas seções 3.4 e 4 deste trabalho.

Como no projeto unidade de análise não existem dados históricos, não é possível aplicar equações matemáticas para obter os indicadores do EVM em forma de distribuições de possibilidades. Por isso, recorre-se, então, à SMC.

2.8 Simulação pelo Método de Monte Carlo

Segundo Kwak e Ingall (2009), a SMC geralmente é mencionada na literatura sobre gerenciamento de projetos dentro dos tópicos de gerenciamento de riscos, prazos e custos. Ainda segundo os mesmos autores, a SMC possui:

- Vantagens: (1) fornece informações que auxiliam os gerentes de projetos em argumentações e negociações com a administração geral, clientes e fornecedores; e (2) a distribuição de probabilidade sobre o custo final de um projeto pode ser utilizada para anular uma possível reserva de orçamento (contingência), que muitas vezes fica preservada para ser utilizada em eventos inesperados.

- Desvantagem: os resultados da SMC são bons apenas quando as informações utilizadas para realizar a modelagem são corretas, adequadas e refletem a realidade do projeto. Se o modelo é feito com base em informações incompletas ou erradas, a simulação não vai refletir os valores reais, perdendo sua acurácia.

Historicamente, o que se utiliza é um modelo de avaliação de desempenho com base em um único ponto. Os valores são determinados com base em variáveis de entrada pré-determinadas e fixas. Desta forma, a análise de cenário pode ser utilizada para testar as estimativas de um único ponto para cada variável, produzindo um valor ótimo e o pior valor com base em um mesmo cálculo. Tais modelos tem sido melhorados e modificados com o objetivo de permitir que o analista observe e quantifique as incertezas presentes na situação que está sendo modelada. A partir daí, as análises não são mais feitas com base em um único ponto estimado, e sim com base em uma distribuição com uma série de resultados (BYRNE, 1995). Assim, de

acordo com Loizou e French (2012), por meio da SMC, o analista pode modificar sua análise com base em um ponto fixo e incluir a incerteza no modelo. Isso tem sido aceito pelos analistas, que utilizam programas como o *CristalBall* e o *@Risk* (versão 5.5) para modelar as incertezas relativas a cada variável.

Diante do contexto de gerenciamento de projetos, a SMC é uma técnica que calcula, por meio de iterações, os custos e os prazos de um projeto. Isso é feito utilizando como variável de entrada valores aleatórios de uma distribuição de probabilidade de possíveis custos e prazos do projeto. Como resultado, tem-se uma distribuição com os possíveis custos finais e datas de conclusão do projeto (PMI, 2004).

Button (2003), afirma que a SMC pode ser utilizada para simular a duração de um projeto e estabelecer suas datas de conclusão. A SMC é geralmente utilizada pelos gerentes de projetos durante o processo de análise de riscos. No entanto, a SMC ainda não encontrou uma posição consolidada nas práticas do gerenciamento de projetos no “mundo real”. Os gerentes de projetos devem, portanto, usufruir das vantagens da SMC no gerenciamento dos riscos e das incertezas dos projetos (KWAK e INGALL, 2009).

De acordo com Pajares e López-Paredes (2011), a SMC é um método importante capaz de lidar com as incertezas de um projeto. Por meio da SMC, pode-se responder questões como, por exemplo: **“qual a probabilidade do projeto acabar antes de 18 meses?”**. Os gerentes de projetos são, portanto, capazes de medir o risco (em forma de desvio padrão) antes do projeto ter início. Porém, enquanto o projeto está em andamento, é ainda importante reavaliar os riscos remanescentes. Desta forma, em qualquer momento durante a execução do projeto, é possível realizar uma nova análise de risco e uma nova simulação para reavaliar o desempenho de prazos e custos do projeto.

Segundo *The Forecasting Guide Book* (2009), a análise de riscos em relação aos custos e prazos de um projeto, bem como a análise das incertezas deve considerar as seguintes informações:

- Quais são os riscos que podem comprometer o sucesso previsto para o projeto. Tais riscos são geralmente encontrados no documento de registro de riscos preparado no início do planejamento do projeto.
- As distribuições de probabilidades, geralmente especificadas por um valor estimado de custo e duração da atividade.
- A probabilidade de um dos riscos registrados ocorrer e a distribuição de probabilidade do impacto caso esse risco venha mesmo a ocorrer.
- A probabilidade de ocorrer falhas e retrabalhos.

- A correlação entre os prazos e os custos das atividades.

O objetivo da simulação é desenvolver uma distribuição de probabilidade que quantifique os riscos e informe os possíveis resultados finais de custos e prazos. Com isso, é possível determinar intervalos de tolerância como, por exemplo, o gerente de projeto adotar um plano de trabalho com 70% de possibilidade do projeto ser encerrado dentro do prazo determinado. Pode-se, portanto, adotar um plano que seja compatível com o nível de confiança desejado. Esse tipo de análise pode auxiliar o gerente de projeto a quantificar o impacto das mudanças nas atividades do projeto. Para tanto, ao desenvolver uma análise dos riscos é necessário avaliar todos os riscos e incluí-los nas análises. E, para desenvolver a distribuição de probabilidades, geralmente utilizam-se três pontos (melhor, mais provável e pior). Após determinar tais distribuições de probabilidade, realiza-se a SMC e tem-se como resultado uma curva acumulada de distribuição, que indica a probabilidade associada com as variações de custo e prazo final do projeto (THE FORECASTING GUIDE BOOK, 2009).

Ao gerenciar os custos e os prazos de um projeto, a SMC pode ser adotada para que o gerente de projeto quantifique o nível de confiança que ele pode ter em relação as suas estimativas de prazos e custos finais. Assim, utilizam-se os três pontos para realizar as estimativas e estes três pontos se ajustam a uma distribuição de probabilidade como uma Normal, Beta, Triangular, entre outras. Uma vez que a simulação é feita, o gerente de projeto está apto a informar a possibilidade de se conseguir encerrar o projeto dentro dos custos e prazos determinados. Essas atividades podem ser feitas em softwares por meio de *add-ins* como o *@Risk* ou o *Risk+* (KWAK e INGALL, 2009).

Loizou e French (2012) também descrevem as etapas para realizar a SMC:

- 1 - Definir os recursos desenvolvendo um modelo determinístico da estimativa.
- 2 - Identificar a incerteza na estimativa especificando os possíveis valores das variáveis. Para French e Gabrielli (2006), nesta etapa, definem-se os valores mínimos, máximos e médios das variáveis de entrada.
- 3 - Analisar a estimativa com a simulação. As iterações acontecem repetidamente a fim de determinar as probabilidades de todos os resultados possíveis do modelo. Segundo French e Gabrielli (2006), o que se tem como resultado da simulação é a média de todos os valores calculados.

Neste trabalho, os cálculos necessários para monitoramento e previsão do projeto por meio do EVM e do ES são feitos utilizando a Simulação de Monte Carlo, bem como as descrições, métodos e etapas de implementação descritos anteriormente.

2.9 Trabalhos relacionados

Assim como apresentado no Quadro 2.3, existem alguns trabalhos envolvendo esse tema considerando diferentes abordagens (cerca de 20% dos trabalhos encontrados diretamente relacionados com o tema desta pesquisa referem-se à incorporação da incerteza nos indicadores do EVM).

Embora existam diretrizes que se aplicam a todo gerenciamento de riscos, não existe uma forma única e correta para gerenciar os riscos de um projeto, uma vez que cada projeto tem suas características particulares (PENNOCK e HAIMES, 2002).

O EVM tem sido utilizado com pequenas mudanças desde sua origem em 1960 no Departamento de Defesa dos Estados Unidos. O EVM não leva em consideração a análise e as variações de risco do projeto. No entanto, existem diversas metodologias que lidam com os riscos do projeto em termos de suas incertezas (PAJARES e LÓPEZ-PAREDES, 2011). Segundo Bower e Finegan (2009), quanto mais precisos os dados utilizados pelo EVM, maior a confiabilidade das informações fornecidas por ele.

Após definir, levantar e classificar os riscos e as incertezas que impactam um projeto, é necessário atribuir a eles um valor numérico na forma de distribuições de probabilidades. Assim, os métodos e técnicas de análise quantitativa de riscos auxiliam para que as informações de prazo e custo adquiridas por meio do EVM sejam representadas por distribuições de possibilidades (GODOY, 2011).

Uma das primeiras formas de tratar os riscos dos projetos (em termos de variações) era calculando as estimativas e variações do prazo final de um projeto considerando a soma dos prazos e variações de cada uma das atividades pertencentes ao caminho crítico do projeto (sendo as atividades estatisticamente independentes). Entretanto, esse método pode fornecer estimativas erradas de prazos e custos, uma vez que o caminho crítico muda ao longo da execução do projeto. Situações inesperadas e não planejadas acontecem durante o ciclo de vida do projeto, afetando não só seu desempenho atual, como também seu desempenho futuro e seus riscos. Dessa forma, aconselha-se saber identificar quando os atrasos ou custos extras estão dentro da variação esperada, ou se existem eventos inesperados que estão fazendo o projeto sair de controle (PAJARES e LÓPEZ-PAREDES, 2011). Tais autores, portanto, fizeram a proposta de integrar a incerteza no EVM para melhorar o controle dos projetos. Com isso, propuseram dois novos indicadores que combinam o EVM com o gerenciamento de riscos. Desta forma, comparou-se as variações de custos e prazos do EVM com os desvios que o projeto deve ter diante das condições das análises de risco. Esses dois novos indicadores

permitem que os gerentes de projetos identifiquem se os custos extras e os atrasos estão dentro da variação esperada ou se medidas corretivas e mudanças de planejamento são necessárias. Com isso, tais autores apresentaram uma proposta de novas medições e indicadores que comparam as variações de custos e prazos com um desvio máximo permitido. Isso se mostra importante devido ao fato de que os gerentes de projetos não devem esperar até o final do projeto para saber se os custos extras aconteceram dentro da variação esperada. Pois, constantemente, durante o ciclo de vida do projeto, deve-se conhecer os custos extras e atrasos e saber se eles estão dentro das variações esperadas. Tal pesquisa utilizou a SMC por meio de software *CrystalBall* (versão 7.2) e foram feitas cem mil iterações. Os cálculos foram feitos considerando duas contingências: uma para o custo e outra para o prazo do projeto, ambas computadas considerando as características estatísticas da distribuição de probabilidades dos custos e dos prazos do projeto. Assim, a contingência de custo é a diferença entre o maior valor de custo possível e o valor de custo médio. Da mesma forma, a contingência de prazo é a diferença entre o maior prazo possível para o projeto e o prazo médio. Tais valores máximos para os custos e os prazos são determinados pelo gerente do projeto. Então, essas contingências são fragmentadas em todos os momentos de monitoramento e controle do projeto. Assim, pode-se estimar quanto o custo e o prazo vão se afastar dos valores planejados. Para fragmentar tais contingências, utilizam-se pesos, que são proporcionais à redução dos riscos esperada a cada intervalo de monitoramento.

Lipke *et al.* (2009), tiveram como objetivo mostrar que os intervalos de custos e prazos obtidos por meio de cálculos estatísticos fornecem informações confiáveis para o gerenciamento de projetos. Desta forma, a pesquisa apresentou os resultados de previsão de custo final e prazo de projetos calculados por meio de métodos estatísticos nos indicadores CPI, do EVM, e SPI(t), do ES. Tais testes estatísticos de previsão de custos e prazos apresentaram um bom desempenho independente do nível de confiança escolhido. Conclui-se, porém, que adotar um intervalo de confiança de 90% é o mais adequado para a maioria dos projetos.

A motivação em torno da pesquisa de Naeni, Shadrokh e Salehipour (2011) se deve ao fato de que as incertezas são consideradas de forma determinística em todos os cálculos de EV disponíveis. As informações sobre as atividades de um projeto surgem do julgamento das pessoas e, portanto, carregam um determinado nível de incerteza. Considerar estas incertezas nas interpretações e nos cálculos não só auxilia a avaliar melhor o desempenho do projeto, como também a expandir a aplicabilidade do EV em projetos reais que possuem diversas incertezas.

O trabalho de Vanhoucke (2011) apresenta dois métodos de detecção de problemas durante a fase de acompanhamento de projetos. O autor também compara e avalia a eficiência e a qualidade das ações corretivas e da capacidade de tais métodos em trazer os parâmetros dos projetos de volta para seus planos originais. Duas abordagens (*Earned Value Management* e *Schedule Risk Analysis Method*) são aplicadas em uma série de dados de projetos fictícios por meio da SMC com o objetivo de simular o progresso dos projetos mediante incertezas. Os experimentos indicaram que o EVM é bastante eficiente em projetos com atividades estruturadas em série, já o *Schedule Risk Analysis Method* é melhor em projetos que possuem atividades em paralelo.

Segundo Bagherpour *et al.* (2010), o prazo das atividades de um projeto está, geralmente, relacionado com informações ambíguas e estimativas imprecisas, o que demonstra o envolvimento com eventos incontrolláveis e desconhecidos como as condições climáticas, experiência da equipe de trabalho e retrabalhos. Faz-se importante, portanto, desenvolver um método que lida com essas questões. Com o objetivo de resolver tal problema, a proposta destes autores é utilizar a lógica *fuzzy* para criar um modelo que associa a incerteza nos prazos das atividades de um projeto com o EVM. Tal trabalho utiliza a triangulação para solucionar o problema. E, de acordo com a Figura 2.7, a duração de cada atividade é representada por variáveis da seguinte forma: variável *a*, prazo otimista; *b*, prazo realista e *c*, prazo pessimista. Assim, os indicadores de custos e de prazo de resultado final do projeto são calculados considerando estas variáveis.

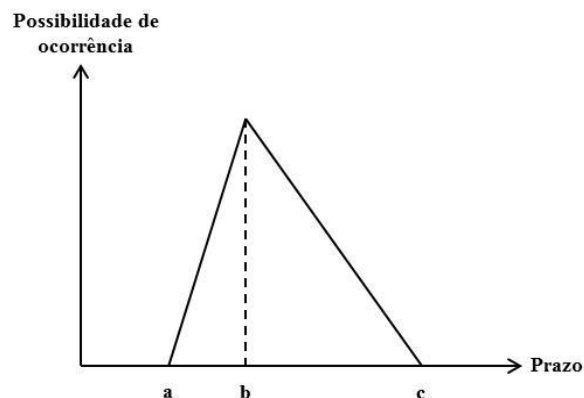


Figura 2.7 - Exemplo de distribuição triangular
Fonte: adaptado de Bagherpour *et al.* (2010)

Desta forma, considerando os conceitos e métodos propostos pelos trabalhos relacionados ao tema desta pesquisa, bem como todo o referencial teórico apresentado, tem-se, no tópico 2.10, a descrição da sistemática proposta de incorporação da incerteza nos indicadores de previsão utilizados pelo EVM e pelo ES.

2.10 Sistemática Proposta

A Figura 2.8 indica as etapas para implementação da sistemática proposta e fundamenta-se em Raby (2000), Atkinson, Crawford e Ward (2006), Elkjaer (2000), *The Forecasting Guide Book* (2009), Godoy (2011) e Loizou e French (2012).

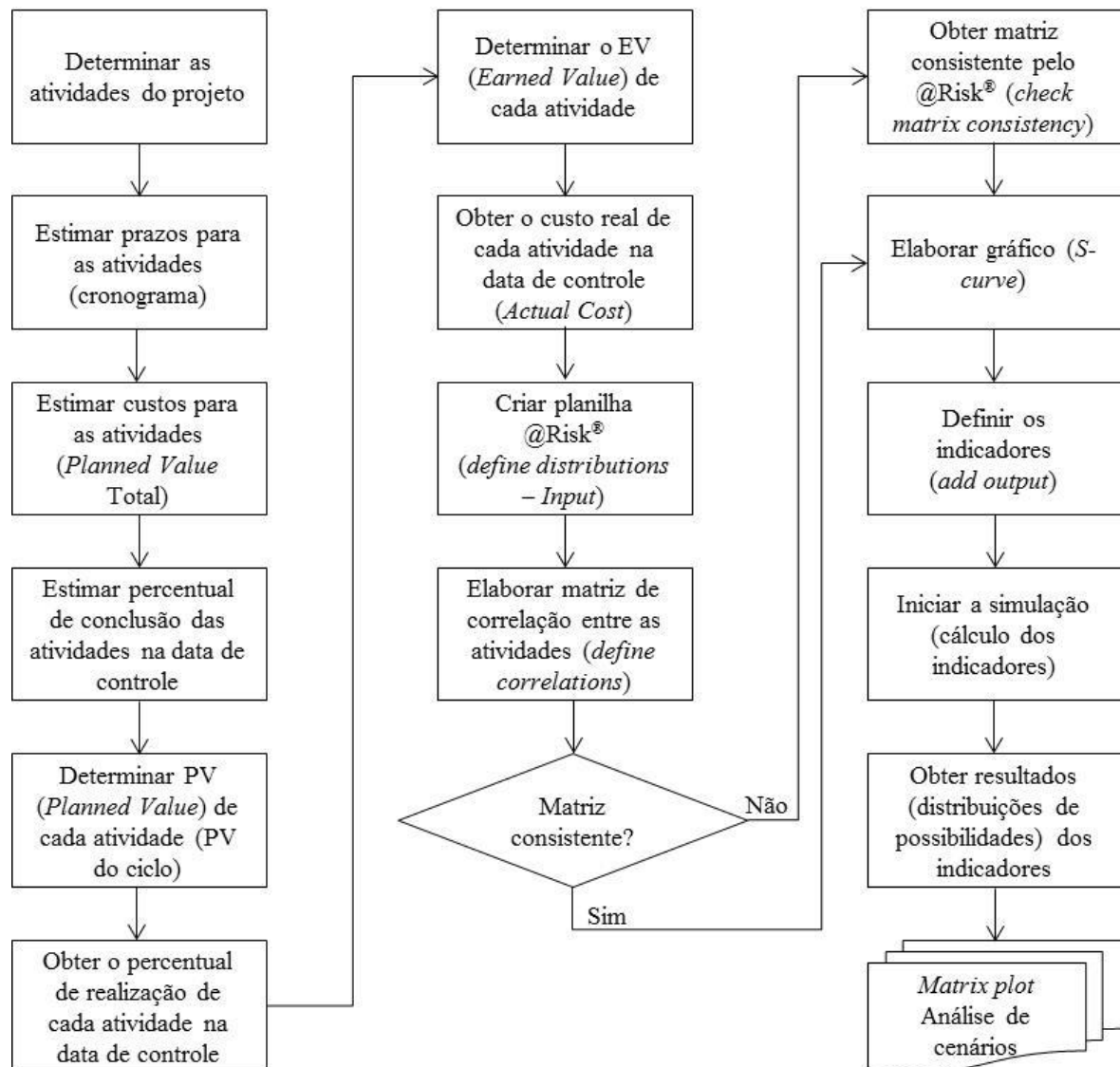


Figura 2.8 - Fluxograma com as etapas para implementação da sistemática proposta

Passo 1 – *Determinar as atividades do projeto*. Isso deve acontecer, segundo PMI (2004), na fase de planejamento do projeto, em que se determinam as atividades e o sequenciamento delas para que o projeto atenda o escopo e os objetivos pré-estabelecidos.

Passo 2 – *Estimar prazos para as atividades (cronograma)*. Assim como para Zhu, Bard e Yu (2007), os prazos devem ser estimados por meio da opinião de especialistas.

Passo 3 – *Estimar custos para as atividades (Planned Value Total)*. Segundo Enshassi, Mohamed e Madi (2005), uma das formas de se estimar os custos das atividades é observando a lista de recursos necessários para execução do projeto.

As informações referentes aos passos 1, 2 e 3 devem ser coletadas durante entrevistas com o gerente do projeto (especialista). Em seguida, deve-se determinar as datas de monitoramento e controle do projeto, que são as datas em que os demais dados serão coletados e a simulação será feita.

Passo 4 – *Estimar o percentual de conclusão das atividades na data de controle.*

Passo 5 – *Determinar PV (Planned Value) de cada atividade (PV do ciclo de pesquisa-ação).*

Passo 6 – *Obter o percentual de realização (percentual de conclusão) de cada atividade na data de controle.*

Esses valores adquiridos nos passos 4, 5 e 6 devem ser informados pelo gerente do projeto. As atividades que não foram completamente concluídas devem ser reavaliadas e deve-se reestimar os cenários pessimista, mais provável e otimista. Desta forma, uma nova incerteza é incorporada na atividade até que ela seja concluída.

Além disso, os passos 4, 5 e 6 devem ser executados com base no trabalho de Raby (2000), que descreve as etapas para a implementação do EVM no monitoramento de um projeto.

Vale ressaltar que as estimativas e dados coletados do passo 2 ao passo 6 devem ser feitas considerando três cenários (pessimista, mais provável e otimista). Desta forma, com base na opinião do gerente do projeto, deve-se classificar os riscos e o nível de incerteza para cada uma das atividades (ELKJAER, 2000). Com isso, adotam-se distribuições triangulares de possibilidades que representam os valores, sendo o cenário pessimista, o maior valor; o cenário mais provável, a média; e o cenário otimista, o menor valor. Os trabalhos de Elkjaer (2000), Schatteman *et al.* (2008), Bagherpour *et al.* (2010) e Godoy (2011) também utilizam a distribuição triangular para estimar os prazos e os custos das atividades de projetos.

De acordo com Godoy (2011), os pontos dessa distribuição podem ser levantados de diversas formas, sendo, uma delas, a seleção subjetiva de valores por meio de dados históricos e da experiência do estimador. No entanto, segundo Hillson e Hulett (2004), muitas vezes não se tem dados históricos de um projeto, uma vez cada projeto é único e possui suas particularidades. Por isso, neste trabalho, são realizadas entrevistas com o gerente do projeto para coleta de informações necessárias para construir tais distribuições de possibilidades.

Passo 7 – *Determinar o Earned Value (EV) de cada atividade.* Com os percentuais de conclusão de todas as atividades planejadas até a data estabelecida para monitoramento e controle do projeto, pode-se, então, calcular o EV das atividades.

De acordo com Naeni, Shadrokh e Salehipour (2011), determinar o EV é uma das primeiras atividades quando se implementa o EVM. Existem diferentes técnicas para determinar o EV. A análise do percentual de conclusão da atividade (passo 6) é a técnica mais simples e mais

utilizada entre os gerentes de projetos. Entretanto, esse método possui a desvantagem de utilizar a opinião de um especialista e ficar sujeita a um julgamento subjetivo. Por isso, tais autores utilizam a lógica *fuzzy* para determinar o EV obtendo resultados mais robustos e confiáveis. Porém, devido à limitação de não possuir dados históricos, a opinião do especialista é utilizada para análise do projeto unidade de análise.

Passo 8 – *Obter o custo real de cada atividade na data de controle (Actual Cost)*. Os custos reais gastos nas atividades do projeto devem ser adquiridos no sistema de informação financeira da empresa.

Passo 9 – *Criar planilha @Risk (define distributions – Input)*. Esse passo refere-se à construção da planilha onde é feita a simulação. A simulação é feita utilizando o software *@Risk* (versão 5.5), que funciona no *Microsoft Excel* e que permite o tratamento estocástico das variáveis por meio da Simulação de Monte Carlo. Vale ressaltar que, embora o *@Risk* seja reconhecido como uma ferramenta para análise de riscos, neste trabalho ele é utilizado para análise de incertezas (GODOY, 2011).

O uso do software pode ser justificado pelo trabalho de Kim, Wells e Duffey (2003) que indica que o uso de softwares e sistemas computacionais é considerado um elemento chave para o sucesso na implementação do EVM. O estudo indica que 89% dos usuários da ferramenta EVM utilizam softwares para o cálculo e a análise dos resultados.

Passo 10 – *Elaborar matriz de correlação entre as atividades (define correlations)*. Para French e Gabrielli (2006), quando há mais de uma variável a ser analisada, é importante definir a correlação entre elas. Considere como exemplo o projeto de pintura de uma parede que consiste nas atividades de lixar a parede, passar massa corrida e passar tinta. Espera-se que, quanto mais rápido se passa massa corrida, mais rápido é concluída a atividade de passar a nova tinta. A relação das atividades desse projeto utilizado como exemplo indica que, em muitos casos, as variáveis não são independentes, e que há correlação entre elas (GODOY, 2011).

Pajares e López-Paredes (2011) afirmam que é importante identificar a correlação entre o prazo de uma atividade específica com o prazo total do projeto. Atrasos em uma atividade crucial do projeto podem ocasionar em atrasos no prazo total do projeto. Dessa forma, é importante também direcionar os esforços para reduzir os riscos nas atividades que tem maior impacto no resultado final do projeto. Já Moon, Kim e Kwon (2007) analisaram a correlação entre os custos das atividades de um projeto.

A correlação entre as atividades pode ser calculada utilizando equações matemáticas. Porém, as equações matemáticas são utilizadas quando há amostras de dados. Quando não há dados,

utiliza-se a simulação e criam-se cenários em que os coeficientes de correlação podem ser simulados. A correlação, neste trabalho, é feita com base no trabalho de Godoy (2011), que fez a análise sobre o impacto da correlação nos indicadores do EVM, e concluiu que a correlação tem impacto nos resultados de tais indicadores. Desta forma, no projeto unidade de análise, recorre-se à SMC uma vez que a correlação entre as atividades não pode ser calculada por meio de dados históricos e equações matemáticas.

Assim, com base da experiência do gerente do projeto, estima-se o coeficiente de correlação entre cada atividade do projeto. Para isso, determina-se o tipo de dependência entre cada par de atividades (positiva ou negativa) e o nível de dependência entre elas (fraca, média, ou forte). Determina-se, portanto, que resultados acima de 0,7 são considerados correlação forte; entre 0,5 e 0,7 correlação moderada e inferiores a 0,5 correlação fraca (DAS, 2008). Neste trabalho, apenas as correlações fortes são consideradas.

Passo 11 – *Verificar se a matriz de correlação gerada no passo 10 é consistente.* Em caso negativo, deve-se obter a matriz consistente pelo @Risk (*Check Matrix Consistency*). Quando os valores de correlação são arbitrados, pode-se chegar a uma matriz de correlação inconsistente, o que significa que os valores estipulados refletem relações irreais entre as variáveis. Diante disso, deve-se utilizar o recurso *Check Matrix Consistency* do software @Risk, com o objetivo de obter uma matriz mais próxima da desejada (GODOY, 2011).

Passo 12 – *Elaborar gráfico (S-Curve).* Esse gráfico deve ser elaborado para auxiliar no cálculo dos indicadores do *Earned Schedule* e é obtido por meio dos valores acumulados de PV, EV e AC até a data de escolhida para monitoramento e controle do projeto.

Passo 13 – *Definir os indicadores (add output).* A proposta dessa pesquisa abrange o cálculo do EV, dos indicadores de desempenho (CPI, SPI e SPI_(t)) e dos indicadores de previsão (EaC e IEaC_(t)). Dessa forma, espera-se como variável de saída a média e o desvio padrão de tais indicadores. Com isso, segundo Godoy (2011), o gerente do projeto pode conhecer a margem de incerteza presente nos dados que são utilizados como base para as decisões em relação ao projeto. Isso contribui para que as ações corretivas sejam adequadas e aplicadas em tempo hábil, contribuindo para que o projeto seja concluído respeitando as metas de custos e prazos planejadas.

Passo 14 – *Iniciar a simulação (cálculo dos indicadores).* A partir, portanto, das distribuições triangulares, que representam os custos e os prazos com suas incertezas, 10.000 iterações devem ser efetuadas (número máximo de iterações permitido pelo software). Ou seja, como resultado da simulação, tem-se 10.000 valores para cada um dos indicadores em que a incerteza foi incorporada.

A SMC auxilia o especialista a ter um melhor entendimento sobre os resultados do projeto, bem como a conhecer o impacto de cada variável de entrada em relação ao orçamento do projeto (LOIZOU e FRENCH, 2012).

Existem diversas formas de distribuições de probabilidades na estatística, que descrevem as variáveis de entrada e suas probabilidades de ocorrência. A distribuição normal é a mais conhecida e seus parâmetros, a média e o desvio padrão, são os mais utilizados. No trabalho de French e Gabrielli (2006), os resultados são representados por uma média, e a incerteza pelo desvio padrão. O desvio padrão varia de acordo com a incerteza em torno do valor mais provável (a média); e quanto maior a incerteza, maior o desvio padrão. Esse mesmo conceito é utilizado para este trabalho.

Passo 15 – *Obter os resultados (distribuições de possibilidade) dos indicadores.* Pode-se elaborar relatórios e gráficos que informam o desempenho e a previsão de custos e prazos do projeto.

Para melhor visualização dos dados, os resultados dos indicadores de desempenho (CPI e SPI) podem ser transferidos para o *Minitab* (versão 14) e um gráfico matricial (*Matrix Plot*) pode ser gerado. Esse gráfico permite visualizar o grau de dispersão dos dados e fazer uma comparação entre a situação do projeto em termos de custos com a situação do projeto quanto ao cumprimento do cronograma. Além disso, observando a região ocupada pelo gráfico, pode-se atuar nas atividades de forma que os dados passem a se concentrar em uma área de maior interesse da matriz. Já os resultados dos indicadores de previsão (EaC e IEaC_(t)) podem ser visualizados por meio do software *@Risk*, que ajusta os 10.000 valores obtidos em uma distribuição de possibilidades mais adequada. Além dos gráficos, adota-se também o valor da média e os valores mínimos e máximos apresentados pela simulação. Com os gráficos e parâmetros prontos, pode-se, por fim, avaliar o desempenho e a previsão de custos e prazos do projeto.

Para Loizou e French (2012), a SMC deve ser utilizada em conjunto com os julgamentos, as experiências e as decisões de um especialista. Além disso, tais autores concluem que o comportamento do gerente de projeto é tão importante na interpretação dos resultados quanto os números gerados na simulação. Para Waddell e Sohal (1994), o julgamento humano, associado às técnicas quantitativas, é a única alternativa para prever resultados e entender o efeito das ações corretivas no resultado do projeto. Experiências passadas de um especialista podem estar relacionadas com diversos fatores que influenciam o resultado do projeto.

Sendo assim, os resultados obtidos pela simulação, bem como os gráficos gerados, devem ser apresentados ao gerente do projeto, que poderá analisar o projeto e tomar decisões fundamentadas.

A aplicação da sistemática descrita acontece por meio da pesquisa-ação.

Capítulo 3 - Pesquisa-ação

3.1 Considerações iniciais

Este capítulo tem como objetivo apresentar as informações gerais, os resultados e as análises de cada ciclo de pesquisa-ação realizado no projeto unidade de análise.

A pesquisa é conduzida com base no ciclo proposto por Coughlan e Coughlan (2002). O uso do método pesquisa-ação pode ser justificado pelo fato desta pesquisa estar associada a uma ação ou resolução de um problema e pelo método permitir que o pesquisador interfira no ambiente e possibilitar a aplicação de ciclos.

Para Thiollent (2005), algumas características da pesquisa-ação são:

- Essa forma de pesquisa atua em um processo cíclico, considerando os passos de (1) planejamento; (2) ação; (3) avaliação da ação; (4) novo planejamento e assim sucessivamente.
- Os membros do objeto de estudo participam ativamente do processo cíclico descrito.
- O conhecimento científico é construído ao mesmo tempo em que se realiza a ação. Como resultado, não se tem apenas a solução do problema em questão, mas também aprendizados e contribuições para a teoria e para o conhecimento científico.
- É iterativa, pois exige a cooperação entre o pesquisador e a equipe organizacional.
- Requer o entendimento acerca de diversos aspectos da organização como, por exemplo, estrutura e funcionamento dos sistemas operacionais e de informação, condições do negócio e estratégias organizacionais.

Ainda segundo o mesmo autor, alguns dos objetivos da pesquisa-ação são:

- Coletar informações originais a respeito do objeto de estudo.
- Desenvolver regras ou procedimentos práticos para resolução de problemas.
- Concretizar os conhecimentos teóricos gerados.
- Reconhecer as lições aprendidas em relação ao sucesso das ações executadas.
- Validar o método proposto por meio de outras pesquisas semelhantes, aprimorando a experiência dos pesquisadores.

Com base em Coughlan e Coughlan (2002), os ciclos de pesquisa-ação consistem em três fases, conforme Figura 3.1, descritas da seguinte forma:

- **1ª Fase - Fase preliminar:** consiste em identificar o contexto e o propósito da pesquisa. Trata-se do alinhamento das informações e objetivos entre os membros da organização e os pesquisadores. Desta forma, a fase preliminar buscar esclarecer duas questões: (1) “**porque este trabalho é necessário?**”; e (2) “**quais são as forças econômicas, políticas, técnicas e**

sociais que incidem sobre o assunto abordado?”. Por fim, é importante, também, esclarecer quais são as contribuições esperadas ao fim dos ciclos de pesquisa-ação.

- **2ª Fase - Fases:** possui seis passos, que são coleta, *feedback* e análise dos dados, seguidos de planejamento, implementação e avaliação da ação.

Coleta de dados: neste trabalho, a coleta de dados acontece por meio de uma triangulação, que consiste na observação do pesquisador no ambiente da pesquisa, nos questionamentos aos participantes solicitando explicações e interpretação dos dados, e na análise de documentos e do local onde está a unidade de análise estudada.

Feedback dos dados: as informações coletadas devem ser adequadas ao sistema de informação da organização, as tornando disponíveis para análise.

Análise dos dados: os dados devem ser analisados de forma colaborativa entre o pesquisador e os membros da organização envolvidos no problema. Isso se deve ao fato de que os membros da organização são os que mais conhecem o problema e os procedimentos de trabalho da empresa, e, principalmente, são as pessoas responsáveis por implementar as ações.

Planejamento da ação: os planejamentos acontecem entre o pesquisador e os membros da empresa. Nesta etapa são definidos os responsáveis por cada ação e o prazo para executá-las. As ações devem ser estabelecidas considerando o que deveria ser modificado no projeto e que tipo/quando/onde a mudança deve acontecer.

Implementação da ação: os membros da organização executam o que foi planejado.

Avaliação da ação: consiste na observação dos resultados das ações tomadas. Trata-se do processo de aprendizado, em que as próximas etapas de planejamento e ação consideram as lições aprendidas nas fases dos ciclos anteriores.

- **3ª Fase - Monitoramento:** refere-se ao monitoramento das fases anteriores. Como cada ciclo acarreta em um novo ciclo, existe a oportunidade de aprendizado contínuo. Cada uma das seis etapas é monitorada, observando como as atividades estão sendo feitas e quais premissas estão sendo consideradas. Desta forma, enquanto os membros da organização tem como objetivo principal os resultados práticos da pesquisa, o pesquisador deve atuar em como o trabalho está sendo feito e monitorar o processo de aprendizado.

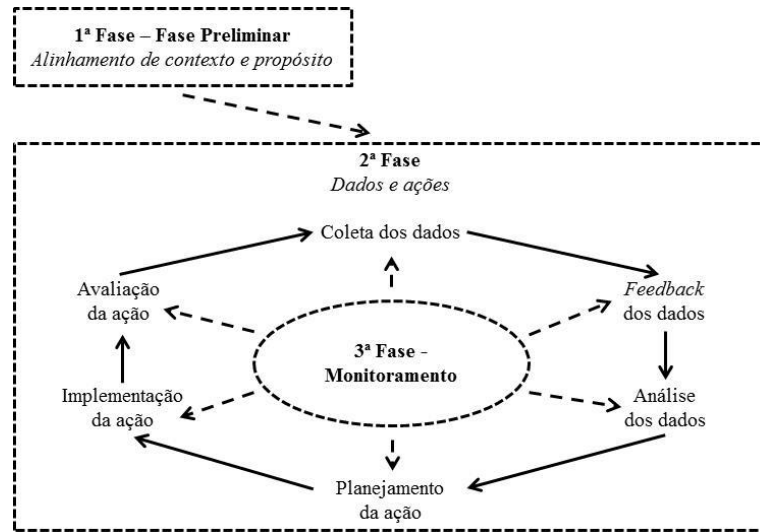


Figura 3.1 - Ciclo de pesquisa-ação
 Fonte: adaptado de Coughlan e Coughlan (2002)

Assim como sugerido por Coughlan e Coughlan (2002), cada ciclo de pesquisa-ação conduz a um novo ciclo, todos contendo as fases de planejamento, execução e avaliação, conforme a Figura 3.2. Portanto, os passos presentes em cada ciclo acontecem novamente conforme as atividades são elaboradas durante o trabalho. Desta forma, tanto a duração de cada ciclo, quanto sua sequência de desenvolvimento, podem variar dentro de um mesmo trabalho.

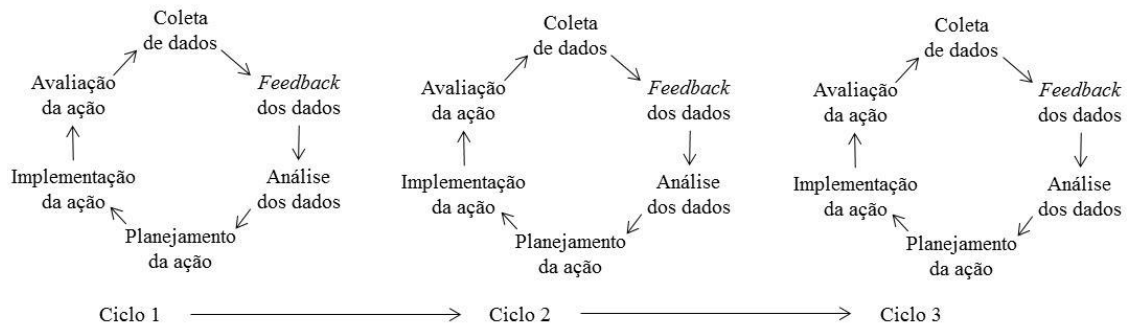


Figura 3.2 - Sequenciamento dos Ciclos de pesquisa-ação
 Fonte: adaptado de Coughlan e Coughlan (2002)

Os propósitos desta pesquisa são detalhados nos três ciclos de pesquisa-ação (Quadro 3.1).

Quadro 3.1 - Propósitos e detalhamento dos ciclos de pesquisa-ação

Propósito	1º Ciclo	2º Ciclo	3º Ciclo
Incorporar a incerteza no cálculo dos indicadores de previsão utilizados pelo EVM.	Propor métodos para coleta, análise e <i>feedback</i> dos dados.	Implementar o método de cálculo incorporando a incerteza nos indicadores.	Analisar a situação do projeto em relação as suas metas iniciais (ou renegociadas).
Implementar o método de cálculo que forneça os indicadores de previsão do EVM na forma de média e desvio padrão.	Conduzir o método proposto para o primeiro mês do projeto (teste piloto).	Reproduzir o procedimento de cálculo no final de cada mês de execução do projeto.	Adotar o método proposto como forma de monitoramento e previsão de custos e prazos do projeto.

Os indicadores de desempenho e de previsão do resultado final de prazo e custo do projeto são calculados ao final de cada ciclo. Dessa forma, pode-se verificar a possibilidade de aprendizagem e melhoria a cada ciclo de monitoramento do projeto, o que está de acordo com a proposta de Coughlan e Coughlan (2002).

Já para a aplicação da ferramenta capaz de incorporar a incerteza nos indicadores de previsão do EVM e do ES, utiliza-se a Simulação de Monte Carlo (SMC). Para Kwak e Ingall (2009) a SMC é utilizada por gerentes de projetos durante a análise de riscos. Além disso, uma das principais vantagens de se utilizar a SMC é a possibilidade de entender e quantificar os efeitos das incertezas nos cronogramas e orçamentos dos projetos. Utilizando a SMC o gerente de projeto poderá analisar o projeto não mais com base em um resultado fixo (determinístico) e sim por meio de uma área que representa a incerteza (LOIZOU e FRENCH, 2012).

3.2 Ciclos de pesquisa-ação

Neste trabalho, tem-se três ciclos de pesquisa-ação. Tais ciclos correspondem ao processo de monitoramento, controle e previsão dos custos e dos prazos do projeto unidade de análise. Para realização dos ciclos de pesquisa-ação utilizou-se um protocolo como guia, contendo os dados que deveriam ser coletados e as questões que deveriam ser feitas ao gerente do projeto e aos demais funcionários (Apêndice A).

No planejamento inicial da pesquisa-ação, a meta entre o pesquisador e os membros da organização desenvolvedora do projeto era de que os ciclos fossem realizados mensalmente (no último dia útil do mês). Porém, devido a problemas particulares e indisponibilidade da empresa executora, a meta inicial não pode ser cumprida.

O projeto teve início no dia 04/07/2012 e a data inicial planejada para sua conclusão era no dia 20/09/2012. No entanto, no dia 03/09/2012, devido à necessidade de retrabalho de duas atividades, houve uma renegociação do prazo de entrega do projeto e a nova data para conclusão passou a ser no dia 15/10/2012.

Para cada ciclo, consideraram-se os dados referentes ao andamento do projeto até o dia da realização do ciclo. De acordo com a Tabela 3.1, tem-se, então, a data de realização de cada ciclo de pesquisa-ação, bem como o número de atividades concluídas ou em realização em cada um deles.

Tabela 3.1 - Propósitos e detalhamento dos ciclos de pesquisa-ação

Ciclo	Data de realização	Quantidade de atividades concluídas/em realização
1°	06/08/2012	8
2°	23/08/2012	14
3°	09/10/2012	17

Embora o último ciclo tenha acontecido antes do prazo estimado para conclusão do projeto, as atividades programadas até a data do terceiro ciclo de pesquisa-ação contemplam 94,7% do orçamento total do projeto (R\$823.263,00 de R\$869.732,00). Além disso, das 19 atividades do projeto todo, na data do terceiro ciclo de pesquisa-ação, existiam 17 atividades programadas (89% do total). Com isso, considera-se que a realização destes três ciclos é adequada e suficiente para comprovar a sistemática proposta.

Vale ressaltar que os valores em reais (R\$) apresentados nesse trabalho referem-se aos gastos com material e mão de obra e foram alterados, não correspondendo ao valor verdadeiro do projeto unidade de análise. No mais, os valores apresentados não referem-se unicamente ao custo da empresa e a margem de lucro está inclusa nesse valor, evitando que as margens de lucro praticadas pela empresa fiquem expostas.

3.3 Contexto e propósito

Como pode ser observado na fundamentação teórica do capítulo anterior deste trabalho, muitos projetos falham ao cumprir suas metas de custos e prazos. O EVM tem sido utilizado com o intuito de auxiliar os gerentes de projeto no controle e na previsão dos resultados dos projetos. Assim, o EVM surge como uma ferramenta que pode auxiliar no cumprimento das metas do projeto, melhorando seu desempenho e aumentando suas chances de sucesso.

Entretanto, as incertezas presentes nos projetos e em seus processos de estimativa podem tornar as informações imprecisas e levar a tomadas de decisão equivocadas. Segundo Lee, Pena-Mora e Park (2005), o planejamento, bem como as estimativas, em projetos de construção, falham por serem baseados em métodos tradicionais e determinísticos, que não consideram o nível de incerteza envolvido no projeto.

Por isso, com o intuito de aprimorar os resultados obtidos com o uso do EVM, este trabalho tem como objetivo propor e analisar a incorporação da incerteza no cálculo dos indicadores de previsão do EV por meio de técnicas estatísticas, que apresentem os resultados na forma de uma média e seu desvio padrão. Com isso, o gerente do projeto poderá conhecer a incerteza presente nos dados utilizados para análise de desempenho e previsão. Tais informações poderão auxiliar o gerente do projeto na tomada de decisões e ações corretivas, aumentando a chance de sucesso do projeto (cumprimento das metas de custo e prazo).

Portanto, a proposta desta pesquisa é calcular os indicadores de análise de desempenho (CPI, SPI e $SPI_{(t)}$), de previsão de custo (EaC) e previsão de prazo ($IEaC_{(t)}$) na forma de uma média com suas respectivas variâncias.

3.4 Objeto de estudo e unidade de análise

O objeto de estudo é uma empresa de construção civil e a unidade de análise é o projeto de construção civil de uma cabine de pintura de aeronaves em uma empresa brasileira do setor aeronáutico.

Trata-se de uma empresa de médio porte, que atua nos segmentos de engenharia civil, sanitária e ambiental há 13 anos e que possui aproximadamente 1.200 funcionários entre engenheiros, técnicos e mestres de obras. Seus principais serviços são obras civis, saneamento e concessões. A escolha desta empresa se deve, principalmente, por se tratar de uma empresa de construção civil.

Em 2010, a indústria da construção civil brasileira cresceu 11,6% e teve seu melhor desempenho dos últimos 24 anos. Isso é resultado de alguns fatores como o aumento do crédito, a queda das taxas de juros, a redução de impostos e as obras públicas de infraestrutura e habitação, como o Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) e o Programa Minha casa, Minha Vida. Houve, também, o aumento dos financiamentos imobiliários e o crescimento da indústria de materiais de construção, que cresceu 10% ao ano de 2005 a 2009. A indústria brasileira de construção pesada também está aquecida, com investimentos programados para realização das obras de infraestrutura de transportes e logística (DIEESE, 2011). Diante deste cenário, segundo a mesma fonte, tanto o governo quanto os empresários do setor reconhecem os desafios que serão enfrentados como a precária capacidade de gestão dos investimentos, a falta de qualificação da mão de obra e a gestão empresarial deficiente nos canteiros de obras.

Segundo estudo realizado pelo Programa Brasileiro de Prospectiva Tecnológica Industrial em 2003, desde a década de 90, as empresas do setor de construção civil buscam viabilizar suas margens de lucro por meio da redução de custos, do aumento da produtividade e da busca por soluções tecnológicas e de gerenciamento da produção.

Geralmente projetos de construção civil são caracterizados como complexos devido a diversos fatores como: grande número de atividades devem ser feitas até que o projeto seja concluído; variedade de recursos (humano e material); e elevados valores de investimento devem ser gerenciados. Por isso, um bom planejamento de custos e prazos é essencial para que o projeto seja concluído dentro do orçamento e do cronograma esperados (BRUNI *et al.*, 2011).

De acordo com Ribeiro e Ferreira (2010), o setor de construção civil possui características particulares que influenciam as atividades durante a execução de um projeto. Por isso, é

importante antecipar os riscos e implementar as melhores soluções. Além disso, o bom planejamento é fundamental para os projetos de construção civil.

A pesquisa de Ling *et al.* (2009) examinou as práticas adotadas pelas empresas de Cingapura no setor de construção civil. O resultado revelou que os projetos geralmente obtêm sucesso em termos de orçamento, qualidade e satisfação do cliente, porém não tem um bom desempenho em relação ao cronograma. Já o trabalho de Luu *et al.* (2009) identificou que a flutuação do preço dos materiais, os retrabalhos, a falta de equipamentos, a dificuldade financeira dos proprietários da empresa e a capacidade inadequada dos gestores são os fatores-chave responsáveis por atrasos em projetos de construção.

Em vista disso, percebeu-se a oportunidade de contribuir com o setor de construção civil, incorporando as práticas de gestão de projetos para melhorar seus desempenhos de custos e prazos.

A opção por essa empresa, dentre as outras empresas de construção civil, se deve ao fato de se tratar de um contrato de preço fixo. Sendo o fornecedor responsável pelos riscos relacionados aos custos do projeto, enquanto o cliente dedica maior atenção aos prazos do projeto. Assim, do ponto de vista do cliente, o custo do projeto é fixo e o prazo é variável. Por isso, para os clientes, o EVM não é muito utilizado, e recomenda-se gerenciar o projeto por meio do ES, por apresentar informações sobre os prazos em tempo real sem expor as informações de custos. Diante deste contexto, o trabalho de Christensen-Day (2010) se baseia em lições aprendidas ao se aplicar o EVM em projetos de contrato de preço fixo. O autor apresenta os pontos positivos, negativos e os riscos ao se utilizar essa ferramenta nesse tipo de contrato.

Ao transferir os riscos e as responsabilidades de custos para o fornecedor, o cliente julga não ser necessário monitorar os custos do projeto por meio do EVM. Por isso, os benefícios do EVM passam a ser maiores para o contratado, não o contratante. Por outro lado, o cliente continua interessado no monitoramento dos prazos. E, uma forma de divulgar os relatórios de desempenho de prazos para o cliente sem expor os custos é utilizando o ES (CHRISTENSEN-DAY, 2010).

Segundo o mesmo autor, alguns motivos para o contratado não querer expor indicadores sobre os custos do projeto são:

- Os custos ficam expostos não só para o cliente como também para os concorrentes.
- As variações positivas nos indicadores de custos podem fazer com que o contratante pense que poderia estar pagando mais barato pelo projeto. Ou podem fazer com que o cliente queira acrescentar requisitos no escopo sem adicionar mais custos.

- As variações negativas nos indicadores de custos podem fazer com que o contratante pense que o projeto está sendo mal administrado e que será entregue sem atender todos os requisitos.

Há, portanto, interesse por parte da empresa executora do projeto em monitorar e prover as variáveis de prazo e custo de seus projetos periodicamente. Sendo assim, justifica-se a utilização do EVM e do ES, por parte do contratado (fornecedor), para monitoramento e previsão do projeto unidade de análise deste trabalho. Desta forma, a empresa aceitou auxiliar na condução dos estudos e deixou seus funcionários disponíveis para realização das entrevistas de coletas de dados e das reuniões de monitoramento e controle do projeto.

3.5 Primeiro ciclo de pesquisa-ação

Considerando o cronograma do projeto (Apêndice B), verifica-se quais atividades estavam programadas para serem completa ou parcialmente executadas até o dia 06/08/2012, data de realização do primeiro ciclo de pesquisa-ação. Determinou-se, então, que até aquele momento, o projeto envolvia as atividades de 1 a 5, e também as atividades 8, 9 e 14. Desta forma, para analisar o desempenho e realizar a previsão dos resultados do projeto via EVM, foram calculados os custos orçados (PV) (Apêndice C), o percentual estimado e realizado de cada atividade (Apêndice D), o *earned value* (Apêndice E) e os custos reais (AC) (Apêndice F) correspondentes a estas atividades. Considerou-se, também, a matriz de correlação (Apêndice G).

3.5.1 S-Curve

A partir dos dados de PV, EV e AC até a data de realização do primeiro ciclo de pesquisa-ação, foi possível elaborar a *S-Curve*, que é utilizada para calcular o indicador *Earned Schedule* (ES). Tal indicador auxiliará no cálculo da previsão de prazo do projeto.

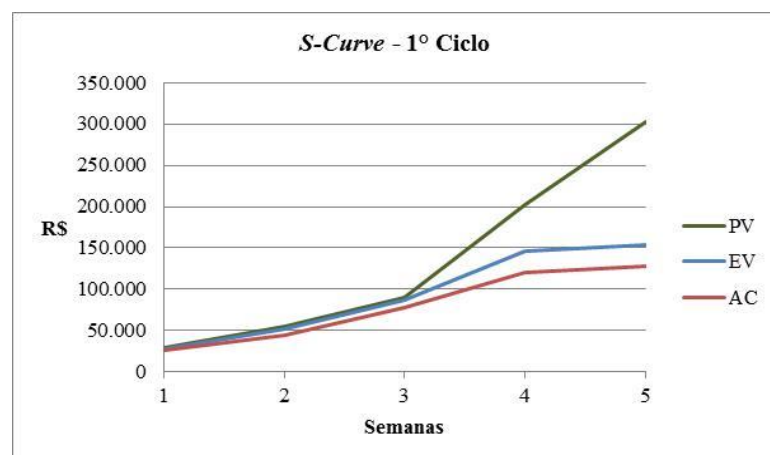


Figura 3.3 - Gráfico com os dados de PV, EV e AC no 1º ciclo de pesquisa-ação

Como demonstrado no capítulo anterior, ES é determinado somando-se “C” e “I”. Para o primeiro ciclo de pesquisa-ação, conforme Figura 3.3, tem-se que, $C=4$ e $I=(EV_{(5)}-PV_{(4)})/(PV_{(5)}-PV_{(4)})$. Tendo calculado o valor de ES, pode-se obter os valores dos indicadores $SPI_{(t)}$ e $IEaC_{(t)}$, que informarão a previsão de prazo do projeto unidade de análise. Tais indicadores são apresentados no tópico 3.5.2 deste trabalho.

3.5.2 Resultado dos indicadores de análise de desempenho do projeto

Tendo em mãos os 10.000 valores de cada indicador de análise de desempenho, CPI para custo, e SPI para prazo, elabora-se um gráfico matricial, Figura 3.4, para melhor visualização das informações pelo gerente do projeto. A análise passa a ser feita, portanto, com base em uma região ao invés de se basear em um número determinístico.

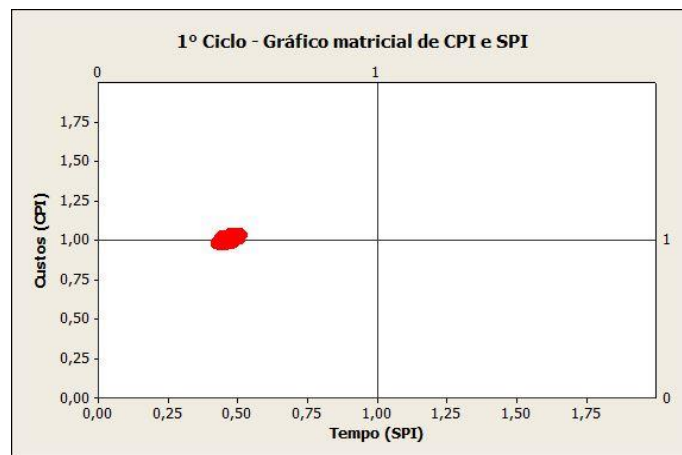


Figura 3.4 - Gráfico matricial dos dados de CPI e SPI no 1º ciclo de pesquisa-ação

Por meio desse gráfico matricial (Figura 3.4), é possível visualizar o grau de dispersão dos dados e fazer uma comparação entre a situação do projeto em termos de custos com a situação do projeto quanto ao cumprimento do cronograma. Também pode-se verificar em que região os indicadores do projeto se enquadram. Além disso, observando a região ocupada pelo gráfico, pode-se atuar nos riscos para que os dados passem a se concentrar, nos próximos ciclos, em uma área de maior interesse na matriz.

No caso do projeto analisado, houve um progresso de 46% em relação ao cronograma e os custos estão dentro do planejado (CPI próximo a 1).

3.5.3 Resultado do indicador de previsão de custo do projeto

Para obter os resultados de previsão de custos do projeto, recorre-se à ferramenta *Fit Distributions to this Simulated Result* do software *@Risk* (versão 5.5). Tal gráfico verifica o melhor ajuste entre os 10.000 valores obtidos ao final da simulação e as distribuições de possibilidades testadas. Também é possível conhecer a média, o desvio padrão e os valores

máximos e mínimos das amostras e das distribuições encontradas. A Figura 3.5 apresenta o resultado encontrado.

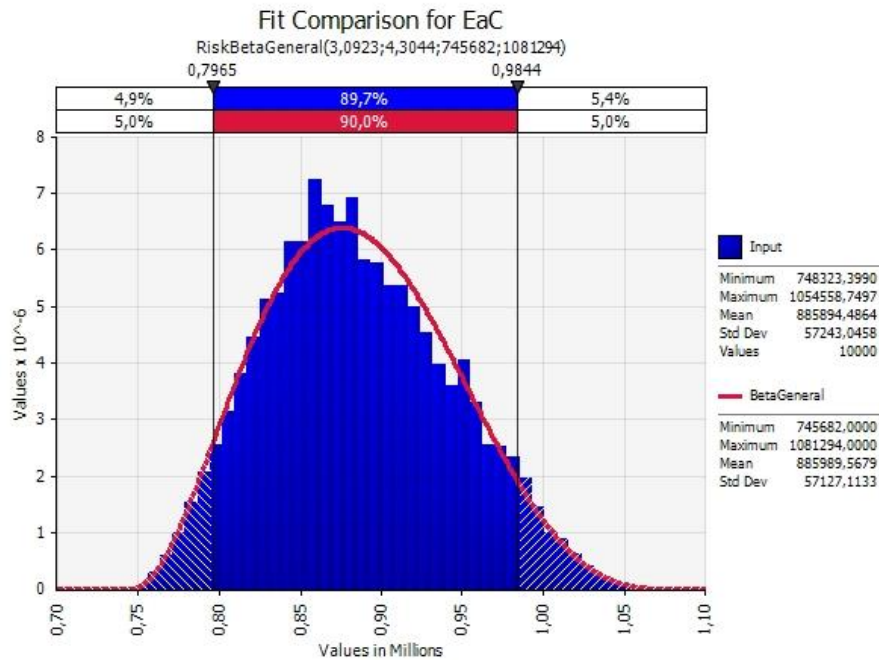


Figura 3.5 - Dados amostrais de previsão de custos no 1º ciclo de pesquisa-ação

Além disso, o software permite que se faça uma variação nos intervalos de confiança. Para este trabalho, consideram-se intervalos de confiança de 90% para todos os indicadores analisados, como recomendado por Lipke *et al.* (2009). Tem-se também a possibilidade de criar gráficos com as possibilidades acumuladas ou criar diferentes cenários. Desta forma, tais gráficos auxiliam os gerentes de projetos a tomarem decisões estatisticamente fundamentadas considerando diversos tipos de cenários e situações.

Com o intuito de verificar a aderência dos dados a uma distribuição, realiza-se o teste qui-quadrado. Para o primeiro ciclo de pesquisa-ação, os dados do indicador de previsão de custo, EaC, são os apresentados na Tabela 3.2.

Tabela 3.2 - Resultados do indicador de previsão de custo no 1º ciclo de pesquisa-ação

EaC 1º Ciclo				
Distribuição	Média	Desvio Padrão	Máximo	Mínimo
BetaGeneral	885.894,49	57.243,05	1.054.559	748.323

Observando a Figura 3.5 e a Tabela 3.2, verifica-se, no primeiro ciclo de pesquisa-ação um bom desempenho do projeto em relação aos custos. Pois, a meta de concluir o projeto gastando R\$875.000,00 está entre os valores mínimos e máximos encontrados na simulação.

Diante deste contexto, o gerente do projeto afirma que o maior interesse está na verificação do cumprimento do cronograma. Isso se deve ao fato de que a empresa executora do projeto

pagará multa caso não cumpra os prazos acordados. Destaca-se que a obra (cabine de pintura) é um recurso considerado disponível no cronograma de entrega das aeronaves. Por isso, as ações tomadas nesse primeiro ciclo de pesquisa-ação tem como foco melhorar o desempenho dos indicadores de prazo do projeto.

3.5.4 Resultado do indicador de previsão de prazo do projeto

Assim como feito para os resultados de previsão de custo do projeto, obteve-se o gráfico de previsão de prazo por meio da ferramenta *Fit Distributions to this Simulated Result* do software *@Risk*. O resultado encontrado está apresentado na Figura 3.6.

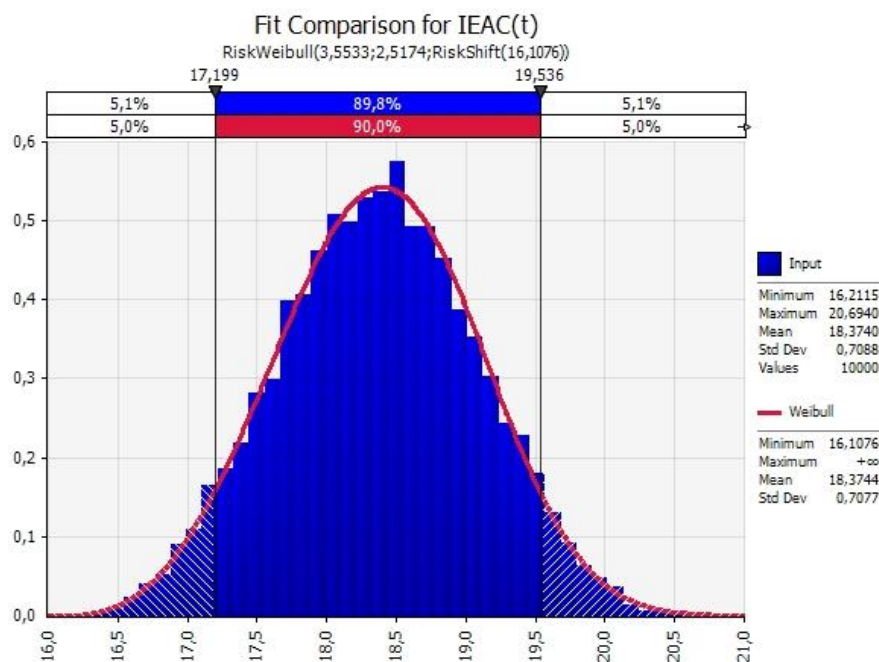


Figura 3.6 - Dados amostrais de previsão de prazos no 1º ciclo de pesquisa-ação

Por meio do teste qui-quadrado, é possível verificar a aderência dos dados do indicador de previsão de prazo, $IEaC_{(t)}$, a uma distribuição. Para o primeiro ciclo de pesquisa-ação, os dados do indicador de previsão de prazo encontram-se na Tabela 3.3.

Tabela 3.3 - Resultados do indicador de previsão de prazo no 1º ciclo de pesquisa-ação

IEaC(t) 1º Ciclo				
Distribuição	Média	Desvio Padrão	Máximo	Mínimo
Weibull	18,3740	0,7088	20,69	16,21

Com base na Figura 3.6 e na Tabela 3.3, verifica-se, no primeiro ciclo de pesquisa-ação, que o projeto não está cumprindo o planejamento em relação aos prazos planejados e que, provavelmente, a meta prevista de conclusão em 12 semanas não será alcançada. Pode-se observar que a simulação apresenta uma previsão de encerramento do projeto entre a semana 16 e a semana 21.

Com estas informações, o gerente de projeto reforça sua afirmação de que a prioridade do projeto, principalmente neste momento, é planejar e implementar ações que melhorem os indicadores de prazo do projeto.

3.5.5 Análise do projeto

Para o projeto em análise, o maior interesse está relacionado com o cumprimento do cronograma. Isso se justifica pelo fato de que no contrato estão previstas multas caso o projeto não seja concluído dentro do prazo esperado. Como a unidade de análise se trata de um projeto de construção civil de uma cabine de pintura de aeronaves, o atraso na construção impacta diretamente no relacionamento da empresa do setor aeronáutico com seus clientes. Tem-se, como exemplo disso, o fato do projeto estar previsto para terminar no dia 20/09/2012 e uma aeronave estar programada para ser pintada na nova cabine no dia 24/09/2012. Ou seja, o atraso na construção irá impactar diretamente na data de entrega da aeronave para o cliente. Para o caso contrário, no entanto, se o projeto for concluído antes do tempo planejado, não estão previstas bonificações para a empresa executora da obra.

Em relação aos custos, no primeiro ciclo de pesquisa-ação, nenhuma ação foi tomada. Já em relação aos indicadores de prazo, a ação tomada pelo gerente do projeto foi de contratar pedreiros de outras localidades para fazer parte da equipe do projeto. A justificativa para isso foi a de que pedreiros de outras regiões, conseqüentemente longe de suas famílias, ficam mais disponíveis para realizar horas extras e trabalhar durante os finais de semana. Essa atitude em relação à troca de funcionários fez o gerente do projeto perceber que a sistemática proposta pode servir, também, como ferramenta de análise de desempenho dos funcionários. Assim, no próximo ciclo de pesquisa-ação, o gerente do projeto poderá avaliar se o melhor desempenho dos novos funcionários irá impactar nos resultados dos indicadores de monitoramento e previsão do projeto.

Embora até o final do primeiro ciclo de pesquisa-ação ainda não tenha acontecido nenhuma mudança de escopo ou renegociação de prazos, o gerente do projeto percebeu que o projeto começaria, em breve, a enfrentar problemas nos indicadores de custos e prazos. O projeto unidade de análise foi conseguido por meio de um processo de licitação. O desenho da obra apresentado para as empresas concorrentes no processo de licitação continha dimensões inferiores às dimensões reais da construção. Assim, caso a empresa considerasse as dimensões reais, seu orçamento ficaria maior que o dos concorrentes e, conseqüentemente, perderia a licitação. Por outro lado, considerando as dimensões inferiores, provavelmente o projeto seria executado com base em um planejamento equivocado, com orçamento e cronograma enxutos.

O gerente do projeto optou, portanto, por assumir os riscos de considerar as dimensões inferiores, e apresentar um orçamento reduzido o suficiente para ganhar a licitação. Como consequência disso, ao iniciar o projeto, o gerente do projeto já sabia que, possivelmente, os indicadores de custos e prazos não atenderiam os valores desejados. Na tentativa de solucionar essa questão, o gerente do projeto aceitou testar a sistemática proposta acreditando que ela o auxiliaria no controle dos custos e prazos para que estes não ficassem muito distantes das metas iniciais.

Diante disso, o gerente do projeto, ao final de primeiro ciclo de pesquisa-ação, se mostrou satisfeito com a ferramenta e reconheceu sua eficiência e colaboração diante da necessidade de monitoramento e controle do projeto. Além disso, as decisões e as ações tomadas levaram em consideração as informações de previsão apresentadas pela ferramenta.

3.6 Segundo ciclo de pesquisa-ação

O segundo ciclo de pesquisa-ação foi efetuado no dia 23/08/2012. Desta forma, foram verificadas que, até esta data, as atividades de 1 a 14 estavam programadas para serem executadas completa ou parcialmente. Todos os cálculos aconteceram de forma análoga aos realizados no primeiro ciclo de pesquisa-ação. As informações de cronograma, custo orçado, percentual estimado e realizado das atividades, *earned value*, custos reais e matriz de correlação utilizadas nos cálculos encontram-se nos apêndices de B a G, respectivamente.

3.6.1 S-Curve

Assim como realizado no primeiro ciclo, a Figura 3.7 representa a *S-Curve* do segundo ciclo de pesquisa-ação.

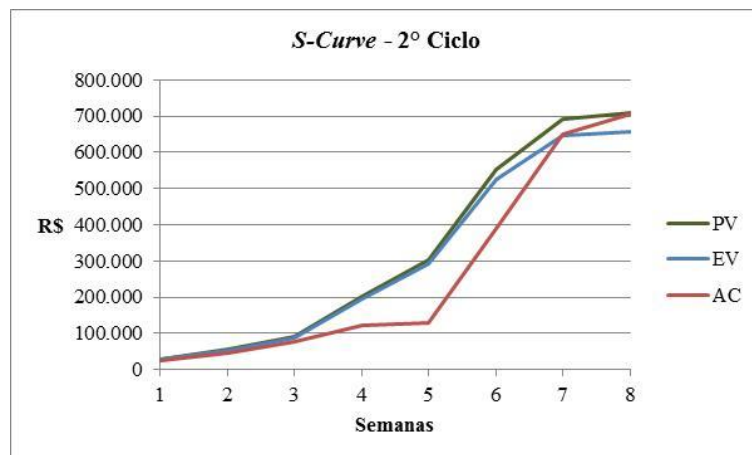


Figura 3.7 - Gráfico com os dados de PV, EV e AC no 2º ciclo de pesquisa-ação

Para obter o valor de ES, deve-se obter “C” e “I”. Para o segundo ciclo de pesquisa-ação, tem-se que $C=7$ e $I=(EV_{(8)}-PV_{(7)})/(PV_{(8)}-PV_{(7)})$. Com essas informações, obtém-se o resultado de

previsão de prazo do projeto com base nos indicadores $SPI_{(t)}$ e $IEaC_{(t)}$, que são apresentados no tópico 3.6.2 deste trabalho.

3.6.2 Resultado dos indicadores de análise de desempenho do projeto

Da mesma forma que no primeiro ciclo de pesquisa-ação, pode-se obter o gráfico matricial por meio dos 10.000 resultados de cada um dos indicadores de desempenho utilizados pelo EVM (Figura 3.8).

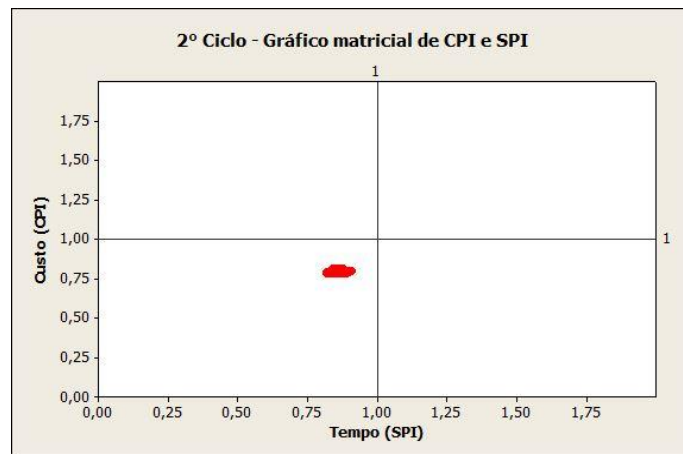


Figura 3.8 - Gráfico matricial dos dados de CPI e SPI no 2º ciclo de pesquisa-ação

Por meio do gráfico 5.8, verifica-se que houve uma recuperação do indicador de prazo, que evoluiu de uma média de progresso de 46% para uma média de 86%. Entretanto, o indicador de custos indicou uma piora. No primeiro ciclo de pesquisa-ação o indicador de custo estava sob controle, próximo a 1; e no segundo ciclo de pesquisa-ação se mostrou acima do orçamento, em média, 20%.

Diante destes resultados, o gerente do projeto identificou que as ações tomadas após a observação dos indicadores do primeiro ciclo de pesquisa-ação surtiram o efeito esperado em relação ao controle de prazo do projeto.

Foi observada, ainda em relação ao ciclo anterior, a diminuição da região de incerteza para ambas as variáveis. Isso pode ser explicado pelo fato de que, com a evolução da execução, o gerente e os demais membros da equipe adquirem experiências e conhecimentos a respeito do contexto em que o projeto está inserido. Consequentemente, esclarecem dúvidas a cerca das atividades e reduzem as incertezas do projeto.

3.6.3 Resultado do indicador de previsão de custo do projeto

A distribuição de possibilidade que representa os dados do indicador de previsão de custo, EaC , para o segundo ciclo de pesquisa-ação estão na Figura 3.9.

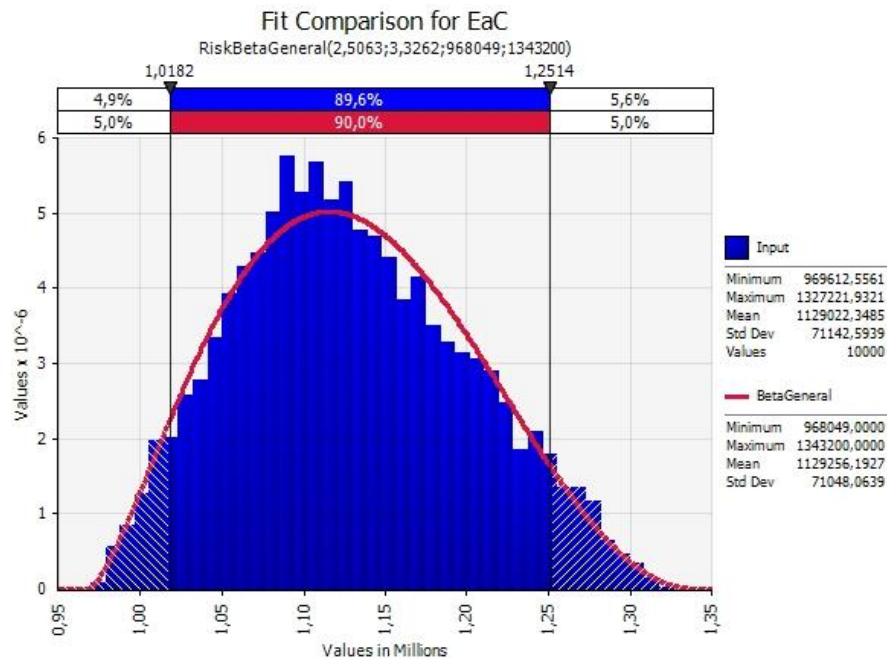


Figura 3.9 - Dados amostrais de previsão de custos no 2º ciclo de pesquisa-ação

Os dados do indicador de previsão de custo, EaC, para o segundo ciclo de pesquisa-ação, são os apresentados na Tabela 3.4.

Tabela 3.4 - Resultados do indicador de previsão de custo no 2º ciclo de pesquisa-ação

EaC 2º Ciclo				
Distribuição	Média	Desvio Padrão	Máximo	Mínimo
BetaGeneral	1.129.022,35	71.142,59	1.327.222	969.613

Observando a Figura 3.9 e a Tabela 3.4, verifica-se uma piora do projeto em relação aos custos durante o segundo ciclo de pesquisa-ação. De acordo com os resultados encontrados, não há a possibilidade de o projeto ser concluído dentro da sua meta de gastos de R\$875.000,00, uma vez que o menor valor previsto é de aproximadamente 970.000,00.

Diante destes resultados, o gerente do projeto passa a se preocupar tanto com os custos quanto com os prazos do projeto. O foco em prazos ainda se justifica pelo fato de a empresa estar sujeita à multa em caso de atrasos. Já o foco em custos se justifica pelo fato de se tratar de um projeto com contrato de preço fixo em que os gastos superiores aos estipulados em contrato são de responsabilidade da contratada. Desta forma, adquirindo custos extras e tendo uma previsão de resultado final de custos superior ao planejado, significa que a empresa não atingirá sua margem de lucro esperada. A partir, então, deste ciclo de pesquisa-ação, as ações tomadas tem como foco melhorar os resultados tanto dos indicadores de prazos, quanto dos de custos.

3.6.4 Resultado do indicador de previsão de prazo do projeto

A distribuição de possibilidade que representa os dados do indicador de previsão de prazo, $IEaC(t)$, para o segundo ciclo de pesquisa-ação estão na Figura 3.10.

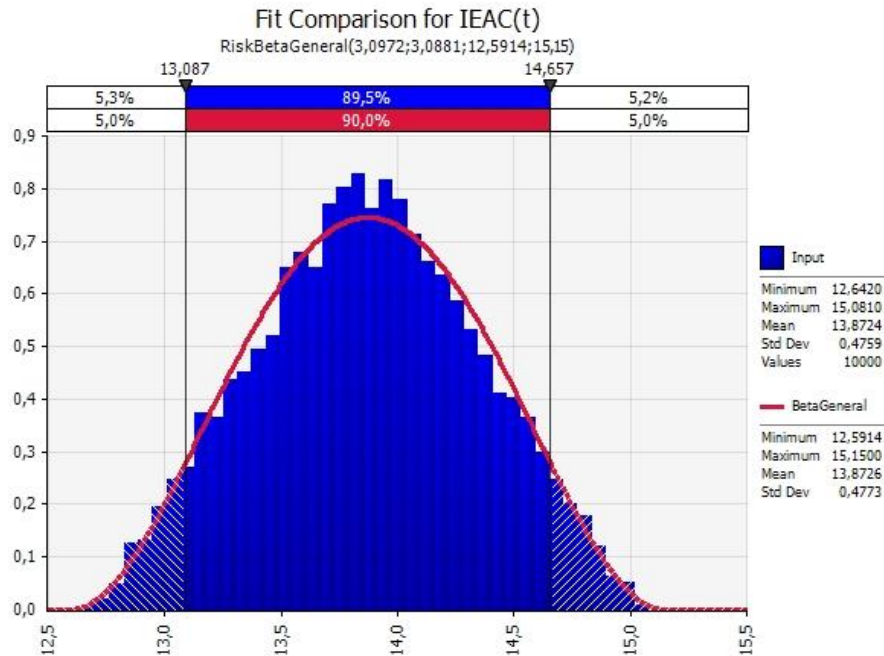


Figura 3.10 - Dados amostrais de previsão de prazos no 2º ciclo de pesquisa-ação

Para o segundo ciclo de pesquisa-ação, os dados do indicador de previsão de prazo são os apresentados na Tabela 3.5.

Tabela 3.5 - Resultados do indicador de previsão de prazo no 2º ciclo de pesquisa-ação

IEaC(t) 2º Ciclo				
Distribuição	Média	Desvio Padrão	Máximo	Mínimo
BetaGeneral	13,8724	0,4759	15,08	12,64

Percebe-se, para o segundo ciclo de pesquisa-ação, de acordo com a Figura 3.10 e a Tabela 3.5, que houve uma melhora significativa no indicador de previsão de prazo do projeto. O intervalo de possibilidades de previsão de conclusão do projeto diminuiu de 16 a 21 semanas para 13 a 15 semanas.

Tais resultados motivaram o gerente de projeto a continuar implementando ações que melhorem o prazo de execução do projeto, uma vez que as primeiras decisões tomadas surtiram o efeito esperado. Assim, acredita-se que o projeto será concluído próximo à data planejada inicialmente (12 semanas), o que isentará a empresa de multas por atraso.

3.6.5 Análise do projeto

Ao comparar os resultados dos indicadores de custo e prazo deste ciclo com os do primeiro ciclo de pesquisa-ação, o gerente do projeto afirmou que, neste momento, é de interesse da

empresa controlar tanto os custos quanto os prazos do projeto. Pois, embora a prioridade continue sendo o cumprimento do prazo, agora, também, passa a ser importante atuar na melhoria dos indicadores de custos, que saíram do controle.

Acredita-se que as ações tomadas com base nos resultados dos indicadores do primeiro ciclo de pesquisa-ação foram positivas e auxiliaram no gerenciamento do projeto. Para o gerente do projeto, suas ações surtiram efeito, o que tornou a utilização da ferramenta valiosa.

Com relação às ações tomadas para melhorar os resultados do projeto, o gerente do projeto decidiu solicitar aditivos de custos ao cliente, alegando que os custos extras se referem à falha de planejamento devido às informações erradas disponibilizadas sobre o projeto no período de sua licitação. Entretanto, embora sejam claros os erros dimensionais do projeto, por questões de contrato, os aditivos de custos só podem acontecer após o encerramento da obra. Por isso, o gerente do projeto, com o intuito de melhorar os resultados dos indicadores de custos, optou, também, por intensificar a negociação de preços com os fornecedores de matéria-prima. O gerente do projeto também cogitou a possibilidade de reduzir a quantidade de horas extras, porém essa ação não foi realizada para que o indicador de prazo, que havia melhorado, não voltasse a ficar comprometido.

O gerente do projeto continua apostando na eficiência da sistemática proposta e tomando suas decisões com base nos resultados apresentados pela simulação.

3.7 Terceiro ciclo de pesquisa-ação

Entre o segundo e o terceiro ciclo de pesquisa-ação, no dia 03/09/2012, houve a necessidade de retrabalhar as atividades 3 e 4 do projeto. Devido a isso, as atividades de 14 a 17 e a atividade 19 tiveram seus prazos de execução renegociados e o prazo para encerramento do projeto foi estendido para o dia 15/10/2012 (15 semanas).

Considerando o cronograma renegociado (Apêndice B), verificaram-se, no dia 09/10/2012, data de realização do terceiro ciclo de pesquisa-ação, quais atividades estavam programadas para serem realizadas completa ou parcialmente. Até esta data, portanto, o projeto envolvia as atividades de 1 a 16 e também a atividade 19. As demais informações de custo orçado, percentuais estimados e realizados das atividades, *earned value*, custos reais e matriz de correlação utilizadas nos cálculos encontram-se, respectivamente, nos apêndices de B a G. Além disso, os cálculos, neste ciclo, foram feitos de forma análoga aos realizados no primeiro e no segundo ciclo de pesquisa-ação.

3.7.1 S-Curve

Da mesma forma que no primeiro e no segundo ciclo de pesquisa-ação, a *S-Curve* do terceiro ciclo foi elaborada (Figura 3.11).

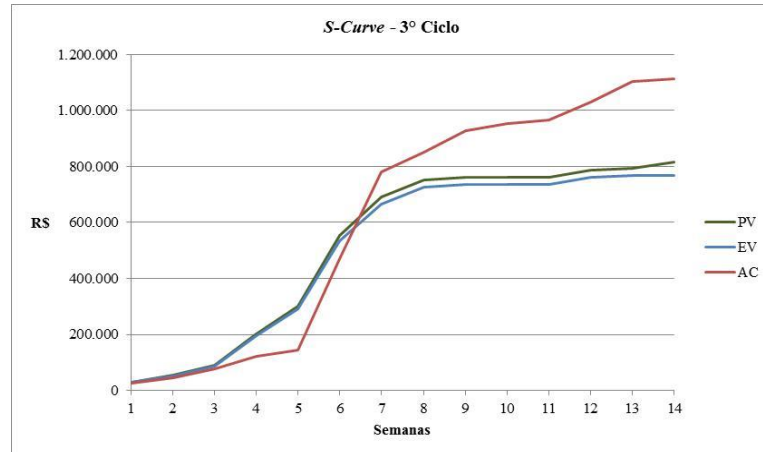


Figura 3.11 - Gráfico com os dados de PV, EV e AC no 3º ciclo de pesquisa-ação

No terceiro ciclo de pesquisa-ação, $C=12$ e $I=(EV_{(14)}-PV_{(12)})/(PV_{(13)}-PV_{(12)})$. O resultado de previsão de prazo do projeto é calculado com base nos indicadores $SPI_{(t)}$ e $IEaC_{(t)}$, que são apresentados no tópico 3.7.2 deste trabalho.

3.7.2 Resultado dos indicadores de análise de desempenho do projeto

O gráfico matricial que relaciona os resultados simulados de CPI e SPI pode ser visualizado na Figura 3.12.

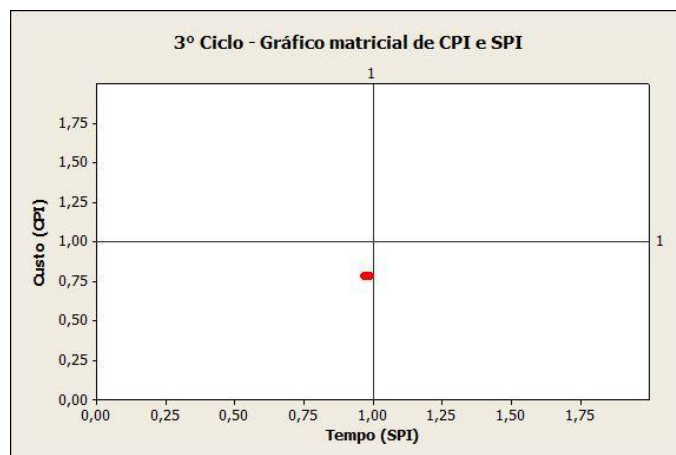


Figura 3.12 - Gráfico matricial dos dados de CPI e SPI no 3º ciclo de pesquisa-ação

Ao se comparar estes resultados com os resultados obtidos durante o segundo ciclo de pesquisa-ação, percebe-se que o indicador de custos se manteve no mesmo patamar e o indicador de prazo melhorou, chegando próximo à meta de 1). Com isso, foi identificado pelo gerente do projeto que a melhora no indicador de prazo se deve às ações implementadas após os dois últimos ciclos de pesquisa-ação, o que torna a utilização da sistemática valiosa.

Diante deste cenário, o gerente do projeto demonstrou interesse em designar a um funcionário da equipe a tarefa de realizar o monitoramento e controle do projeto, dedicando todo o seu tempo às atividades do projeto. Assim, o gerente do projeto espera atingir melhores resultados em relação aos projetos semelhantes desenvolvidos por outros funcionários dentro da empresa objeto de estudo.

Além disso, da mesma forma que do primeiro para o segundo ciclo de pesquisa-ação, a região de incerteza no gráfico foi ainda menor.

3.7.3 Resultado do indicador de previsão de custo do projeto

Os dados do indicador de previsão de custo, EaC, para o terceiro ciclo de pesquisa-ação, estão representados pela distribuição de possibilidade conforme a Figura 3.13.

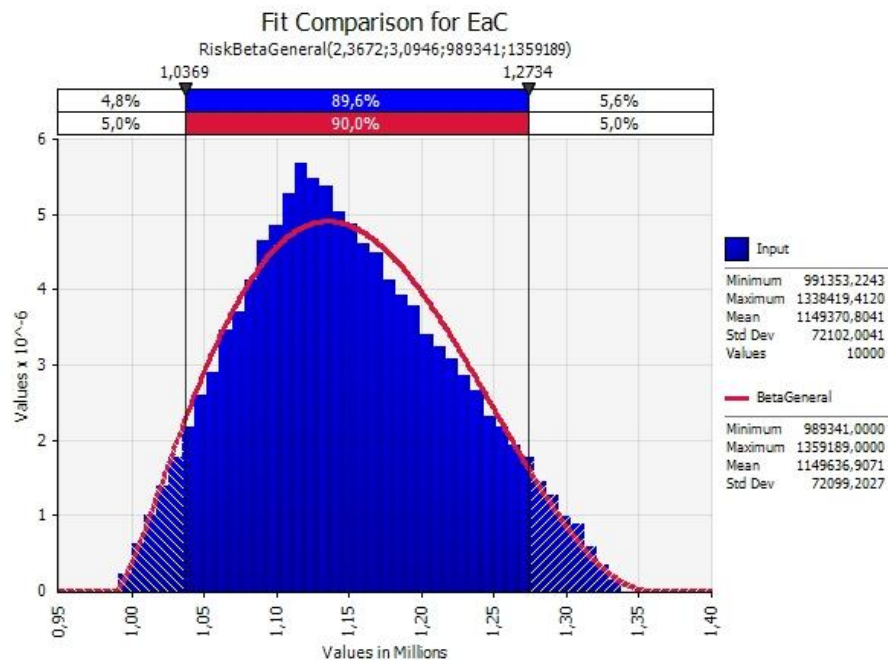


Figura 3.13 - Dados amostrais de previsão de custos no 3º ciclo de pesquisa-ação

No terceiro ciclo de pesquisa-ação, os dados do indicador de previsão de custo, EaC, se encontram na Tabela 3.6.

Tabela 3.6 - Resultados do indicador de previsão de custo no 3º ciclo de pesquisa-ação

EaC 3º Ciclo				
Distribuição	Média	Desvio Padrão	Máximo	Mínimo
BetaGeneral	1.149.370,80	72.102,00	1.338.419	991.353

Considerando as informações disponíveis na Figura 3.13 e na Tabela 3.6, pode-se observar que a previsão de resultado final dos custos do projeto no terceiro ciclo de pesquisa-ação se manteve no mesmo patamar que o segundo ciclo. Verifica-se que o menor valor previsto é de aproximadamente R\$990.000,00. Desta forma, a previsão é de que o projeto não seja concluído dentro da meta de R\$875.000,00.

Embora a previsão não reflita um bom desempenho dos custos do projeto, o gerente do projeto se mostrou satisfeito com os resultados e com a sistemática proposta. Entre o segundo e o terceiro ciclos de pesquisa-ação, o projeto passou por um replanejamento em que foram necessários retrabalhos de duas atividades e renegociações de prazo e período de execução de outras cinco atividades. Desta forma, o gerente do projeto acredita que as ações tomadas com o intuito de melhorar os resultados de custos em relação ao ciclo anterior auxiliaram para que os resultados não ficassem ainda piores diante dos problemas enfrentados. O gerente do projeto acredita que se nenhuma ação tivesse sido tomada, considerando as mudanças de cenários e contextos, os custos poderiam ter alcançado patamares irreversíveis para a empresa. Vale ressaltar, ainda, que o gerente do projeto acredita que, mesmo não cumprindo a meta de custos inicialmente planejada, a empresa conseguirá atingir a margem de lucro desejada. Isso se deve ao fato de que estão previstos aditivos de custos no contrato, que serão negociados com o cliente antes da reunião de encerramento do projeto. Tais aditivos serão solicitados pela empresa executora do projeto uma vez que os retrabalhos responsáveis pelos excessos de custos foram necessários por falhas de execução de outras empresas participantes da licitação.

3.7.4 Resultado do indicador de previsão de prazo do projeto

Os dados do indicador de previsão de prazo, $IEaC(t)$, para o terceiro ciclo de pesquisa-ação, estão representados pela distribuição de possibilidade conforme a Figura 3.14.

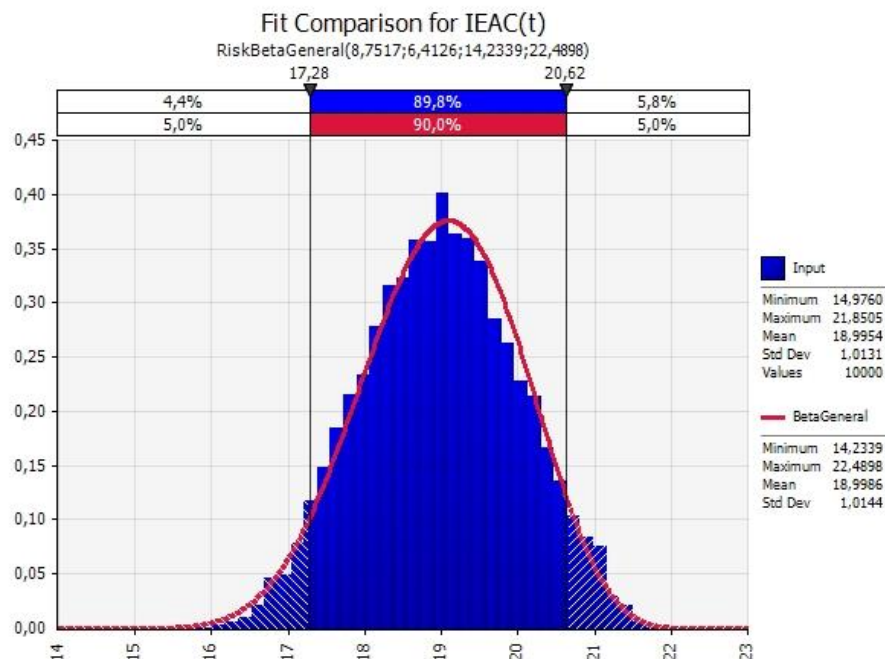


Figura 3.14 - Dados amostrais de previsão de prazos no 3º ciclo de pesquisa-ação

Os dados do indicador de previsão de prazo, no terceiro ciclo de pesquisa-ação, se encontram na Tabela 3.7.

Tabela 3.7 - Resultados do indicador de previsão de prazo no 3º ciclo de pesquisa-ação

IEaC(t) 3º Ciclo				
Distribuição	Média	Desvio Padrão	Máximo	Mínimo
BetaGeneral	18,9954	1,0131	21,85	14,98

De acordo com as informações da Figura 3.14 e da Tabela 3.7, verifica-se que a previsão do prazo de conclusão do projeto piorou em relação ao segundo ciclo de pesquisa-ação. No entanto, considerando o retrabalho e a renegociação de prazo de algumas atividades, percebe-se que os indicadores de prazo apresentaram um bom desempenho. O gerente do projeto acredita que, embora as chances sejam pequenas, há a possibilidade de o projeto ser concluído dentro do prazo renegociado de 15 semanas. Isso se deve ao fato de que a simulação apresentou previsões de prazos de conclusão do projeto que variam entre 22 e 15 semanas.

O gerente do projeto se mostrou satisfeito com os resultados, que indicam que suas decisões e ações auxiliaram no desempenho do projeto mesmo diante dos problemas e retrabalhos que aconteceram ao longo do terceiro ciclo de pesquisa-ação.

3.7.5 Análise do projeto

Os resultados do terceiro ciclo de pesquisa-ação, mesmo com todos os problemas de execução na obra, foram satisfatórios em relação aos resultados dos ciclos anteriores. Embora os indicadores de custos não tenham melhorado, o fato de eles continuarem no mesmo patamar significou que as ações tomadas pelo gerente do projeto foram eficientes. Além disso, embora o indicador de prazo não tenha apresentado o desempenho esperado, o gerente do projeto se mostrou satisfeito com os resultados. Pois muitos problemas de execução aconteceram e os esforços de horas extras fizeram com que o resultado de prazo estivesse próximo do planejado. A melhora dos indicadores se deveu, em grande parte, às decisões tomadas ao longo dos ciclos de pesquisa-ação.

Por fim, o gerente do projeto se mostrou satisfeito com a capacidade dos indicadores em refletir a realidade do projeto. Os indicadores o motivaram a dedicar todos os esforços da equipe a cumprir as metas desejadas.

3.8 Encerramento do projeto

A última reunião entre o pesquisador e os funcionários da empresa objeto de estudo aconteceu no dia 05/12/2012. O projeto estava sendo concluído nesta semana com a finalização da atividade 17. Todas as outras atividades, segundo o gerente do projeto, já estavam concluídas.

Verifica-se, portanto, pela data da reunião, que o projeto não cumpriu o prazo renegociado de encerramento na semana 15. Ou seja, o projeto foi concluído com 8 semanas de atraso (semana 23). Algumas imagens da execução do projeto podem ser vistas no Anexo A.

Nessa reunião, o gerente do projeto informou que após o terceiro ciclo de pesquisa-ação houve uma mudança de escopo. Além disso, houve necessidade de retrabalho das atividades 14, 15 e 16. O gerente do projeto ressaltou ainda que tanto os retrabalhos quanto as alterações de escopo não foram formalmente documentadas entre a empresa e o cliente. Porém, era possível comprovar que tanto os retrabalhos quanto as alterações de escopo aconteceram devido a falhas de outras empresas participantes da licitação como, por exemplo, a empresa que desenhou e dimensionou a construção, a empresa responsável pela instalação das esquadrias e a empresa responsável pela instalação das calhas. Diante disso, o gerente do projeto se mostrava confiante de que os aditivos de custos seriam aceitos e pagos pelo cliente e de que a empresa não receberia a multa pelo atraso na data de conclusão da obra. Além disso, informou que com a negociação dos aditivos de custos a empresa conseguiria atingir a margem de lucro esperada.

Observando o intervalo entre o último ciclo de pesquisa-ação (09/10/2012) e a última reunião com o gerente de projeto (05/12/2012), percebe-se que, pelo menos, mais um ciclo de pesquisa-ação poderia ter sido feito. Isso não aconteceu devido ao fato de que após a reunião do terceiro ciclo de pesquisa-ação, tanto o pesquisador quanto o gerente do projeto acreditavam que o projeto seria concluído dentro das 15 semanas planejadas. Pois, até então, o gerente do projeto desconhecia os retrabalhos e as mudanças de escopo necessárias. No mais, nesse intervalo, o pesquisador e o gerente do projeto não puderam se comunicar, pois o gerente do projeto ficou ausente do escritório da empresa, intercalando seu período de trabalho *in loco* entre este projeto unidade de análise e outro projeto conseguido pela empresa para construção de um centro de tratamento em um hospital da cidade. Além disso, nestas semanas, o gerente do projeto fez diversas viagens para realizar treinamentos e reuniões na sede da empresa, que fica no interior do estado de São Paulo.

Após a execução dos três ciclos de pesquisa-ação é possível, então, realizar uma avaliação sobre o projeto unidade de análise.

Capítulo 4 - Avaliação geral do projeto

4.1 Considerações iniciais

O capítulo 4 tem como objetivo apresentar as avaliações quanto ao objetivo proposto por este trabalho. Após efetuar o último ciclo de pesquisa-ação, o gerente do projeto deu sua opinião a respeito da sistemática proposta e da importância de realizar atividades constantes de monitoramento, previsão e análise do projeto. Com base nessas opiniões, em seguida, também foi possível que o pesquisador avaliasse os pontos mais importantes relacionados com a realização dos ciclos de pesquisa-ação, a implementação da ferramenta e a execução do projeto unidade de análise.

4.2 Avaliação do gerente do projeto

Com relação ao projeto, as principais considerações feitas pelo gerente do projeto se referem à importância do gerenciamento, que, segundo ele, em muitos momentos é mais importante do que a própria execução do projeto. Diante disso, ressalta alguns aspectos como a necessidade de mais mão de obra na empresa, formando uma equipe que contenha um engenheiro responsável por executar a obra, e outro funcionário que o acompanhe e seja responsável, em tempo integral, pelo gerenciamento do projeto. Com isso, as ferramentas de gerenciamento propostas nos ciclos de pesquisa-ação poderão ser implementadas, aumentando as chances de sucesso do projeto.

Além disso, constatou que é de extrema importância a presença diária do gerente do projeto no local de sua execução. Isso se deve ao fato de que quando o gerente do projeto se ausenta, os reais responsáveis pela execução (mestre de obra, pedreiros e auxiliares) ficam sujeitos a cometer mais falhas como, por exemplo, má qualidade de entrega e desperdício de material. O gerente do projeto acredita que alguns dos retrabalhos necessários poderiam ter sido evitados se sua presença fosse constante no canteiro de obra. No mais, o fato de o projeto ser executado no território do cliente faz com que, muitas vezes, o cliente interfira no trabalho da equipe, solicitando a realização de novas tarefas, interrompendo as atividades e alterando o cronograma, assim como exposto no trabalho de Vennstrom e Eriksson (2010), que trata da influência dos clientes no resultado final de projetos de construção. Isso faz com que os funcionários confundam as autoridades, desconhecendo quais ordens devem ser cumpridas, e faz também com que o verdadeiro gerente do projeto perca o controle sobre o projeto. Além da presença diária do gerente do projeto no local da obra, outra forma de resolver esse ponto seria melhorando o treinamento dado aos funcionários em torno de assuntos como o

cumprimento de horários e regras, equipamentos e requisitos de segurança importantes, limpeza da obra, desperdício de matéria-prima, qualidade dos serviços, comunicação, entre outros.

O último aspecto relacionado com a execução do projeto se refere à importância da comunicação e do respeito entre as empresas executoras. O projeto unidade de análise deste trabalho refere-se à construção civil da cabine de pintura. No entanto, a cabine de pintura é um projeto maior, que envolve, por exemplo, o desenho da planta e a instalação das esquadrias, atividades que são de responsabilidade de outras empresas vencedoras da licitação. O gerente do projeto ressalta que todas as empresas devem reconhecer que a qualidade de seus serviços, bem como os custos e o cumprimento dos prazos de entrega, estão diretamente relacionados com o bom desempenho das demais empresas. Acredita, ainda, que a boa comunicação entre as empresas executoras do projeto é a real responsável pelo sucesso do projeto. O gerente do projeto afirma que muitos retrabalhos não aconteceriam caso tais empresas mantivessem a comunicação constante. Para resolver tal problema, o gerente do projeto incluiu no documento de lições aprendidas do projeto a necessidade de criar um procedimento que garanta maior comunicação entre funcionários, empresas executoras e cliente. Diante disso, o gerente do projeto propõe também que a sistemática proposta por esse trabalho seja compartilhada com as demais empresas, acreditando que os relatórios e informações que são disponibilizados podem contribuir com o bom desempenho de todos. Dessa forma, essa ferramenta pode servir não só para que as empresas controlem os prazos e custos de suas partes do projeto, mas também para que monitorem o desempenho de seus funcionários e de seus parceiros (demais empresas executoras). O cliente também pode passar a utilizar a ferramenta como forma de controlar o desempenho do projeto como um todo.

Quanto à ferramenta apresentada, esta se mostrou de grande valia, principalmente por oferecer como resultado um conjunto de dados, ao invés de um valor determinístico, e por permitir a elaboração de gráficos que mostram diversas possibilidades de resultados. Além disso, a forma como os gráficos de desempenho e de previsão são disponibilizados facilitam o processo de análise e reduzem o tempo do gestor analisando as informações. A ferramenta auxiliou o gestor a reportar o desempenho do projeto tanto para a sede da empresa quanto para o cliente, pois os gráficos e relatórios são de fácil visualização.

Por meio de uma entrevista semi-estruturada, o gerente do projeto deu sua opinião sobre a sistemática proposta, resumida da seguinte forma:

“As análises auxiliaram o controle do projeto e contribuíram para o processo de decisão. Além de oferecerem o embasamento necessário para as negociações de aditivos de custos com

o cliente. A ferramenta é valiosa não só para o gerenciamento dos projetos de construção, mas também para o gerenciamento da empresa como um todo, considerando a sede e as filiais. A sistemática será apresentada para a diretoria da empresa para que o software seja adquirido. Isso auxiliaria os demais engenheiros civis, que são os responsáveis pelo gerenciamento das obras da empresa, fazendo com que todos reportassem o desempenho dos projetos de acordo com um mesmo padrão. É possível, também, contribuir com a diretoria da empresa, que poderá avaliar todos os projetos de forma integrada, facilitando a indicação de quais projetos precisam de maior atenção e mais verbas. Além disso, a ferramenta pode tornar as reuniões entre a sede da empresa e as filiais mais rápidas fazendo com que elas possam, até, acontecer de forma remota. Isso solucionaria um problema atual, que é o de retirar os engenheiros das obras para participar de reuniões na sede da empresa. Essa atitude reduziria, também, os gastos com viagens. A oportunidade de realização de ciclos de monitoramento e controle também se mostrou interessante. Pois, ao se recalcularem os indicadores, pode-se comparar o desempenho entre os ciclos. Isso permite verificar se as ações tomadas nos ciclos anteriores foram eficientes, avaliar se os indicadores estão próximos das metas pré-estabelecidas e também tomar novas ações para que os indicadores se aproximem das metas nos próximos ciclos. Além disso, a previsão permite que os problemas sejam antecipados, fazendo com que os planos de ação sejam implementados em tempo suficiente para que os prazos e os custos não saiam do controle. Porque, mais do que simplesmente analisar o desempenho do projeto em um determinado momento, as previsões foram extremamente importantes para que se pudesse conhecer em que esse desempenho atual resultaria; ou seja, qual seria o custo total e o prazo final considerando o desempenho atual do projeto. A sistemática proposta permitiu que conhecimentos fossem gerados tanto em relação à execução do projeto quanto em relação ao tratamento do cliente, que era, até então, novo para a empresa. Foi possível perceber uma maior necessidade de conhecer a estrutura organizacional do cliente e incorporar regras nos próximos contratos e escopos firmados. Tais regras são importantes para que ambas as partes conheçam o que será entregue ao final do projeto e cumpram exigências como, por exemplo, requisitos de segurança e horários de trabalho. Tais aspectos são fundamentais para que o sucesso do projeto seja alcançado. As lições aprendidas durante a execução desse projeto e, principalmente, durante a implementação da ferramenta são importantes e serão, sem dúvida, consideradas durante as negociações de novos projetos”.

Concluindo, por se tratar de uma empresa de desenvolvimento de projetos de construção civil e saneamento, que necessita de métodos eficientes de gerenciamento de prazo e custo, o

gerente do projeto acredita que a ferramenta apresentada é satisfatória e deve ser adotada pela empresa para gerenciamento dos demais projetos de todas as localidades da organização.

4.3 Avaliação do pesquisador

Do ponto de vista do pesquisador pode-se fazer uma avaliação considerando três aspectos: (1) as dificuldades para realização da pesquisa como, por exemplo, as reuniões com a equipe e a coleta de dados; (2) a avaliação do projeto e da postura da empresa executora diante contexto do projeto e (3) a análise da ferramenta proposta. Sendo assim, cada um desses aspectos é descrito neste tópico.

4.3.1 Realização da pesquisa

A maior dificuldade em relação à realização da pesquisa se deu ao fato de se tratar de uma empresa pequena da região. Apesar de se tratar de uma empresa de médio porte, o escritório filial conta com apenas quatro funcionários, que são um gerente de projetos (engenheiro civil), um auxiliar administrativo (técnico) e dois estagiários (estudantes de engenharia civil). Assim, diante do volume de projetos que a empresa possui na região, foi possível constatar que tais funcionários ficam sobrecarregados com as atividades de execução e gerenciamento das obras. Por isso, muitas vezes, a prioridade dos funcionários é executar o projeto, deixando o gerenciamento aquém do necessário, o que pode comprometer o sucesso do projeto, principalmente em relação aos custos e aos prazos. Isso faz, também, com que as atividades sejam realizadas baseadas em problemas, e não seguindo um planejamento e um cronograma de atividades diárias pré-estabelecido. Desta forma, o foco da equipe muda de projeto para projeto conforme as falhas e problemas aparecem.

Além disso, o fato da sede da empresa ser em outra cidade (interior de São Paulo) faz com que o gerente do projeto se ausente do escritório pelo menos uma semana por mês (para participar de treinamentos e reuniões de *staff*), comprometendo ainda mais as atividades de execução e gerenciamento dos projetos em andamento.

Outro problema relacionado com a coleta de dados refere-se ao fato do departamento financeiro se localizar na sede da empresa. Os gastos tanto com mão de obra quanto com matéria prima são realizados na filial, porém, são controlados na sede da empresa. Assim, o período entre a realização do gasto e o reconhecimento do gasto pela empresa não é imediato. Desta forma, no decorrer dos dias de execução do projeto, não é possível determinar exatamente quanto está sendo gasto, o que pode deixar o gerente do projeto exposto a

surpresas. Diante disso, tanto o pesquisador quanto o gerente do projeto tiveram dificuldades para acessar os custos reais do projeto nas datas de realização dos ciclos de pesquisa-ação.

4.3.2 Avaliação do projeto

Quanto à avaliação do projeto, foi possível observar a importância de se estabelecer, no início do projeto, as delimitações e restrições do escopo. Isso pode ser percebido devido ao fato de que, ao longo dos ciclos de pesquisa-ação, novas atividades foram incluídas pelo cliente, muitas vezes, sem o gerente do projeto ser comunicado. Esse problema acontece porque o projeto é realizado no território do cliente. Ou seja, em muitos momentos, o cliente está mais próximo do projeto do que o gerente do projeto. Por isso, é importante que o gerente do projeto mantenha os funcionários (mestres de obras, pedreiros e auxiliares) treinados para que conheçam o escopo, a programação diária de suas atividades e apliquem os procedimentos necessários de revisão de escopo (aprovado pelo gerente do projeto) antes de executarem atividades extras às programadas. A documentação das revisões do projeto também é importante, pois pode auxiliar o gerente do projeto durante as negociações de prazo e as solicitações de aditivos de custos.

A dificuldade da empresa em alcançar as metas estabelecidas para os indicadores de custos e prazos não significa um mau desempenho da equipe do projeto, nem mesmo um mau gerenciamento por parte do gerente do projeto. O não cumprimento das metas se deveu à postura da empresa em assumir os riscos de orçar e executar um projeto conhecendo seus erros de desenho (dimensões inferiores). Portanto, desde a fase de planejamento do projeto, a empresa optou por assumir os riscos em detrimento de uma questão estratégica na tentativa de ganhar mercado na região.

4.3.3 Ferramenta proposta

Com relação à sistemática proposta, a ferramenta se mostrou eficiente, auxiliando a equipe do projeto, por meio dos resultados de previsão, nas ações corretivas que melhorassem o desempenho do projeto. Além disso, as distribuições de possibilidades dos resultados (intervalos mínimos e máximos), as opções de mudanças de cenários e as análises estatísticas permitidas pelo software utilizado contribuíram para as análises, permitindo a tomada de decisões fundamentada estatisticamente. Além disso, os resultados apresentados na forma de intervalos de confiança motivaram o gerente de projeto e toda a equipe a executar ações a fim de melhorar os indicadores, além de auxiliarem na determinação das metas para os ciclos subsequentes da pesquisa-ação.

Entretanto, a implementação da ferramenta se mostrou complexa com relação à demanda de tempo necessária para coleta dos dados e análise dos dados após a simulação. Por isso, acredita-se que a sistemática seja válida em projetos com custos elevados, como foi o caso do projeto unidade de análise. Pois, quanto maiores os custos dos projetos, maiores são os retornos relacionados com as ações tomadas, o que justifica o tempo despendido do pesquisador e do gerente do projeto para implementação do método. Para o caso de projetos pequenos, com custos menores, acredita-se que o custo da hora de trabalho do pesquisador e do gerente do projeto para execução da sistemática é superior ao retorno que a utilização da ferramenta pode trazer para a empresa.

Capítulo 5 - Análise dos resultados

5.1 Considerações iniciais

Este capítulo tem como objetivo apresentar as análises em relação à empresa objeto de estudo, ao projeto unidade de análise, bem como aos resultados obtidos após a implementação da sistemática proposta.

5.2 Análise dos resultados

A empresa objeto de estudo tinha, inicialmente, maior interesse em controlar os prazos do projeto unidade de análise. Isso se justifica pelo fato de a empresa ficar sujeita a multas no caso de atrasos no cumprimento do cronograma. Porém, a partir do segundo ciclo de pesquisa-ação, o foco da empresa passou a ser controlar tanto o cronograma quanto o orçamento. O controle de custos passou a ser importante porque se tratava de um projeto de contrato de preço fixo, em que o cliente paga apenas o que está descrito no contrato, e a empresa contratada assume todos os riscos em relação ao orçamento do projeto. Pode-se perceber, desta forma, que, assim como exposto por Christensen-Day (2010), em casos de contrato de preço fixo, o cliente não exige o monitoramento do projeto por meio dos indicadores do EVM, uma vez que seu controle é feito por meio do cronograma e datas de pagamento pré-programadas (fluxo de caixa). Como, a partir do segundo ciclo de pesquisa-ação, os resultados da simulação apresentaram um mau desempenho nos indicadores de custos, estes passaram a ter maior importância para a empresa. Pois, o excesso de custos impactaria diretamente nas margens de lucro praticadas pela empresa. Desta forma, a sistemática proposta se mostrou importante tanto no que diz respeito ao gerenciamento de prazos quanto ao de custos.

Foi identificada pelo gerente do projeto a oportunidade de compartilhar a ferramenta com a diretoria e os demais gerentes de projetos da empresa. A utilização do software, bem como a implementação da ferramenta proposta, pode auxiliar a empresa em diversos aspectos, como, por exemplo, o estabelecimento de um padrão de relatório de análise de projeto e a definição mais fácil, por parte da empresa, sobre quais projetos necessitam de mais recursos.

O gerente do projeto afirmou, ainda, que um número maior de ciclos de pesquisa-ação deveria ser feito, pois isso permitiria que as ações corretivas fossem tomadas de forma mais rápida, aumentando as chances de sucesso do projeto. Porém, é interessante que um funcionário fique dedicado em tempo integral a implementação desta ferramenta. Isso se deve ao fato de que as

atividades de coleta e preparação dos dados são complexas e tomam tempo. Segundo Raz e Michael (2001), existem custos e tempo associados à adoção de ferramentas e práticas de gerenciamento de riscos e isso deve ser levado em consideração durante o processo de implementação da sistemática. Da mesma forma, o gerente do projeto percebeu que quanto maior o projeto (grande número de atividades), mais tempo se gasta determinando estimativas, correlações e elaborando planilhas. Tal afirmação do gerente de projeto pode ser confirmada pelo trabalho de Kim (2000) que alega que o monitoramento do projeto por meio do EVM não é necessário em projetos pequenos devido ao fato de sua aplicação ser trabalhosa. Por outro lado, independente do tamanho do projeto, quanto mais ciclos de pesquisa-ação são realizados, menor o número de atividades monitoradas e, conseqüentemente, menor o tempo gasto com a coleta de dados e elaboração de relatórios. O gerente de projeto considerou, entretanto, que o tempo dedicado à ferramenta é importante e valioso, uma vez que os retornos são significativos e contribuem para os resultados do projeto. Da mesma forma, Kim (2000) assegura que, embora seja trabalhosa, a utilização do EVM na empresa pode melhorar por meio de treinamento dos funcionários, procedimentos e metodologias e ferramentas computacionais. Outro aspecto importante está relacionado com o trabalho de Vanhoucke (2011), que destaca a eficiência do EVM em projetos com atividades estruturadas em série, assim como o caso do projeto unidade de análise. Além disso, Ribeiro e Ferreira (2010) afirmam que projetos de construção civil geram muitos conhecimentos, que podem ser compartilhados e reutilizados pelas empresas e pelos demais projetos. No entanto, as empresas do setor de construção civil não armazenam e compartilham as informações dos projetos, além de não possuírem uma cultura de aprendizado em relação a novas tecnologias e a pessoas. Por isso, pode-se perceber, por meio da sistemática proposta, uma forma de armazenar conhecimentos que poderão ser utilizados e contribuir com o sucesso dos demais projetos executados pela empresa objeto de estudo.

Foi possível observar que, no início do planejamento, a empresa objeto de estudo assumiu o risco de apresentar ao cliente um cronograma e um orçamento enxutos, elaborados com base em um desenho com dimensões menores do que as reais, como parte da decisão estratégica de vencer a licitação. Isso fez com que a empresa tivesse dificuldade em alcançar as metas de custos e prazos estabelecidas durante o planejamento do projeto. O trabalho de Zwikael e Globerson (2006) confirma o fato de que os erros no planejamento podem comprometer o sucesso do projeto. Pois, segundo tais autores, o sucesso do resultado final do projeto está diretamente relacionado com a qualidade do planejamento.

Ainda durante a etapa de planejamento percebeu-se que havia dois cronogramas distintos para o projeto. Um no modelo da empresa objeto de estudo e outro no modelo exigido pelo cliente (necessário para concorrer à licitação). Inicialmente, a incorporação da incerteza seria feita com base no cronograma utilizado pelo cliente. Porém, tal cronograma não apresentava as atividades em forma sequencial e não separava a obra em etapas claras (por exemplo, a abertura dos fossos, no cronograma do cliente, fazia parte da atividade de alvenaria). Dessa forma, optou-se, então, por implementar a sistemática considerando o cronograma utilizado pela empresa construtora para facilitar o entendimento dos funcionários envolvidos.

Da mesma forma, existiam, também, dois fluxos de caixa distintos. O modelo do cliente atendia os moldes de um contrato de preço fixo e considerava as datas de pagamento independente das atividades já executadas. Assim, a forma de pagamento do cliente não acompanha a evolução real do projeto. No início do projeto os pagamentos são superiores aos gastos, dando para a empresa executora uma impressão de lucro. Com o andamento do projeto, as atividades passam a ser mais complexas e caras, e os pagamentos passam a ser inferiores aos gastos, dando uma impressão de prejuízo. Isso evidencia a necessidade de uma boa administração financeira por parte da empresa executora, que deve controlar os gastos conforme as atividades, e não conforme os pagamentos feitos pelo cliente. O outro modelo, utilizado pela empresa objeto de estudo, considerava os gastos conforme as atividades eram executadas. Portanto, a fim de validar a sistemática proposta tanto para os indicadores de prazos, quanto para os indicadores de custos, optou-se por utilizar o fluxo de caixa no modelo da empresa executora do projeto.

O gerente do projeto unidade de análise ressaltou a dificuldade de gerenciar um projeto em parceria com outras empresas também vencedoras da licitação. E, afirmou que a qualidade dos serviços prestados por cada uma das empresas impacta diretamente no sucesso do resultado das demais empresas executoras. Destacou, também, que o fato do projeto acontecer dentro do território do cliente faz com que o cliente interfira nas atividades da equipe, o que pode prejudicar o resultado final do projeto. Atkinson, Crawford e Ward (2006) classificam esse evento como sendo as incertezas associadas com os fornecedores do projeto. Segundo os autores, quando clientes e fornecedores não fazem parte da mesma organização, aspectos como qualidade e confiabilidade dos serviços e produtos entregues são um desafio para o sucesso do projeto. Ao contrário, quando fazem parte da mesma organização, tais problemas são menores, uma vez que as informações podem ser trocadas mais rapidamente.

A Simulação de Monte Carlo (SMC) se mostrou adequada em relação ao contexto em que o projeto unidade de análise estava inserido. Pois, permitiu o cálculo das incertezas em um projeto em que não havia dados históricos disponíveis para se aplicar equações matemáticas. Para que a ferramenta funcione, é preciso ter as atividades do projeto bem definidas, além das informações de cronograma e custos para cada atividade. A opinião de um especialista (gerente de projeto, engenheiro civil) durante a determinação das incertezas e da matriz de correlação se mostrou importante para que os dados simulados ficassem próximos aos valores reais esperados. Tal afirmação pode ser comprovada por meio da pesquisa de Waddell e Sohal (1994), que afirma que as ferramentas de previsão não devem substituir, e sim agregar os julgamentos e a experiência do gerente de projeto. Dessa forma, segundo os autores, deve-se combinar as técnicas de previsão com as experiências dos especialistas para garantir que os resultados finais serão os mais próximos possível dos previstos. Além disso, para que os resultados apresentados pela simulação sejam confiáveis, é preciso que as estimativas de custos e prazos reflitam, em valores, as condições e o contexto em que o projeto está inserido. Isso significa que a eficiência da ferramenta proposta está intimamente ligada com a qualidade da análise de risco feita pelo especialista, assim como afirmado por Godoy (2011). Além disso, o processo das estimativas de custos e de prazos levaram em consideração a experiência de um especialista assim como sugerido por Kim *et al.* (2004) e Ahuja e Thiruvengadam (2004).

Também é importante considerar a obtenção do software, que é fundamental para aplicação da sistemática proposta. O software utilizado (@Risk versão 5.5) se mostrou bastante adequado às necessidades do projeto, uma vez que permite a Simulação de Monte Carlo (SMC), o tratamento estatístico dos dados, a análise de cenários e a elaboração de gráficos e relatórios. Além disso, as simulações são feitas de forma rápida, possibilitando a obtenção de uma amostra grande de valores em pouco tempo.

Outro aspecto a ser considerado está relacionado com a necessidade de atualizar o orçamento e o cronograma do projeto sempre que necessário para que não haja discrepâncias entre o cenário que o projeto se encontra e o cenário em que o planejamento e as estimativas iniciais foram elaborados. Ahuja e Thiruvengadam (2004) aconselham que o cronograma seja monitorado e atualizado constantemente, uma vez que os prazos e a sequência das atividades podem mudar ao longo da execução do projeto. Attarzadeh e Hock (2009) afirmam ainda que, caso haja alguma alteração no cronograma ou no orçamento, os planos e as metas devem ser revistos e deve-se determinar uma nova base de comparação para que o projeto seja analisado corretamente por meio dos indicadores do EVM. Para o projeto unidade de análise, no

terceiro ciclo de pesquisa-ação, houve a necessidade de atualizar os dados dos prazos planejados. Caso isso não fosse feito, os resultados do indicador de previsão de prazo apresentariam previsões distantes da realidade do projeto naquele momento. Por isso, realizar reestimativas constantes pode levar a resultados mais precisos.

Durante os três ciclos de pesquisa-ação, foi possível perceber uma redução da incerteza (Figuras 3.4, 3.8 e 3.12). Isso pode ser comprovado pela afirmação de PMI (2004) de que, no início do projeto, os riscos e as incertezas são elevados, ao passo que, ao longo de sua execução, tais riscos e incertezas diminuem. Plaza e Turetken (2009) afirmam que ao longo do desenvolvimento do projeto, conforme adquire-se experiência, espera-se que as incertezas diminuam.

Por último, tem-se que a sistemática pode ser replicada em outros projetos, mas é importante considerar a situação da empresa em questão e as particularidades e incertezas do novo projeto. Pois cada estimativa é particular do projeto que está sendo monitorado. Além disso, os procedimentos adequados de coleta e preparação dos dados, bem como a aquisição do software, devem ser considerados. Assim, embora o tempo e a dedicação para elaboração de estimativas, planilhas e matrizes de correlação seja grande e aumente conforme o tamanho do projeto, esse esforço é precioso diante dos resultados obtidos.

Capítulo 6 - Conclusões

Com base na revisão de literatura foi possível observar aspectos como a importância do gerenciamento de projetos, a presença de riscos e incertezas em projetos, que fazem com que os resultados de custos e prazos não sejam atendidos, e a relevância das ferramentas de monitoramento e previsão de projetos, que auxiliam os gestores na tomada de decisão e na implementação de ações preventivas e corretivas. Somado a isso, tem-se o crescimento da utilização do Earned Value Management (EVM) tanto como tema de pesquisa, quanto como ferramenta de aplicação prática, auxiliando os gestores a monitorar o desempenho dos indicadores de custos e prazos dos projetos. Justifica-se, portanto, a necessidade de se obter uma ferramenta que integre tais aspectos.

Foi identificada a possibilidade de apresentar os resultados dos indicadores de desempenho e previsão do EVM na forma de uma média e uma variância, ao invés de um valor determinístico, incluindo, assim, as incertezas do projeto nos indicadores. A viabilidade da ferramenta proposta foi avaliada por meio do método pesquisa-ação utilizando dados reais de um projeto de construção civil.

6.1 Sistemática proposta

Por meio da aplicação da sistemática proposta, foi possível concluir aspectos como:

- Desconhecimento do EVM por parte do gerente do projeto e dos demais funcionários da empresa objeto de estudo. Assim, antes de iniciar a implementação da sistemática, foi preciso explicar aos envolvidos o que era o EVM e qual sua função dentro de um projeto.
- Dificuldade durante a realização dos cálculos devido ao desconhecimento teórico sobre EVM, ao acesso a informações precisas dos custos realizados na data de controle e à disponibilidade de ferramentas computacionais que permitam os cálculos e a geração de gráficos. Essas dificuldades foram superadas por meio do treinamento dos funcionários sobre os termos e ferramentas utilizados e pela aquisição dos softwares necessários.
- Os cenários (pessimista, mais provável e realista) e a matriz de correlação foram elaborados com base na experiência do especialista (gerente do projeto). A coleta desses dados é simples, embora sejam valores que dependam da experiência e da disponibilidade do gerente do projeto. A maior dificuldade, nesse caso, se deveu ao desconhecimento do gerente do projeto em relação à ferramenta e à necessidade de explicar quais informações eram importantes para funcionamento da sistemática. Além disso, a aplicação da ferramenta depende da disponibilidade (tempo) do gerente do projeto para dispor os dados. Para garantir que os

dados seriam coletados, todas as reuniões entre pesquisador e especialista foram agendadas no início do trabalho. Apesar das reuniões não terem acontecido exatamente nas datas marcadas, os dados puderam ser coletados, pois o gerente do projeto já estava ciente de tal necessidade.

- Acesso limitado aos custos incorridos ao longo do projeto em prazo hábil para permitir o equilíbrio entre as ações para cumprimento do prazo sem impactar significativamente os custos. A complexidade, nesse caso, se deveu ao fato de a contabilidade ser feita na sede da empresa (em outra cidade). Sugere-se, assim, que a empresa filial (objeto de estudo) tenha um funcionário responsável por organizar e controlar as notas fiscais em seu escritório. Assim, a empresa poderá ter, ao menos, um conhecimento prévio do que está sendo gasto em cada projeto e, conseqüentemente, manter o equilíbrio entre receitas e despesas. Esse controle financeiro pode ser feito pelo mesmo funcionário responsável por aplicar a sistemática nos próximos projetos. Vale ressaltar que obter os dados de custos reais nas datas determinadas para monitoramento e controle é um aspecto fundamental para que a sistemática proposta funcione corretamente.

- Dificuldade de estabelecer as incertezas das atividades. Embora o projeto unidade de análise apresente 19 atividades, cada uma destas atividades se divide em diversas “sub-atividades” com custos e prazos irrelevantes (geralmente, inferiores a um dia, por exemplo). Como o planejamento inicial era de realizar ciclos de pesquisa-ação ao final de cada mês do projeto, decidiu-se monitorar o projeto considerando apenas as “macro-atividades” (19 atividades). Tal decisão facilitou a coleta de dados, porém, atrapalhou o gerente do projeto durante o estabelecimento dos cenários (pessimista, mais provável e otimista). Isso se deve ao fato de que a incerteza destas “sub-atividades” varia. Por isso, foi necessário fazer uma média entre as incertezas destas “sub-atividades” para se estimar a incerteza de cada uma das 19 “macro-atividades” descritas no trabalho. Uma solução para isso seria realizar mais ciclos de pesquisa-ação, em intervalos de tempo menores, e, assim, aplicar a ferramenta considerando todas as denominadas “sub-atividades”, mas devem-se considerar os recursos alocados para o cálculo do EVM e seus benefícios.

- Quanto menores os intervalos de monitoramento do projeto (menores ciclos de pesquisa-ação), menores são os esforços para coleta de dados, execução dos cálculos e elaboração de relatórios. Além disso, por meio dos ciclos de pesquisa-ação, tem-se a oportunidade de comparar os resultados e a evolução do projeto ao longo de sua execução. Porém, quanto menores os ciclos de pesquisa-ação, maiores são as necessidades de disponibilidade do especialista para apresentar os dados.

- Controle, inicialmente, enfatizado no cronograma, principal documento de apoio à decisão, resultando em elevada ênfase no prazo. Isso se deve ao fato do projeto se tratar de contrato de preço fixo em que, do ponto de vista do cliente, a maior ênfase está nos prazos, uma vez que os pagamentos acontecem conforme programado no contrato, não variam e independem das atividades que estão sendo realizadas. Nesse caso, para o fornecedor, a preocupação com o cronograma acontece porque são previstas multas em caso de atraso na entrega do resultado do projeto. No entanto, como o projeto foi analisado considerando o ponto de vista do fornecedor (empresa construtora), a ênfase é importante para prazo e para custos. Para prazos devido às multas em caso de atraso e para custos devido à necessidade de fazer uma administração financeira capaz de equilibrar receitas e despesas evitando prejuízo caso os gastos ultrapassem os valores estipulados no contrato. Assim, tanto os indicadores de custos quanto os indicadores de prazo receberam a mesma atenção.
- Oportunidade de expandir a ferramenta proposta para outros projetos da empresa objeto de estudo. Tal oportunidade pode, ainda, ser expandida para a possibilidade de se criar uma sistemática de monitoramento e controle de projetos dentro da empresa.
- Importância de se elaborar o planejamento considerando informações reais do projeto como, por exemplo, as dimensões reais da área a ser construída, fazendo com que as metas sejam, conseqüentemente, alcançáveis.
- Necessidade de atualização constante do orçamento e do cronograma para que as análises do projeto sejam feitas com base na situação real do projeto no momento da análise.
- Subjetividade durante o julgamento do percentual de realização de cada atividade e, conseqüentemente, o cálculo do EV. Em muitos momentos, durante a implementação da ferramenta, o gerente do projeto afirmava que uma determinada atividade estava totalmente concluída, no entanto, o cliente afirmava o contrário e exigia que mais requisitos fossem atendidos antes de considerar a atividade encerrada. Por exemplo, na atividade 14 (Paredes), a empresa executora considerava a atividade concluída quando as paredes estavam levantadas. Já para o cliente, a atividade estaria concluída depois que as paredes estivessem levantadas e rebocadas. Nesse caso, como o monitoramento do projeto foi feito com base no cronograma e orçamento da empresa executora, considerou-se para coleta de dados e análise do projeto, as opiniões e pontos de vista do gerente do projeto. Desse fato, evidencia-se, também, a relevância de se ter escopos e requisitos bem delimitados e acordados entre fornecedores e clientes.
- Contribuição do EVM para a implementação de ações corretivas e preventivas, destacando a negociação de aditivos de custos e aprendizado de aspectos culturais e regimentais do cliente,

que serão considerados nos contratos dos novos projetos. Os relatórios gerados fornecem um embasamento estatístico e teórico importante que auxilia o gerente do projeto durante as negociações com o cliente e demais parceiros do projeto. Além disso, as reuniões dedicadas ao monitoramento e análise do projeto fizeram o gerente do projeto identificar a necessidade de incluir nos próximos contratos outros aspectos e regras além daquelas diretamente relacionadas com a execução da obra, como, por exemplo, regras de segurança, horários de trabalho, presença constante do cliente na obra, entre outros.

- Experiência de um especialista durante a elaboração de estimativas e a determinação das incertezas é fundamental para que os resultados (distribuições de possibilidades) reflitam o contexto em que o projeto está inserido e fiquem os mais próximos possíveis do cenário real.
- Uso e domínio do software *@Risk* (ou software similar) é essencial para realização do tratamento estatístico dos dados, elaboração de gráficos e análises por meio de variações de intervalos de confiança. O software também permite que os cálculos sejam feitos rapidamente, além de facilitar a análise pela forma como as informações (relatórios) são apresentadas.
- Interface simples do software *@Risk*. A criação das planilhas no *Microsoft Excel* e a utilização do *add-in @Risk* é simples, sendo, a atividade mais complexa, a necessidade de transportar os dados coletados para a planilha. Dessa forma, o domínio dos softwares e o conhecimento teórico sobre EVM são suficientes para aplicação da sistemática proposta.
- Processo decisório facilitado por meio do EVM e seus indicadores de previsão. Os gráficos gerados permitem visualizar facilmente as previsões de custo e prazo simultaneamente, compreendendo os resultados futuros das ações implementadas no projeto.

6.2 Recomendações à empresa objeto de estudo

Após aplicação da ferramenta, é possível, também, sugerir melhorias à sistemática e à empresa objeto de estudo, como:

- Elaborar uma planilha padrão e um procedimento que oriente o responsável durante a implementação da ferramenta. Isso pode auxiliar para que os envolvidos colem todos os dados necessários de forma correta, além de reduzir o tempo gasto com elaboração de planilhas.
- Preparar, ao longo do desenvolvimento de outros projetos, um banco de dados com as opiniões do especialista em relação às incertezas, aos cenários (pessimista, mais provável e otimista) e às correlações. Assim, a pessoa responsável por implementar a sistemática, independente de sua formação, também poderá adquirir experiência e, posteriormente,

determinar cenários, incertezas e correlações prévias sobre as atividades do projeto. Assim, fica sob responsabilidade do especialista (gerente do projeto), apenas validar os valores. Isso pode tornar a sistemática mais rápida e poupar o tempo do gerente do projeto durante a fase de coleta de dados.

- A empresa objeto de estudo pode utilizar a sistemática proposta em seus demais projetos, tendo em vista que ela foi de grande valia no projeto unidade de análise. No entanto, para que a ferramenta seja implementada corretamente, um funcionário deverá ter dedicação integral para coleta de dados, elaboração de planilhas e apresentação de relatórios. Tal funcionário poderá ter, também, como função, o gerenciamento e o controle das notas fiscais e demais custos que indiquem os gastos de cada atividade de cada projeto executado pela empresa. Tal ação poderá facilitar a obtenção das informações referentes aos custos atuais do projeto.

- A sistemática proposta pode ser estendida para as demais filiais da empresa. A utilização da ferramenta pode auxiliar no controle dos projetos, na análise da empresa como um todo (visão macro), nas reuniões de *feedback* entre os gerentes de projetos e na redução de gastos com viagens.

- Detalhamento do escopo e dos requisitos do projeto, maior presença do gerente do projeto no local da obra e mais reuniões com os funcionários são aspectos que podem facilitar o gerenciamento e a implementação da ferramenta nos demais projetos da empresa.

- Criação e preenchimento de documentos durante a execução do projeto como, por exemplo, lições aprendidas, pedidos de alteração de escopo, solicitação de mudança, pedidos de alteração de cronograma e aditivos de custos. Tais documentos, juntamente com os relatórios disponibilizados pela sistemática proposta, podem auxiliar o gerente do projeto durante reuniões de negociação com o cliente e durante a elaboração de novos contratos, além de servir como registro (banco de dados), contribuindo com a criação de conhecimento dentro da empresa.

Embora custos, prazos e riscos tenham sido as três áreas do gerenciamento de projetos mais destacadas por este trabalho, constatou-se, durante a aplicação da ferramenta, que o sucesso do projeto depende, também, da integração e do bom desempenho de outras áreas de conhecimento como recursos humanos, comunicação e aquisição. Desta forma, tem-se a oportunidade de expandir a sistemática proposta de forma que estas outras áreas sejam integradas ao processo de monitoramento e controle dos projetos.

Conclui-se, portanto, que a incorporação da incerteza no cálculo dos indicadores de desempenho e previsão do EVM pode auxiliar os gerentes de projetos durante os processos de monitoramento do projeto e de tomada de decisão.

6.3 Recomendações para trabalhos futuros

As sugestões para trabalhos futuros são:

- Replicar a sistemática proposta neste trabalho em outros projetos, de outros setores, a fim de validar sua generalização.
- Desenvolver um aplicativo (software) que automatize a aplicação do EVM em projetos que tenham como principais requisitos: facilidade de inserção dos valores de custo e prazo com suas respectivas possibilidades; permita a inserção da correlação entre as atividades; e tenha como saída um gráfico de fácil visualização e interpretação dos resultados.
- Ampliar a sistemática proposta para que ela integre o resultado de diversos projetos, permitindo que a empresa analise o desempenho dos projetos individualmente e em conjunto. Isso pode ser utilizado para casos de empresas com mais de um projeto e também para casos de um único projeto com mais de uma empresa executora, neste último caso, a ferramenta deverá integrar o resultado de diversas empresas.
- Incorporar a incerteza no cálculo dos indicadores de desempenho e previsão do EVM e do ES por meio de outros métodos, como, por exemplo, a utilização de dados históricos.
- Utilizar os resultados de previsão apresentados pela sistemática para validar a qualidade do planejamento do projeto.
- Utilizar outros métodos de monitoramento e previsão de projetos, a fim de comparar a precisão dos resultados obtidos por cada um deles.

Espera-se, por fim, que este trabalho auxilie e estimule empresas a utilizarem o EVM, contribuindo para o treinamento dos funcionários sobre o emprego da ferramenta, e também incentivando à aplicação do método e a aquisição do software. Além disso, espera-se que este trabalho sirva como estímulo à pesquisa nessa área e desperte o interesse de outros pesquisadores a desenvolver trabalhos a cerca deste tema.

APÊNDICE A – Protocolo de pesquisa

Este apêndice apresenta o protocolo de pesquisa contendo a visão geral da pesquisa-ação, os procedimentos e as questões para condução dos ciclos.

Protocolo de pesquisa para pesquisa-ação	
Visão geral	
Objetivo	Incorporar a incerteza nos indicadores de previsão utilizados pelo <i>Earned Value Management</i> (EVM).
Questões da pesquisa	Como incorporar a incerteza nos indicadores? Como apresentar resultados mais precisos de previsão de custo e prazo de projeto?
Problema a ser solucionado	Obter os resultados de previsão de custo e prazo de projeto considerando suas incertezas e não apenas um ponto determinístico.
Contribuição da pesquisa	Previsão de custo e prazo de projetos por meio do EVM considerando as incertezas do projeto.
Procedimentos de campo	
Unidade de análise	Projeto de construção civil de uma cabine de pintura em uma empresa brasileira do setor aeronáutico.
Grupo de pesquisa	Pesquisador e funcionários da empresa executora da obra (gerente do projeto, estagiário e mestre de obra).
Agenda para coleta de dados	Todo último dia útil do mês, a partir do mês de julho, até o dia 20/09/2012 (data prevista para conclusão do projeto).
Agenda para os ciclos de pesquisa-ação	Último dia útil dos meses de execução do projeto (de julho a setembro de 2012).
Fontes de informação	Sistema de informação da empresa (sistema financeiro, diário de obra, entre outros). Observação do pesquisador e entrevista com os funcionários da empresa que estão envolvidos no projeto.
Questões de pesquisa	
Coleta de dados	Quais são as atividades do projeto? Qual o cronograma do projeto (WBS)? Quais são os custos de cada atividade do projeto considerando três cenários (pessimista, mais provável e otimista)? Como estes custos são distribuídos semanalmente? Na data de realização do ciclo de pesquisa-ação, qual o percentual de conclusão estimado para cada atividade considerando três cenários (pessimista, mais provável e otimista)? Na data de realização do ciclo de pesquisa-ação, qual o percentual de conclusão real de cada atividade? Para as atividades que não foram 100% concluídas, qual o novo percentual de conclusão estimado considerando três cenários (pessimista, mais provável e otimista)? Até a data de realização do ciclo de pesquisa-ação, qual o custo real de cada atividade? Como eles estão distribuídos semanalmente? Qual é a correlação entre as atividades?
Feedback e Análise de dados	Cálculo do <i>Planned Value</i> (PV) total e do ciclo de pesquisa-ação. Cálculo do <i>Earned Value</i> (EV) do ciclo de pesquisa-ação. Matriz de correlação consistente gerada pelo software @Risk (versão 5.5). Gráfico <i>S-Curve</i>
Planejamento	Criação da planilha no software @Risk (versão 5.5). Determinação dos indicadores do <i>Earned Value Management</i> (EVM) e do <i>Earned Schedule</i> (ES) que serão utilizados.
Implementação	Realização da simulação com 10.000 iterações.
Relatórios gerados	Gráfico do tipo <i>matrix plot</i> para apresentar os resultados dos indicadores de desempenho de custos e prazos e gráfico com a distribuição de possibilidade dos resultados de previsão de custos e prazos considerando um intervalo de possibilidades de 95%. Apresentar os gráficos em reunião com o gerente do projeto e o estagiário.
Questões para avaliação do projeto e dos ciclos de pesquisa-ação	O projeto está com o desempenho de custo esperado? O projeto está com o desempenho de prazo esperado? Qual a prioridade do projeto nesse momento: custo ou prazo? A previsão de custo está dentro do esperado? A previsão de prazo está dentro do esperado? Que ações serão tomadas para melhorar os resultados do projeto? Os resultados do projeto melhoraram de um ciclo para o outro? Houve alguma mudança de planejamento, escopo ou renegociação? Qual a opinião do gerente do projeto em relação aos resultados apresentados e à sistemática proposta?

APÊNDICE B – Cronograma do projeto

Neste apêndice encontram-se os dois cronogramas do projeto. Sendo, o primeiro, o cronograma elaborado no início do projeto, e, o segundo, o cronograma com renegociação de prazo de sete atividades: retrabalho dos fossos 1 e 2, paredes, esquadrias, cobertura e fechamento, pintura e serviços finais.

Nº	Atividade	Semana 1								Semana 2								Semana 3							
		04/jul	05/jul	06/jul	07/jul	08/jul	09/jul	10/jul	11/jul	12/jul	13/jul	14/jul	15/jul	16/jul	17/jul	18/jul	19/jul	20/jul	21/jul	22/jul	23/jul	24/jul			
1	Serviços iniciais																								
2	Produção																								
3	Fosso elevação 1																								
4	Fosso elevação 2																								
5	Fundação																								
6	Piso em concreto: cabine de pintura																								
7	Piso em concreto: ar, tintas, painel																								
8	Pilares CTA 6m																								
9	Vigas CTA 6m																								
10	Pilares CTA 8,5m																								
11	Vigas CTA 8,5m																								
12	Cintas																								
13	Lajes																								
14	Paredes																								
15	Esquadrias																								
16	Cobertura e fechamento																								
17	Pintura																								
18	Área externa																								
19	Serviços finais																								

Nº	Atividade	Semana 4								Semana 5								Semana 6							
		25/jul	26/jul	27/jul	28/jul	29/jul	30/jul	31/jul	01/ago	02/ago	03/ago	04/ago	05/ago	06/ago	07/ago	08/ago	09/ago	10/ago	11/ago	12/ago	13/ago	14/ago			
1	Serviços iniciais																								
2	Produção																								
3	Fosso elevação 1																								
4	Fosso elevação 2																								
5	Fundação																								
6	Piso em concreto: cabine de pintura																								
7	Piso em concreto: ar, tintas, painel																								
8	Pilares CTA 6m																								
9	Vigas CTA 6m																								
10	Pilares CTA 8,5m																								
11	Vigas CTA 8,5m																								
12	Cintas																								
13	Lajes																								
14	Paredes																								
15	Esquadrias																								
16	Cobertura e fechamento																								
17	Pintura																								
18	Área externa																								
19	Serviços finais																								

Nº	Atividade	Semana 7								Semana 8								Semana 9							
		15/ago	16/ago	17/ago	18/ago	19/ago	20/ago	21/ago	22/ago	23/ago	24/ago	25/ago	26/ago	27/ago	28/ago	29/ago	30/ago	31/ago	01/set	02/set	03/set	04/set			
1	Serviços iniciais																								
2	Produção																								
3	Fosso elevação 1																								
4	Fosso elevação 2																								
5	Fundação																								
6	Piso em concreto: cabine de pintura																								
7	Piso em concreto: ar, tintas, painel																								
8	Pilares CTA 6m																								
9	Vigas CTA 6m																								
10	Pilares CTA 8,5m																								
11	Vigas CTA 8,5m																								
12	Cintas																								
13	Lajes																								
14	Paredes																								
15	Esquadrias																								
16	Cobertura e fechamento																								
17	Pintura																								
18	Área externa																								
19	Serviços finais																								

Nº	Atividade	Semana 10								Semana 11								Semana 12	
		05/set	06/set	07/set	08/set	09/set	10/set	11/set	12/set	13/set	14/set	15/set	16/set	17/set	18/set	19/set	20/set		
1	Serviços iniciais																		
2	Produção																		
3	Fosso elevação 1																		
4	Fosso elevação 2																		
5	Fundação																		
6	Piso em concreto: cabine de pintura																		
7	Piso em concreto: ar, tintas, painel																		
8	Pilares CTA 6m																		
9	Vigas CTA 6m																		
10	Pilares CTA 8,5m																		
11	Vigas CTA 8,5m																		
12	Cintas																		
13	Lajes																		
14	Paredes																		
15	Esquadrias																		
16	Cobertura e fechamento																		
17	Pintura																		
18	Área externa																		
19	Serviços finais																		

Cronograma inicial

Nº	Atividade	Semana 1								Semana 2								Semana 3							
		04/jul	05/jul	06/jul	07/jul	08/jul	09/jul	10/jul	11/jul	12/jul	13/jul	14/jul	15/jul	16/jul	17/jul	18/jul	19/jul	20/jul	21/jul	22/jul	23/jul	24/jul			
1	Serviços iniciais																								
2	Produção																								
3	Fosso elevação 1																								
4	Fosso elevação 2																								
5	Fundação																								
6	Piso em concreto: cabine de pintura																								
7	Piso em concreto: ar, tintas, painel																								
8	Pilares CTA 6m																								
9	Vigas CTA 6m																								
10	Pilares CTA 8,5m																								
11	Vigas CTA 8,5m																								
12	Cintas																								
13	Lajes																								
14	Paredes																								
15	Esquadrias																								
16	Coertura e fechamento																								
17	Pintura																								
18	Área externa																								
19	Serviços finais																								

Nº	Atividade	Semana 4								Semana 5								Semana 6							
		25/jul	26/jul	27/jul	28/jul	29/jul	30/jul	31/jul	01/ago	02/ago	03/ago	04/ago	05/ago	06/ago	07/ago	08/ago	09/ago	10/ago	11/ago	12/ago	13/ago	14/ago			
1	Serviços iniciais																								
2	Produção																								
3	Fosso elevação 1																								
4	Fosso elevação 2																								
5	Fundação																								
6	Piso em concreto: cabine de pintura																								
7	Piso em concreto: ar, tintas, painel																								
8	Pilares CTA 6m																								
9	Vigas CTA 6m																								
10	Pilares CTA 8,5m																								
11	Vigas CTA 8,5m																								
12	Cintas																								
13	Lajes																								
14	Paredes																								
15	Esquadrias																								
16	Coertura e fechamento																								
17	Pintura																								
18	Área externa																								
19	Serviços finais																								

Nº	Atividade	Semana 7								Semana 8								Semana 9							
		15/ago	16/ago	17/ago	18/ago	19/ago	20/ago	21/ago	22/ago	23/ago	24/ago	25/ago	26/ago	27/ago	28/ago	29/ago	30/ago	31/ago	01/set	02/set	03/set	04/set			
1	Serviços iniciais																								
2	Produção																								
3	Fosso elevação 1																								
4	Fosso elevação 2																								
5	Fundação																								
6	Piso em concreto: cabine de pintura																								
7	Piso em concreto: ar, tintas, painel																								
8	Pilares CTA 6m																								
9	Vigas CTA 6m																								
10	Pilares CTA 8,5m																								
11	Vigas CTA 8,5m																								
12	Cintas																								
13	Lajes																								
14	Paredes																								
15	Esquadrias																								
16	Coertura e fechamento																								
17	Pintura																								
18	Área externa																								
19	Serviços finais																								

Nº	Atividade	Semana 10								Semana 11								Semana 12							
		05/set	06/set	07/set	08/set	09/set	10/set	11/set	12/set	13/set	14/set	15/set	16/set	17/set	18/set	19/set	20/set	21/set	22/set	23/set	24/set	25/set			
1	Serviços iniciais																								
2	Produção																								
3	Fosso elevação 1																								
4	Fosso elevação 2																								
5	Fundação																								
6	Piso em concreto: cabine de pintura																								
7	Piso em concreto: ar, tintas, painel																								
8	Pilares CTA 6m																								
9	Vigas CTA 6m																								
10	Pilares CTA 8,5m																								
11	Vigas CTA 8,5m																								
12	Cintas																								
13	Lajes																								
14	Paredes																								
15	Esquadrias																								
16	Coertura e fechamento																								
17	Pintura																								
18	Área externa																								
19	Serviços finais																								

Nº	Atividade	Semana 13								Semana 14								Semana 15							
		26/set	27/set	28/set	29/set	30/set	01/out	02/out	03/out	04/out	05/out	06/out	07/out	08/out	09/out	10/out	11/out	12/out	13/out	14/out	15/out				
1	Serviços iniciais																								
2	Produção																								
3	Fosso elevação 1																								
4	Fosso elevação 2																								
5	Fundação																								
6	Piso em concreto: cabine de pintura																								
7	Piso em concreto: ar, tintas, painel																								
8	Pilares CTA 6m																								
9	Vigas CTA 6m																								
10	Pilares CTA 8,5m																								
11	Vigas CTA 8,5m																								
12	Cintas																								
13	Lajes																								
14	Paredes																								
15	Esquadrias																								
16	Coertura e fechamento																								
17	Pintura																								
18	Área externa																								
19	Serviços finais																								

Cronograma com renegociação de prazo

APÊNDICE C – Custos estimados do projeto

Este apêndice apresenta os custos estimados para cada atividade do projeto considerando três diferentes cenários (pessimista, mais provável e otimista). Os valores estão em reais (R\$) e o campo “Semanas” separa os custos estimados das atividades entre as semanas previstas de sua duração. Embora não tenha acontecido nenhuma renegociação de custos, a renegociação do cronograma exigiu um novo planejamento, não em relação a valores, mas, sim em relação ao momento de realização dos gastos.

Custos Estimados no Início do Projeto													
Atividades	Cenários	Semanas											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Otimista	16.218	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Mais provável	18.020	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Pessimista	19.822	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	Otimista	2.574	2.574	2.574	2.574	2.574	2.574	2.574	2.574	2.574	234	0	0
	Mais provável	3.028	3.028	3.028	3.028	3.028	3.028	3.028	3.028	3.028	275	0	0
	Pessimista	3.483	3.483	3.483	3.483	3.483	3.483	3.483	3.483	3.483	317	0	0
3	Otimista	6.767	20.301	20.301	20.301	0	0	0	0	0	0	0	0
	Mais provável	7.123	21.369	21.369	21.369	0	0	0	0	0	0	0	0
	Pessimista	8.904	26.711	26.711	26.711	0	0	0	0	0	0	0	0
4	Otimista	0	0	6.767	20.301	20.301	20.301	0	0	0	0	0	0
	Mais provável	0	0	7.123	21.370	21.370	21.370	0	0	0	0	0	0
	Pessimista	0	0	8.904	26.712	26.712	26.712	0	0	0	0	0	0
5	Otimista	0	0	1.916	17.242	0	0	0	0	0	0	0	0
	Mais provável	0	0	2.395	21.552	0	0	0	0	0	0	0	0
	Pessimista	0	0	2.874	25.863	0	0	0	0	0	0	0	0
6	Otimista	0	0	0	0	0	0	31.902	7.976	0	0	0	0
	Mais provável	0	0	0	0	0	0	37.532	9.383	0	0	0	0
	Pessimista	0	0	0	0	0	0	46.915	11.729	0	0	0	0
7	Otimista	0	0	0	0	0	0	19.705	8.445	0	0	0	0
	Mais provável	0	0	0	0	0	0	21.894	9.383	0	0	0	0
	Pessimista	0	0	0	0	0	0	26.273	11.260	0	0	0	0
8	Otimista	0	0	0	21.275	21.275	10.637	0	0	0	0	0	0
	Mais provável	0	0	0	25.029	25.029	12.515	0	0	0	0	0	0
	Pessimista	0	0	0	30.035	30.035	15.018	0	0	0	0	0	0
9	Otimista	0	0	0	0	14.183	21.275	0	0	0	0	0	0
	Mais provável	0	0	0	0	16.686	25.029	0	0	0	0	0	0
	Pessimista	0	0	0	0	20.023	30.035	0	0	0	0	0	0
10	Otimista	0	0	0	0	0	56.316	0	0	0	0	0	0
	Mais provável	0	0	0	0	0	62.573	0	0	0	0	0	0
	Pessimista	0	0	0	0	0	78.216	0	0	0	0	0	0
11	Otimista	0	0	0	0	0	3.754	31.912	1.877	0	0	0	0
	Mais provável	0	0	0	0	0	4.172	35.458	2.086	0	0	0	0
	Pessimista	0	0	0	0	0	5.214	44.322	2.607	0	0	0	0
12	Otimista	0	0	0	0	0	65.215	0	0	0	0	0	0
	Mais provável	0	0	0	0	0	72.461	0	0	0	0	0	0
	Pessimista	0	0	0	0	0	90.576	0	0	0	0	0	0
13	Otimista	0	0	0	0	0	6.179	9.269	9.269	6.179	0	0	0
	Mais provável	0	0	0	0	0	7.724	11.586	11.586	7.724	0	0	0
	Pessimista	0	0	0	0	0	9.655	14.482	14.482	9.655	0	0	0
14	Otimista	0	0	0	14.297	28.595	28.595	21.446	21.446	21.446	7.149	0	0
	Mais provável	0	0	0	15.886	31.772	31.772	23.829	23.829	23.829	7.943	0	0
	Pessimista	0	0	0	18.269	36.538	36.538	27.404	27.404	27.404	9.135	0	0
15	Otimista	0	0	0	0	0	0	0	0	8.327	3.569	0	0
	Mais provável	0	0	0	0	0	0	0	0	10.409	4.461	0	0
	Pessimista	0	0	0	0	0	0	0	0	11.450	4.907	0	0
16	Otimista	0	0	0	0	0	0	0	0	25.027	7.151	3.575	0
	Mais provável	0	0	0	0	0	0	0	0	27.808	7.945	3.973	0
	Pessimista	0	0	0	0	0	0	0	0	31.979	9.137	4.568	0
17	Otimista	0	0	0	0	0	0	0	0	0	23.699	15.799	0
	Mais provável	0	0	0	0	0	0	0	0	0	27.881	18.588	0
	Pessimista	0	0	0	0	0	0	0	0	0	29.275	19.517	0
18	Otimista	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Mais provável	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Pessimista	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	Otimista	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Mais provável	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Pessimista	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Custos estimados do projeto separados por atividade, semana e cenário

Custos Estimados após Renegociação de Prazo																
Atividades	Cenários	Semanas														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	Otimista	16.218	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Mais provável	18.020	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Pessimista	19.822	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
2	Otimista	2.574	2.574	2.574	2.574	2.574	2.574	2.574	2.574	2.574	234	0	0	0	0	
	Mais provável	3.028	3.028	3.028	3.028	3.028	3.028	3.028	3.028	3.028	275	0	0	0	0	
	Pessimista	3.483	3.483	3.483	3.483	3.483	3.483	3.483	3.483	3.483	317	0	0	0	0	
3*	Otimista	6.767	20.301	20.301	20.301	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Mais provável	7.123	21.369	21.369	21.369	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Pessimista	8.904	26.711	26.711	26.711	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
4*	Otimista	0	0	6.767	20.301	20.301	20.301	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Mais provável	0	0	7.123	21.370	21.370	21.370	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Pessimista	0	0	8.904	26.712	26.712	26.712	0	0	0	0	0	0	0	0	
5	Otimista	0	0	1.916	17.242	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Mais provável	0	0	2.395	21.552	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Pessimista	0	0	2.874	25.863	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
6	Otimista	0	0	0	0	0	0	31.902	7.976	0	0	0	0	0	0	
	Mais provável	0	0	0	0	0	0	37.532	9.383	0	0	0	0	0	0	
	Pessimista	0	0	0	0	0	0	46.915	11.729	0	0	0	0	0	0	
7	Otimista	0	0	0	0	0	0	19.705	8.445	0	0	0	0	0	0	
	Mais provável	0	0	0	0	0	0	21.894	9.383	0	0	0	0	0	0	
	Pessimista	0	0	0	0	0	0	26.273	11.260	0	0	0	0	0	0	
8	Otimista	0	0	0	21.275	21.275	10.637	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Mais provável	0	0	0	25.029	25.029	12.515	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Pessimista	0	0	0	30.035	30.035	15.018	0	0	0	0	0	0	0	0	
9	Otimista	0	0	0	0	14.183	21.275	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Mais provável	0	0	0	0	16.686	25.029	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Pessimista	0	0	0	0	20.023	30.035	0	0	0	0	0	0	0	0	
10	Otimista	0	0	0	0	0	56.316	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Mais provável	0	0	0	0	0	62.573	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Pessimista	0	0	0	0	0	78.216	0	0	0	0	0	0	0	0	
11	Otimista	0	0	0	0	0	3.754	31.912	1.877	0	0	0	0	0	0	
	Mais provável	0	0	0	0	0	4.172	35.458	2.086	0	0	0	0	0	0	
	Pessimista	0	0	0	0	0	5.214	44.322	2.607	0	0	0	0	0	0	
12	Otimista	0	0	0	0	0	65.215	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Mais provável	0	0	0	0	0	72.461	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Pessimista	0	0	0	0	0	90.576	0	0	0	0	0	0	0	0	
13	Otimista	0	0	0	0	0	6.179	9.269	9.269	6.179	0	0	0	0	0	
	Mais provável	0	0	0	0	0	7.724	11.586	11.586	7.724	0	0	0	0	0	
	Pessimista	0	0	0	0	0	9.655	14.482	14.482	9.655	0	0	0	0	0	
14**	Otimista	0	0	0	14.297	28.595	28.595	21.446	21.446	0	0	0	21.446	7.149	0	0
	Mais provável	0	0	0	15.886	31.772	31.772	23.829	23.829	0	0	0	23.829	7.943	0	0
	Pessimista	0	0	0	18.269	36.538	36.538	27.404	27.404	0	0	0	27.404	9.135	0	0
15**	Otimista	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8.327	3.569
	Mais provável	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10.409	4.461
	Pessimista	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11.450	4.907
16**	Otimista	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10.726	25.027
	Mais provável	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11.918	27.808
	Pessimista	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13.705	31.979
17	Otimista	0	0	0	0	0	0	0	0	0	23.699	15.799	0	0	0	0
	Mais provável	0	0	0	0	0	0	0	0	0	27.881	18.588	0	0	0	0
	Pessimista	0	0	0	0	0	0	0	0	0	29.275	19.517	0	0	0	0
18	Otimista	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Mais provável	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Pessimista	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19**	Otimista	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Mais provável	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Pessimista	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

* Atividades que sofreram retrabalho.

** Atividades com renegociação de prazo e nova data para realização dos gastos planejados.

Custos estimados do projeto considerando a renegociação de prazo

APÊNDICE D – Percentual estimado e realizado das atividades do projeto

Pode-se verificar, neste apêndice, o quanto de cada atividade estava planejado para ser realizado e o quanto cada atividade estava concluída até a data de realização de cada ciclo de pesquisa-ação.

1º Ciclo - 06/08/2011						
Atividades	% de Conclusão Planejado			% de Conclusão Real		
	Otimista	Mais provável	Pessimista	Otimista	Mais provável	Pessimista
1	100%	100%	100%		100%	
2	60%	55%	50%	60%	55%	55%
3	100%	100%	100%		100%	
4	85%	80%	70%	35%	30%	20%
5	100%	100%	100%	70%	65%	55%
8	100%	93%	85%		0%	
9	45%	36%	5%		0%	
14	25%	17%	5%		0%	

Percentuais planejados e realizados das atividades – 1º Ciclo de pesquisa-ação

2º Ciclo - 23/08/2011						
Atividades	% de Conclusão Planejado			% de Conclusão Real		
	Otimista	Mais provável	Pessimista	Otimista	Mais provável	Pessimista
1	100%	100%	100%		100%	
2	85%	82%	80%	82%	75%	70%
3	100%	100%	100%		100%	
4	100%	100%	100%		100%	
5	100%	100%	100%		100%	
6	100%	100%	85%		100%	
7	95%	88%	80%	65%	60%	55%
8	100%	100%	100%		100%	
9	100%	100%	100%		100%	
10	100%	100%	100%		100%	
11	100%	100%	82%	85%	80%	70%
12	100%	100%	100%		100%	
13	70%	60%	40%		0%	
14	70%	53%	40%	50%	40%	35%

Percentuais planejados e realizados das atividades – 2º Ciclo de pesquisa-ação

3º Ciclo - 09/10/2011						
Atividades	% de Conclusão Planejado			% de Conclusão Real		
	Otimista	Mais provável	Pessimista	Otimista	Mais provável	Pessimista
1	100%	100%	100%		100%	
2	100%	100%	100%	100%	95%	90%
3	100%	100%	100%		100%	
4	100%	100%	100%		100%	
5	100%	100%	100%		100%	
6	100%	100%	100%		100%	
7	100%	100%	100%		100%	
8	100%	100%	100%		100%	
9	100%	100%	100%		100%	
10	100%	100%	100%		100%	
11	100%	100%	100%		100%	
12	100%	100%	100%		100%	
13	100%	100%	100%		100%	
14	100%	100%	95%		100%	
15	55%	45%	35%		0%	
16	30%	20%	10%		0%	
18	100%	100%	95%	90%	80%	70%

Percentuais planejados e realizados das atividades – 3º Ciclo de pesquisa-ação

APÊNDICE E – *Earned Value* das atividades do projeto

Para as atividades 100% concluídas, o valor do *Earned Value* é igual ao valor planejado. Já para as atividades que haviam sido iniciadas, mas ainda não estavam 100% concluídas, tem-se o valor dos custos relacionados com o percentual de execução da atividade até o momento da realização do ciclo de pesquisa-ação. Os valores estão em reais (R\$).

1° Ciclo - 06/08/2011			
Atividades	<i>Earned Value (EV)</i>		
	Otimista	Mais provável	Pessimista
1		18.020	
2	13.930	13.779	13.779
3		71.230	
4	35.972	34.904	32.767
5	17.481	16.404	14.248
8		0	
9		0	
14		0	

Earned Value das atividades no 1° ciclo de pesquisa-ação

2° Ciclo - 23/08/2011			
Atividades	<i>Earned Value (EV)</i>		
	Otimista	Mais provável	Pessimista
1		18.020	
2	21.943	21.879	21.834
3		71.230	
4		71.232	
5		23.947	
6		40.347	
7	23.724	23.583	23.442
8		62.573	
9		41.715	
10		62.573	
11	40.161	40.130	40.177
12		72.461	
13		0	
14	106.834	106.119	105.762

Earned Value das atividades no 2° ciclo de pesquisa-ação

3° Ciclo - 09/10/2011			
Atividades	<i>Earned Value (EV)</i>		
	Otimista	Mais provável	Pessimista
1		18.020	
2	27.530	27.516	27.502
3		71.230	
4		71.232	
5		23.947	
6		46.915	
7		31.277	
8		62.573	
9		41.715	
10		62.573	
11		41.715	
12		72.461	
13		38.619	
14		158.861	
15		0	
16		0	
18	0	0	0

Earned Value das atividades no 3° ciclo de pesquisa-ação

APÊNDICE F – Custos reais do projeto

Neste apêndice são apresentados os custos reais das atividades do projeto em cada ciclo de pesquisa-ação. Os valores estão em reais (R\$).

1° Ciclo - 06/08/2011	
Atividades	Actual Cost (AC)
1	12.614
2	8.300
3	80.000
4	14.530
5	12.452
8	0
9	0
14	0

Custos reais no 1° ciclo de pesquisa-ação

2° Ciclo - 23/08/2011	
Atividades	Actual Cost (AC)
1	12.614
2	21.000
3	80.000
4	77.500
5	28.000
6	80.000
7	22.000
8	84.000
9	55.000
10	82.000
11	40.000
12	98.000
13	0
14	42.000

Custos reais no 2° ciclo de pesquisa-ação

3° Ciclo - 09/10/2011	
Atividades	Actual Cost (AC)
1	12.614
2	33.000
3	91.500
4	91.500
5	28.000
6	80.000
7	60.000
8	84.000
9	55.000
10	82.000
11	56.500
12	98.000
13	38.000
14	170.000
15	0
16	2.500
18	3.500

Custos reais no 3° ciclo de pesquisa-ação

APÊNDICE G – Matriz de correlação

Neste apêndice encontra-se a matriz com os coeficientes de correlação estimados entre as 19 atividades do projeto unidade de análise. É importante ressaltar que foram consideradas apenas as correlações fortes. O sinal (-) representa as correlações negativas e o sinal (+) representa as positivas.

Atividade	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	
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

Matriz de correlação

Referências

- AHUJA, V.; THIRUVENGADAM, V. Project scheduling and monitoring: current research status. **Construction Innovation**, v. 4, p. 19-31, 2004.
- 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: Instituto de Engenharia de Produção e Gestão, Universidade Federal de Itajubá, 2007.
- AL-TABBAA, O.; RUSTOM, R. General framework for designing multi-use simulation modules for estimating project durations. **Construction Innovation**, v. 11, n. 3, p. 321-337, 2011.
- 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, n. 1, p. 92-105, 2005.
- ANBARI, F. T. Earned Value Project Management Method and Extensions. **Project Management Journal**, v. 34, n. 4, p. 12-23, 2003.
- ATKINSON, R.; CRAWFORD, L.; WARD, S. Fundamental uncertainties in projects and the scope of project management. **International Journal of Project Management**, v. 24, p. 687-698, 2006.
- ATTARZADEH, I.; HOCK, O. S. Modern Project Management: A New Forecasting Model to Ensure Project Success. **International Conference on Future Computer and Communication**, 2009.
- BAGHERPOUR, M.; ZAREEI, A.; NOORI, S.; HEYDARI, M. Designing a control mechanism using Earned Value Analysis: an application to production environment. **The International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, v. 49, n. 5/8, p. 419-429, 2010.
- BANERJEE, B. Managing Discovery Risks - A Tevatron Case Study. **IEEE/Engineering Management Conference**, p. 14-18, 2004.
- BANERJEE, B. Applying EVM principles to Tevatron Beam Position Monitor Project. **IEEE/Engineering Management Conference**, p. 589-593, September, 2005.
- BARBER, R. B. Understanding internally generated risks in projects. **International Journal of Project Management**, v. 23, p. 584-590, 2005.
- BESNER, C.; HOBBS, B. The paradox of risk management: a project management practice perspective. **International Journal of Managing Projects in Business**, v. 5, n. 2, p. 230-247, 2012.
- BOWER, D. C.; FINEGAN, A. D. New approaches in project performance evaluation techniques. **International Journal of Managing Projects in Business**, v. 2, n. 3, p. 435-444, 2009.
- BRUNI, M. E.; BERARDI, P.; GUERRIERO, F.; PINTO, E. A scheduling methodology for dealing with uncertainty in construction projects. **Engineering Computations**, v. 28, n. 8, p. 1064-1078, 2011.
- BUTTON, S. D. Project duration prediction using a Monte Carlo simulation of the periodic output of the project resources. **Monte Carlo Methods and Applications**, v. 9, n. 3, p. 217-225, 2003.

BYRNE, P. Fuzzy analysis: A vague way of dealing with uncertainty in real state analysis?. **Journal of Property Valuation and Investment**, v. 3, n. 3, p. 22-41, 1995.

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, p. 4224-4261, 2010.

CHRISTENSEN-DAY, C. J. Earned Value on Fixed Price Projects. **AACE International Transactions**, October, 2010.

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

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, p. 175-184, 2006.

CUADRADO-GARCÍA J. L.; CUADRADO-GALLEGO, J. J. Improve tracking in the software development projects. **Joint Conference of the 21st International Workshop on Software Measurement and the 6th International Conference on Software Process and Product Measurement**, p. 215-220, 2011.

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

Estudos e Pesquisas - Estudo Setorial da Construção 2011. **Departamento Internacional de Estatística e Estudos Socioeconômicos**, n. 56, abril de 2011. Disponível em: <http://portal.mte.gov.br/data/files/8A7C816A2E7311D1012FE92DE9D55581/estudo_setorial_construcao_04-2011.pdf>. Acesso em 07 de janeiro de 2013.

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

EMBLEMSVAG, J.; KJOLSTAD, L. E. Qualitative risk analysis: some problems and remedies. **Management Decision**, v. 44, n. 3, p. 395-408, 2006.

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, p. 115-124, 2005.

FLEMING, Q. W.; KOPPELMAN, J. M. Start with simple Earned Value on All Your Projects. **Cross Talk - The Journal of Defense Software Engineering**, p. 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, p. 279-295, 2002.

Forecasting Guidebook. **DE&S Commercial**, 2009. Disponível em: <http://www.galorath.com/blogfiles/2009-09-21-U%20Forecasting_Guidebook%201st%20Ed.pdf>. Acessado em 15 de outubro de 2012.

FORTIN, J.; ZIELINSKI, P.; DUBOIS, D.; FARGIER, H. Criticality analysis of activity networks under interval uncertainty. **Journal of Scheduling**, v. 13, n. 6, p. 609-627, 2010.

FRENCH, N.; GABRIELLI, L. Uncertainty and feasibility studies: an Italian case study. **Journal of Property Investment & Finance**, v. 24, n. 1, p. 49-67, 2006.

GODOY, H. A. **Incorporação da incerteza no cálculo do Earned Value Management**. Dissertação de Mestrado: Instituto de Engenharia de Produção e Gestão, Universidade Federal de Itajubá, 2011.

- GOWAN, J. A.; MATHIEU, R. G.; HEY, M. B. Earned Value Management in a data warehouse project. **Information Management & Computer Security**, v. 14, n. 1, p. 37-50, 2006.
- GRAHAM, D. R. Using Cost-Risk to Connect Estimating and Earned Value Management (EVM). **IEEE Aerospace Conference**, p. 1-9, March, 2007.
- HENDERSON, K. Earned Schedule: A Breackthrough Extension to Earned Value Management. **PMI Asia Pacific Global Congress Proceedings**, Hong Kong, 2007.
- HILLSON, D.; HULETT, D. Assessing Risk Probability : Alternative Approaches. **PMI Global Congress Proceedings**. Prague, Czech Republic, 2004. Disponível em: <http://www.projectrisk.com/white_papers/Assessing_Risk_Probability-_Alternative_Approaches.pdf>. Acessado em 24 de maio de 2012.
- HONG, L.; KAIHU, H.; WENLI, S. Research on the Cost Control of PK Highway Construction Project. **International Conference on Information Management, Innovation Management and Industrial Engineering**, p. 398-402, November, 2011.
- IBRAHIM, Y. M. On the measurement of work in progress using computer vision: a computerised reporting model. **Journal of Engineering, Design and Technology**, v. 8, n. 1, p. 45-63, 2010.
- IRANMANESH, H.; MOJIR, N.; KIMIAGARI, S. A new formula to Estimate At Completion of a Project's time to improve Earned Value Management System. **IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management**, p. 1014-1017, December, 2007.
- KE, H.; LIU, B. Project scheduling problem with stochastic activity duration times. **Applied Mathematics and Computation**, v. 168, p. 342-353, 2005.
- KERZNER, H. **Gestão de Projetos: As Melhores Práticas**. 2^a edição, Porto Alegre, Bookman, 2006.
- KHAMIDI, M. F.; ALI, W.; IDRUS, A. Application of Earned Value Management System on an Infrastructure project: A Malaysian Case Study. **International Conference on Management and Service Science**, Singapore, 2011.
- KIM, E. H. **A study of the Effective Implementation of Earned Value Management Methodology**. Tese de Doutorado, The George Wasington University, 2000.
- 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, p. 1235-1242, 2004.
- 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, p. 375-382, 2003.
- KLOPPENBORG, T.; OPFER, W. A. The current state of project management research: trends, interpretations and predictions. **Project Management Journal**, v. 22, n. 2, p. 5-19, 2002.
- KNIGHT, F. H. **Risk, uncertainty and Profit**. Orlando (USA): Signalman Publishing, 2009.
- KUEHN, U. Earned Value Management - Why Am I Being Forced to Do it? **AACE International Transactions**, 2007.

- KWAK, Y. H.; ANBARI, F. T. Analyzing project management research: perspectives from top management journals. **International Journal of Project Management**, v. 27, p. 435-446, 2009.
- KWAK, Y. H.; INGALL, L. Exploring Monte Carlo Simulation Applications for Project Management. **IEEE Engineering Management Review**, v. 37, n. 2, p. 83-91, Second Quarter, 2009.
- KWAK, Y. H.; STODDARD, J. Project risk management: lessons learned from software development environment. **Technovation**, v. 24, p. 915-920, 2004.
- KWAK, Y. H.; WATSON, R. J. Conceptual estimating tool for technology-driven projects: exploring parametric estimating technique. **Technovation**, v. 25, n. 12, p. 1430-1436, 2005.
- LEE, S. H.; PENA-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, p. 890-902, 2005.
- LEU, S. S.; LIN, Y. C.; CHEN, T. A.; HO, Y. Y. Improving traditional earned value management by incorporating statistical process charts. **International Association for Automation and Robotics in Construction**, p. 275-280, Tokyo, Japan, 2006.
- 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, p. 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, p. 438-452, 2005.
- 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, p. 59-71, 2009.
- LIPKE, W. Statistical methods applied to EVM: The next frontier. **Cross Talk: The Journal of Defense Software Engineering**, p. 20-23, June, 2006.
- LIPKE, W.; ZWIKAEI, 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, p. 400-407, 2009.
- LOIZOU, P.; FRENCH, N. Risk and uncertainty in development: a critical evaluation of using the Monte Carlo Simulation Method as a decision tool in real estate development projects. **Journal of Property Investment & Finance**, v. 30, n. 2, p. 198-201, 2012.
- LONGMAN, A.; MULLINS, J. Project management: key tool for implementing strategy. **Journal of Business Strategy**, v. 25, n. 5, p. 54-60, 2004.
- LORENZ, A.; BOSCH, H. S.; KUTTLER, K. Implementation of Earned Value Management Tools in the Wendelstein 7-X project. **IEEE/NPSS 24th Symposium on Fusion Engineering**, p. 1-4, June, 2011.
- 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, p. 39-50, 2009.
- MCLAIN, D. Quantifying Project Characteristics Related to Uncertainty. **Project Management Journal**, v. 40, n. 4, p. 60-73, 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, p. 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.

NADERPOUR, A.; MOFID, M. Improving construction management of na educational center by applying earned value technique. **Procedia Engineering**, v. 14, p. 1945-1952, 2011.

NAENI, L. M.; SHADROKH, S.; SALEHIPOUR, A. A fuzzy approach for the Earned Value Management. **International Journal of Project Management**, v. 29, p. 764-772, 2011.

NAVON, R. Automated project performance control of construction projects. **Automation in Construction**, v. 14, p. 467-476, 2005.

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.

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.

PAJARES, J.; LÓPEZ-PAREDES A. An extension of the EVM analysis for project monitoring: The Cost Control Index and The Schedule Control Index. **International Journal of Project Management**, v. 29, p. 615-621, 2011.

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

PENDER, S. Managing incomplete knowledge: Why risk management is not sufficient. **International Journal of Project Management**, v. 19, p. 79-87, 2001.

PENNOCK, M. J.; HAIMES, Y. Y. Principles and Guidelines for Project Management. **Systems Engineering**, v. 5, n. 2, p. 89-108, March, 2002.

PERMINOVA, O.; GUSTAFSSON, M.; WIKSTROM, K. Defining uncertainty in projects - a new perspective. **International Journal of Project Management**, v. 26, p. 73-79, 2008.

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, p. 318-327, 2001.

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

PMI. **A Guide to the Project Management Body of Knowledge**. 3ª edição, Newton Square: Project Management Institute, 2004.

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

PONZ-TIENDA, J. L.; PELLICER, E.; YEPES, V. Complete fuzzy scheduling and fuzzy Earned Value Management in construction projects. **Journal of Zhejiand University**, v. 13, n. 1, p. 56-68, 2012.

O futuro da Construção Civil no Brasil: Resultados de um estudo de porspeccão tecnológica da cadeia produtiva da construção habitacional. **Programa Brasileiro de Prospectiva Tecnológica Industrial**, São Paulo, Setembro de 2003. Disponível em:

- <<http://prospectiva.pcc.usp.br/arquivos/O%20futuro%20da%20constru%C3%A7%C3%A3o%20civil%20no%20brasil.pdf>>. Acessado em 12 de dezembro de 2012.
- PUTZ, P.; MALUF, D. A.; BELL, D. G.; GURRAM, M. M.; HSU, J.; PATEL, H. N.; SWANSON, K. J. Earned Value Management at NASA: An Integrated, Lightweight Solution. **IEEE Aerospace Conference**, v. 2, p. 1-8, March, 2007.
- RABY, M. Project Management via Earned Value. **Work Study**, v. 49, n. 1, p. 6-9, 2000.
- RAZ, T.; MICHAEL, E. Use and benefits of tools for Project risk management. **International Journal of Project Management**, v. 19, p. 9-17, 2001.
- RIBEIRO, F. L.; FERREIRA, V. L. T. Using knowledge to improve preparation of construction projects. **Business Process Management Journal**, v. 16, n. 3, p. 361-376, 2010.
- 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, p. 885-893, 2008.
- SHEPPERD, M.; SCHOFIELD, C. Estimating Software Project Effort Using Analogies. **IEEE Transactions On Software Engineering**, v. 23, n. 12, p. 736-743, 1997.
- SHOKRI-GHASABEH, M.; AKRAMI, N. How does a new set of Earned Value Management schedule control work? A case study in IRAN. **WSEAS Transactions on Environment and Development**, v. 5, n. 2, p. 136-145, 2009.
- SIU, M. F.; LU, M. Scheduling simulation-based techniques for Earned Value Management on resource-constrained schedules under delayed scenarios. **Proceedings of the 2011 Winter Simulation Conference**, p. 3455-3466, 2011.
- STAMELOS, I.; ANGELIS, L. Managing uncertainty in project portfolio cost estimation. **Information and Software Technology**, v. 43, p. 759-768, 2001.
- THIOLLENT, M. **Metodologia da Pesquisa-ação**. 14^a edição. São Paulo: Cortez Editora, 2005.
- TURNER, J. R.; LEDWITH, A. e KELLY, J. Project management in small to medium-sized enterprises: A comparison between firms by size and industry. **International Journal of Managing Projects in Business**, v. 2, n. 2, p. 282 - 296, 2009.
- VANDEVOORDE, S.; VANHOUCKE, M. A comparison of different project duration forecasting methods using earned value metrics. **International Journal of Project Management**, v. 24, p. 289-302, 2006.
- VANHOUCKE, M. On the dynamic use of project performance and schedule risk information during project tracking. **Omega**, v. 39, p. 416-426, 2011.
- VARGAS, R. Earned Value Probabilistic Forecasting using Monte Carlo Simulation. **Annual Meeting of AACE International**, Washington, 2004.
- VENNSTROM, A.; ERIKSSON, P. E. Client perceived barriers to change of the construction process. **Construction Innovation: Information, Process, Management**, v. 10, n. 2, p. 126-137, 2010.
- 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. **IEEE Africon 2009**, p. 1-5, September, 2009.

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, p. 323-329, 2006.

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

WADDELL, D.; SOHAL, A. S.; Forecasting: the key to managerial decision making. **Management Decision**, v. 32, n. 1, p. 41-49, 1994.

WARBURTON, R. D. H. A time-dependent Earned Value model for software projects. **International Journal of Project Management**, v. 29, p. 1082-1090, 2011.

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, p. 603-613, 2000.

YASIN, M. M.; CZUCHRY, A. J. e ALAVI, J. Research note: Project Management Practices: Then and Now. **Thunderbird International Business Review**, v. 44, n. 2, p. 253-262, March/April, 2002.

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, p. 708-723, 2008.

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, p. 167-180, 2007.

ZWIKAEEL, O.; GLOBERSON, S. Benchmarking of project planning and success in selected industries. **Benchmarking: An International Journal**, v. 13, n. 6, p. 688-700, 2006.

ZWIKAEEL, O.; SADEH, A. Planning effort as an effective risk management tool. **Journal of Operations Management**, v. 25, p. 755-767, 2007.

ANEXO A – Fotos da execução do projeto

Este apêndice apresenta algumas imagens do projeto objeto de estudo deste trabalho.



Vista geral do local da construção



Vista geral do local da construção – escavação e escoramento



Fosso 1 – execução da camada de brita (blocos concretados e impermeabilizados)



Execução das armaduras de parede e laje de fundo do fosso 1



Execução das formas internas e das armaduras



Concretagem da laje de fundo do fosso 2



Concretagem dos blocos do fosso 2



Visão geral da construção – fossos, concretagem e laje do piso



Visão geral da construção – área a ser concretada



Concretagem da laje de piso



Visão geral da construção – levantamento da alvenaria estrutural