



UNILASALLE
CENTRO UNIVERSITÁRIO LA SALLE



Curso de Bacharelado em Ciência da Computação

JEFFERSON FRANCISCHETTO NEVES

Utilizando EVM e análise gráfica no acompanhamento de projetos

CANOAS, 2009

JEFFERSON FRANCISCHETTO NEVES

Utilizando EVM e análise gráfica no acompanhamento de projetos

Trabalho de conclusão apresentado para a banca examinadora do curso de Bacharelado em Ciência da Computação do Centro Universitário Lasalle como exigência parcial para obtenção do grau de Bacharel em Ciência da Computação.

Orientação: Prof. DSc. Abraham Lincoln Rabelo de Sousa

CANOAS, 2009

Dedico este trabalho a minha avó Waldemira
(*in memoriam*), que sempre acreditou em mim
e sempre me incentivou a estudar e aprender
cada vez mais.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos os que contribuíram de forma direta ou indireta para a realização deste trabalho, mas especialmente quero agradecer à minha esposa Carla e ao meu filho Matheus pelo apoio e compreensão que tiveram durante a elaboração deste trabalho.

Agradeço também ao meu orientador Prof. Lincoln, e ao Rafael, gerente de desenvolvimento da empresa onde trabalho, e que me forneceu dados referentes aos projetos da empresa que foram muito importantes para este estudo.

RESUMO

Diariamente os gerentes de projetos tem a necessidade de tomar decisões que podem apresentar um alto grau de dificuldade, especialmente quando estas dependem tão somente da experiência do gerente. O processo decisório pode determinar o sucesso ou fracasso de um projeto. Pensando nisso o presente trabalho busca uma nova forma para auxiliar o gerente nessa tarefa, procurando reduzir os riscos que dela derivam. Essa busca está focada na combinação da técnica de Gerenciamento Quantitativo, com a Análise Técnica empregada no mercado de ações. Apresenta uma maneira de interpretar métricas já conhecidas através da análise dos gráficos gerados pelas mesmas. Para esta análise foram utilizados dados de projetos e cenários simulados e também dados de projetos reais de uma empresa de desenvolvimento de software. Ao final apresenta um resumo do que foi observado apontando uma forma de interpretação dos gráficos, propondo também trabalhos futuros a serem realizados nessa área.

Palavras-chave: Engenharia de software, métricas, gerenciamento quantitativo e gerência de projetos.

ABSTRACT

Each day project managers need to make decisions that may have a high degree of difficulty, especially when they depend only on the experience of the manager. The decision process can determine the success or failure of a project. Thinking about this, the present work looks for a new way to assist the manager on this task, seeking to reduce the risks that derive from it. This search is focused on combining the technique of Quantitative Management, with the Technical Analysis technique used in the stock market. It presents a way to interpret already known metrics through the analysis of graphs generated by them. For this analysis we used data from simulated projects and scenarios as well as data from actual projects of a software development company. At the end presents a summary of what was seen, pointing a form of interpretation of graphs, also proposing further work to be done in this area.

Keywords: Software engineering, metrics, quantitative management, project management.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Goal Question Metrics.	1
Figura 2 – Indicadores EVM.	24
Figura 3 – Curva de Rayleigh para projetos de software.	26
Figura 4 – Distribuição acumulada de custos.	27
Figura 5 – Earned Schedule.	29
Figura 6 – Indicadores no ES.	30
Figura 7 – Ferramenta RanGen.	33
Figura 8 – SPI cenário 1.	37
Figura 9 – SPI cenário 2.	38
Figura 10 – SPI médio, cenário 2.	38
Figura 11 – SPI média de 3 períodos, cenário 2.	39
Figura 12 – SPI cenário 3.	39
Figura 13 – SPI médio, cenário 3.	40
Figura 14 – SPI média de 3 períodos, cenário 3.	40
Figura 15 – SPI cenário 4.	41
Figura 16 – SPI médio, cenário 4.	41
Figura 17 – SPI média de 3 períodos, cenário 4.	42
Figura 18 – SPI cenário 5.	42
Figura 19 – SPI médio, cenário 5.	43
Figura 20 – SPI média de 3 períodos, cenário 5.	43
Figura 21 – SPI Projeto A.	44
Figura 22 – SPI médio, Projeto A.	45
Figura 23 – SPI média de 3 períodos, Projeto A.	45
Figura 24 – SPI média de 2 períodos, Projeto A.	46
Figura 25 – SPI Projeto B.	46
Figura 26 – SPI médio, Projeto B.	47
Figura 27 – SPI média de 3 períodos, Projeto B.	47
Figura 28 – SPI Projeto C.	48
Figura 29 – SPI médio, Projeto C.	48
Figura 30 – SPI média de 3 períodos, Projeto C.	48
Figura 31 – Planilha Resumo.	1

Figura 32 – Planilha Tarefas.....	56
Figura 34 – Planilha <i>Earned Value</i>	56
Figura 35 – Planilha <i>Earned Schedule</i>	56
Figura 33 – Planilha Dados.	1

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Classificação das métricas.	21
Tabela 2 – Elementos do EVM.....	23
Tabela 3 – O EVM e as questões básicas do gerenciamento de projetos.....	25
Tabela 4 – Fórmulas do EVM.	25
Tabela 5 – Interpretação dos indicadores EVM.	25
Tabela 6 – Elementos do ES.....	30
Tabela 7 – Fórmulas do ES.	30
Tabela 8 – Cenário 1.....	34
Tabela 9 – Cenário 2.....	34
Tabela 10 – Cenário 3.....	35
Tabela 11 – Cenário 4.....	35
Tabela 12 – Cenário 5.....	35
Tabela 13 – Cenário 6.....	35
Tabela 14 – Cenário 7.....	35
Tabela 15 – Caracterização dos projetos de desenvolvimento.....	44

LISTA DE ABREVIATURAS

AC – Actual Cost
ACWP – Actual Cost of Work Performed
AT – Actual Time
BAC – Budget at Completion
BCWP – Budget Cost of Work Performed
BCWS – Budget Cost of Work Scheduled
CMMI – Capability Maturity Model® Integration
COTA – Custo Orçado do Trabalho Agendado
COTR – Custo Orçado do Trabalho Realizado
CPI – Cost Performance Index
CRTR – Custo Real do Trabalho realizado
CV – Cost Variance
EAC – Estimate At Completion
EAC_(t) – Estimate At Completion Time
ED – Estimated Duration
ES – Earned Schedule
ETC – Estimate To Complete
EV – Earned Value
EVM – Earned Value Management
GQM – Goal Question Metric
IEAC_(t) – Independent Estimate At Completion
LOC – Lines of Code
PD – Planned Duration
PMBOK – Project Management Book Of Knowledge
PMI – Project Management Institute
PV – Planned Value
QPM – Quantitative Project Management
SPI – Schedule Performance Index
SPI_(t) – Schedule Performance Index Time
SV – Schedule Variance
SV_(t) – Schedule Variance Time

TCPI – To Complete Performance Index

TSPI – To Complete Schedule Performance Index

VAC – Variance at Completion

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1 – Curva de Rayleigh	26
Equação 2 – Custo da tarefa	34

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
2	CENÁRIO	16
3	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	17
3.1	Gerenciamento Quantitativo	17
3.2	Métricas	18
3.2.1	Métricas, medidas e indicadores.....	18
3.2.2	Identificação de métricas	19
3.2.3	Classificação das métricas	20
3.3	Análise técnica.....	22
3.3.1	A análise técnica e a gerência de projetos.....	22
3.4	Earned Value Management.....	22
3.4.1	Indicadores do EVM.....	23
3.4.2	Avaliando o tempo: os problemas EVM	25
3.5	Earned Schedule	28
4	APLICANDO EVM E ES NA MONITORAÇÃO DE PROJETOS	32
4.1	Montagem dos Projetos	32
4.2	Escolha dos cenários	34
4.3	Seleção dos índices	35
4.4	Análise dos gráficos.....	36
4.4.1	Cenário 1	37
4.4.2	Cenário 2	37
4.4.3	Cenário 3	39
4.4.4	Cenário 4	40
4.4.5	Cenário 5	42
4.5	Investigação com dados reais de projetos.....	43
4.5.1	Projeto A.....	44

4.5.2	Projeto B.....	46
4.5.3	Projeto C.....	47
4.6	Interpretando os gráficos	49
5	CONCLUSÃO	50
5.1	Limitações.....	50
5.2	Trabalhos Futuros	50
	APÊNDICE A – Ferramenta de geração dos gráficos.....	54
	APÊNDICE B – Utilização da ferramenta de geração dos gráficos.....	58

1 INTRODUÇÃO

Em todo o projeto de desenvolvimento de software existe uma grande preocupação com relação ao cumprimento das metas tanto de custo quanto de prazo e qualidade, e o principal responsável pelo cumprimento dessas metas é o gerente de projeto. Por isso, é importante que o gerente possa contar com ferramentas e métodos que lhe apóie na hora de tomar decisões relativas ao andamento do projeto.

Ao buscar alternativas em outras áreas de conhecimento, a análise técnica, utilizada como ferramenta de apoio por investidores no mercado de ações, demonstrou características que nos levam a crer que tal análise poderá ser adaptada para ser utilizada como ferramenta de apoio ao gerenciamento de projetos. Dentre as ferramentas e metodologias de gerência de projetos existentes, o gerenciamento quantitativo é aquela que possui as características necessárias para nos ajudar a buscar uma forma de medição que permita aproveitar os recursos fornecidos pela análise técnica como ferramenta de apoio ao gerente.

Assim sendo, podemos formular a seguinte questão: será que é possível aplicarmos as técnicas de análise técnica na atividade de gerenciamento de projetos?

Partindo desta, outras questões surgem: se for possível utilizarmos análise técnica na gerência de projeto, em que momentos esta análise deve ser feita? Quais informações são as mais indicadas para serem utilizadas nesse tipo de análise? E como podemos obter e organizar essas informações?

Para tentar responder a essas questões esse trabalho foi realizado. Esta monografia está organizado em quatro capítulos: o primeiro apresenta esta introdução. O segundo apresenta um resumo dos estudos teóricos realizados a fim de aprofundar os conhecimentos sobre o tema, e se apresenta dividido em cinco seções que tratam de gerenciamento quantitativo, métricas, análise técnica, e as metodologias conhecidas como *Earned Value* e *Earned Schedule*. O terceiro capítulo apresenta o processo de desenvolvimento do trabalho e está dividido em sete seções que descrevem a metodologia proposta, o processo de montagem dos projetos e cenários simulados, os critérios de seleção dos índices a serem acompanhados, a análise dos gráficos gerados pelos índices selecionados, e por fim, uma análise do comportamento desses mesmos índices em três projetos reais. O quarto e último capítulo, apresenta as conclusões obtidas e ainda duas seções: limitações e trabalhos futuros.

2 CENÁRIO

Publicado pela primeira vez em 1994 pelo The Standish Group, o conhecido estudo denominado The Chaos Report apresenta uma visão geral sobre a situação dos projetos na área de desenvolvimento de software com relação ao cumprimento das metas de prazo, custo e qualidade do software produzido.

No ano de 2001 o mesmo grupo lançou uma versão atualizada do mesmo estudo reportando progressos em relação a 1994 (The Standish Group International Inc., 2001). Esse relatório classifica os projetos em três categorias de acordo com a sua situação final:

- Bem sucedidos: concluídos dentro do orçamento e do prazo firmados, e com todas as funcionalidades especificadas inicialmente implementadas dentro dos padrões de qualidade desejados.
- Concluídos com limitações: concluídos, porém fora do prazo ou do orçamento previstos e somente com parte das funcionalidades previstas implementadas.
- Falhos: projetos cancelados antes da sua conclusão ou nunca implementados.

No estudo de 1994 foi identificado que 16% dos projetos eram bem sucedidos, enquanto 31% enquadravam-se na categoria concluídos com limitações e 53% foram considerados como falhos. Em 2000 ocorreu uma evolução com os percentuais anteriores atingindo 28%, 49% e 23% respectivamente. Com relação aos custos enquanto que em 1994 a média de custo final era de 189% acima do estimado, em 2000 essa média caiu para 45%, já os prazos que ficavam em média 222% acima do previsto passaram para 63%.

Juntamente com os dados acima o estudo trás uma análise dos fatores de sucesso dos projetos, dentre os dados apresentados os que nos interessam para este estudo são os seguintes: no geral 82% dos projetos estudados possuíam um gerente de projetos designado, porém dos 28% dos projetos foram considerados bem sucedidos, 97% deles possuíam um gerente enquanto que entre os 23% que falharam somente 76% destes possuíam um gerente de projeto, já entre os 49% considerados concluídos com limitações, 79% possuíam um gerente.

Esses dados demonstram que, embora não seja garantia de sucesso, a presença de um gerente no projeto aumenta consideravelmente as suas chances de sucesso. Outro fator diz respeito a capacidade de decisão deste gerente, de acordo com o estudo quanto maior for a capacidade de julgamento do gerente maior a probabilidade de sucesso, uma vez que durante o ciclo do desenvolvimento do projeto muitas decisões precisam ser tomadas, e decisões erradas podem aumentar o tempo e custo do projeto, ou mesmo fazer com que esse se torne

falho. Neste ponto o estudo ressalta que a experiência é o fator mais influente na capacidade de tomada de decisão do gerente, afirmando que um gerente que possua um determinado número de projetos que falharam ou ultrapassaram as metas de custo e prazo é o mais indicado para gerenciar o próximo projeto importante da empresa.

Outro item que é apontado como sendo importante para o sucesso do projeto é o uso de ferramentas de gerenciamento de projetos. Segundo os autores do estudo os projetos bem sucedidos utilizam ferramentas de gerenciamento durante 60% do tempo, enquanto entre os enquadrados como concluídos com limitações o uso dessas ferramentas cai para 50% do tempo, já entre os que falharam ferramentas de gerenciamento são utilizadas somente em torno de 40% do tempo.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo é apresentado um resumo dos estudos feitos relacionados ao gerenciamento quantitativo e métricas, tais estudos serviram de base para a elaboração da proposta final deste trabalho.

3.1 Gerenciamento Quantitativo

O Gerenciamento Quantitativo ou QPM (*Quantitative Project Management*) é definido pelo CMMI¹ como uma das áreas do processo de gerenciamento de projetos do nível de maturidade quatro, cujo objetivo é gerenciar de forma quantitativa o processo de desenvolvimento definido para o projeto, a fim de atingir os objetivos de qualidade e desempenho estabelecidos inicialmente (CMMI Product Team, 2006).

Ainda segundo o CMMI o gerenciamento quantitativo envolve, dentre outras, as seguintes atividades:

- Estabelecer e manter a qualidade do projeto e os objetivos de desempenho do processo.
- Identificar subprocessos dentro do processo principal do projeto, baseado em critérios de estabilidade e autonomia encontrados nos modelos ou baselines do projeto.
- Selecionar subprocessos dentro do processo principal do projeto, a serem gerenciados estatisticamente.
- Monitorar o projeto a fim de identificar se os objetivos de qualidade e desempenho estão sendo satisfeitos, e identificar as ações corretivas apropriadas.

¹ Capability Maturity Model[®] Integration

- Estabelecer e manter um entendimento da variação dos subprocessos selecionados utilizando as medições e técnicas analíticas selecionadas.
- Registrar dados estatísticos sobre a qualidade e gerenciamento do processo no repositório de medidas da empresa.

O gerenciamento quantitativo utiliza dados estatísticos para ajudar a prever quando o projeto irá atingir os seus objetivos em termos de qualidade e desempenho do processo. O uso de dados estatísticos envolve pensamento estatístico e a correta utilização de técnicas estatísticas, tais como planilhas de execução, planilhas de controle, intervalos de confiança, intervalos de predição e testes de hipóteses.

Para fins de gerenciamento quantitativo é necessário que a empresa já possua definido um grupo de processos padronizados e um conjunto de ferramentas de tais como o repositório de métricas da empresa e uma biblioteca de conformidade de processo, que possam ser utilizados por todos os projetos para estabelecer os seus processos.

3.2 Métricas

Lorde Kelvin² uma vez disse: “Quando você pode medir aquilo sobre o que está falando, e expressar isto em números, você sabe alguma coisa a seu respeito, mas quando você não pode medir, quando você não pode exprimir em números, o seu conhecimento é escasso e insatisfatório”. Essa informação demonstra a importância das medidas para o conhecimento das coisas com as quais lidamos no dia-a-dia.

Em qualquer atividade é importante termos conhecimento daquilo com o que estamos lidando. *Você não pode estimar nem controlar aquilo que não pode medir* (Pfleeger, et al., 1997). Estimativa e controle são elementos fundamentais para a gerência de projetos, daí a importância de termos um sistema de medidas para projetos.

3.2.1 Métricas, medidas e indicadores

Para estudarmos métricas é importante conhecermos a diferença entre métrica, medida e indicador.

Medida: uma medida é um padrão a ser utilizado de forma comparativa a fim de definir a grandeza de um determinado objeto ou valor. Uma medida nos dá uma idéia do quanto uma determinada grandeza está presente em uma determinada situação, uma medida por si só

² William Thomson (1824-1907). Físico e matemático britânico conhecido por ter concebido a escala de temperatura absoluta (Escala Kelvin), e cujo trabalho influenciou a formulação da Segunda Lei da Termodinâmica.

normalmente não possui muito valor informativo, apenas carrega uma visão momentânea da situação. São exemplos de medida: MBytes (medida de tamanho), segundos (medida de tempo), MHz (medida de velocidade) e linhas de código (LOC).

Métrica: uma medida quantitativa do quanto um sistema, componente ou processo, possui um determinado atributo(IEEE Standards Board, 1990). Uma métrica é composta usualmente por dois diferentes índices, um deles sendo normalmente o tempo, e fornece ao observador uma visão relacionada à variação de um dos índices em relação ao outro. São exemplos de métricas: número de defeitos por KLOC, quantidade de métodos por classe.

Indicador: um dispositivo ou variável que pode ser colocado em um estado pré-definido, baseado nos resultados de um processo ou na ocorrência de uma condição específica. Por exemplo, um sinalizador (flag) ou semáforo(IEEE Standards Board, 1990). Um indicador pode ser considerado como um valor de referência a ser utilizado como padrão para verificação de métricas.

3.2.2 Identificação de métricas

Antes de iniciarmos qualquer tipo de métrica é importante identificarmos qual o objetivo da medição, essa tarefa é muito importante, pois a adoção de métricas incorretas pode levar a conclusões erradas com relação ao que queremos realmente medir.

Por isso é necessário que adotemos uma metodologia para a definição das nossas métricas, a metodologia mais conhecida para tal tarefa é a chamada GQM (*Goal Question Metric*)(Basili, et al., 1994).

Essa metodologia se tornou um padrão para a definição de frameworks de medição, uma das principais razões para esse sucesso é o fato que ela é adaptável a diferentes organizações e ambientes. Outra razão do sucesso do GQM é que ele se alinha com os objetivos da empresa fornecendo uma abordagem top-down para a definição das métricas. Essa abordagem fornece ferramentas para identificação de um conjunto de métricas que é objetivo deste trabalho.

A aplicação do GQM nos fornece um modelo de medida composto de três níveis (Figura 1):

- **Nível Conceitual (GOAL):** nesse nível um objetivo é definido levando-se em consideração diversos fatores e pontos de vista.
- **Nível Operacional (QUESTION):** uma série de questões a serem utilizadas para caracterizar a maneira como os objetivos (GOALS) definidos deverão ser alcançados,

essas questões tentam identificar qual o objeto a ser medido e determinar qual a sua qualidade de acordo com determinado ponto de vista.

- **Nível quantitativo (METRIC):** um grupo de dados é associado a cada questão de maneira a respondê-la de forma quantitativa. Esses dados podem ser objetivos, quando dependem somente do objeto a ser medido e não da opinião de quem mede (ex.: número de versões de um documento, número de linhas de código.), ou subjetivos, quando dependem do ponto de vista de quem, mede (ex.: legibilidade de um texto, nível de satisfação com o produto).

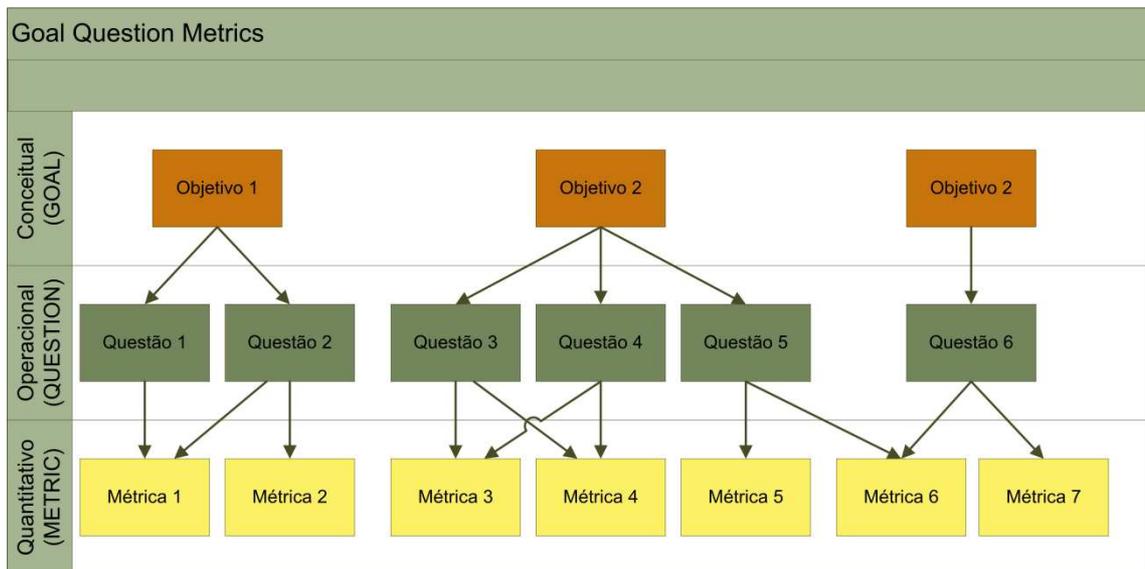


Figura 1 – Goal Question Metrics.

3.2.3 Classificação das métricas

Métricas de software podem ser classificadas em três tipos (Kan, 2002): métricas de produto, métricas de processo e métricas de projeto.

- **Métricas de produto:** descrevem características do produto, tais como tamanho, complexidade, desempenho e nível de qualidade. Tais métricas podem ser utilizadas para medir dois tipos de atributos: atributos internos e externos. Atributos internos dizem respeito a características do produto tais como tamanho, número de funcionalidades, complexidade e número de defeitos. Atributos externos dependem do comportamento do produto e do ambiente e algumas vezes dependem da percepção de quem está fazendo a medição. Exemplos desse tipo de métrica incluem usabilidade, eficiência, testabilidade, portabilidade, problemas do cliente e satisfação do cliente.
- **Métricas de processo:** podem ser utilizadas para melhorar o processo de desenvolvimento e manutenção de software alguns exemplos seriam, eficácia da

remoção de defeitos durante o desenvolvimento e tempo de resposta no processo de manutenção.

- **Métricas de projeto:** descrevem as características dos projetos e de sua execução. Exemplos incluem esforço/tempo por tarefa previsto x realizado, marcos previstos x realizados e taxa de produtividade. Algumas métricas podem fazer parte de mais de uma categoria.

A Tabela 1 apresenta algumas métricas divididas de acordo com a sua classificação:

Produto	Qualidade	Densidade de defeitos
		Tempo médio até a falha (MTTF)
	Tamanho	Linhas de código (LOC)
		Pontos de função (FP)
		Pontos por caso de uso (UCP)
	Orientadas a Objeto	Weighted Methods per Class (WMC)
		Depth of Inheritance Tree (DIT)
		Number of Children (NOC)
		Response for a Class (RFC)
		Coupling Between Objects (CBO)
	Lack of Cohesion Methods (LCOM)	
Processo	Defeitos durante o teste	
	Padrão de ocorrência de erros durante o teste	
	Remoção de defeito por fase	
	Efetividade de remoção de defeitos	
Projeto	Esforço/tempo por tarefa previsto x realizado	
	Marcos previstos x realizados	
	Horas de treinamento por membro equipe	
	Taxa de produtividade	

Tabela 1 – Classificação das métricas.

3.3 Análise técnica

Baseada na análise de gráficos de variação de preços das ações a análise técnica, também conhecida como análise gráfica, é fundamentada na teoria de Dow³, que foi formulada com base em uma série de editoriais escritos por Charles H. Dow no *The Wall Street Journal*. Seus principais princípios são (Janssen, et al.):

O mercado considera tudo: criticada por levar em consideração somente os preços das ações, essa teoria considera que em determinado momento o preço de determinada ação leva em consideração todos os fatores relacionados à companhia.

Os preços se movem em tendências: na análise técnica considera-se que os preços seguem uma tendência e que, uma vez estabelecida essa tendência é mais provável que os preços sigam ela do que eles seguirem na direção contrária.

O mercado se movimenta em ciclos: uma importante consideração da análise técnica é que os preços tendem a seguir movimentos cíclicos em sua variação. Tais ciclos se repetem de tempos em tempos de maneira uniforme, podendo assim ser previstos e acompanhados.

3.3.1 A análise técnica e a gerência de projetos.

O estudo de tendências é só um dos conceitos estudados pela análise técnica, existem também estudos relacionando diversos padrões de comportamento de gráficos, que no momento não são relevantes para este trabalho e, portanto, não serão apresentados.

Porém, o estudo de tendências pode se mostrar uma boa ferramenta de acompanhamento de projetos, pois o conhecimento da tendência do momento permite ao gerente prever desvios e executar ações corretivas ou preventivas com antecedência, podendo assim minimizar ou até mesmo evitar prejuízos ao projeto, sejam eles prejuízos relacionados ao tempo ou prejuízos financeiros.

3.4 Earned Value Management

Utilizada há vários anos a técnica conhecida como EVM (*Earned Value Management*) propõe o acompanhamento do desempenho de um projeto através do acompanhamento dos seus custos.

³ Charles Henry Dow (1851-1902). Jornalista norte-americano fundador da Dow Jones & Company, e do *The Wall Street Journal*, referência mundial em publicações sobre economia.

Esta técnica é descrita detalhadamente no guia publicado pelo PMI (Project Management Institute, 2005), porém, de uma maneira geral, o EVM consiste em definirmos um valor para cada tarefa do projeto e compararmos o valor relativo das tarefas realizadas até determinada data com o valor das tarefas previstas para aquela data.

O EVM possui ainda quatro elementos básicos: Custo Estimado, Valor Agregado, Custo Realizado e Custo ao Completar⁴, tais elementos correspondem, respectivamente, ao valor previsto das tarefas a serem executadas, o valor relativo das tarefas já concluídas e o custo real que foi necessário para a execução destas tarefas. A Tabela 2 apresenta um resumo dos principais elementos utilizados pelo EVM.

Elemento	Descrição	Outras Denominações
<i>Actual Cost – AC</i>	Representa o custo necessário para a realização das tarefas até o momento da medição.	<i>Actual Cost of Work Performed – ACWP</i> Custo Real do Trabalho realizado – CRTR
<i>Budget at Completion – BAC</i>	Representa o orçamento total previsto para a execução do projeto.	
<i>Earned Value – EV</i>	Representa o valor das tarefas já finalizadas até o momento da medição.	<i>Budget Cost of Work Performed – BCWP</i> Custo Orçado do Trabalho Realizado – COTR
<i>Planned Value – PV</i>	Representa o valor planejado das tarefas a serem realizadas até determinado momento do projeto.	<i>Budget Cost of Work Scheduled – BCWS</i> Custo Orçado do Trabalho Agendado – COTA

Tabela 2 – Elementos do EVM.

3.4.1 Indicadores do EVM

A partir dos quatro elementos básicos apresentados anteriormente, o EVM propõe uma série de indicadores que podem ser utilizados para analisarmos o desempenho do projeto e para realizarmos previsões a respeito do custo e do tempo necessário para a conclusão do projeto.

Esses indicadores podem ser divididos em três tipos:

⁴ Do inglês *Planned Value, Earned Value, Actual Cost* e *Budget At Completion*.

Variâncias: utilizadas para analisar as diferenças entre o andamento atual do projeto e o andamento planejado. São elas: Variância do Cronograma (*Schedule Variance – SV*); Variância de Custo (*Cost Variance – CV*); e Variância ao Término (*Variance At Completion – VAC*).

Índices: são utilizados como fator comparativo entre o desempenho previsto para o projeto e o desempenho corrente. São eles: Índice de Desempenho do Cronograma (*Schedule Performance Index – SPI*); Índice de Desempenho de Custo (*Cost Performance Index – CPI*); e Índice de Desempenho a Completar (*To Complete Performance Index – TCPI*).

Previsões: esses indicadores servem para apresentar uma estimativa a respeito do projeto, seja em termos de custo ou de tempo. São eles: Tempo Estimado Para Conclusão (*Estimate At Completion Time – EAC_(t)*); Custo Estimado na Conclusão (*Estimate At Completion – EAC*); e Custo Estimado para Conclusão (*Estimate To Complete – ETC*).

A relação entre os dados e os indicadores EVM pode ser vista na Figura 2.

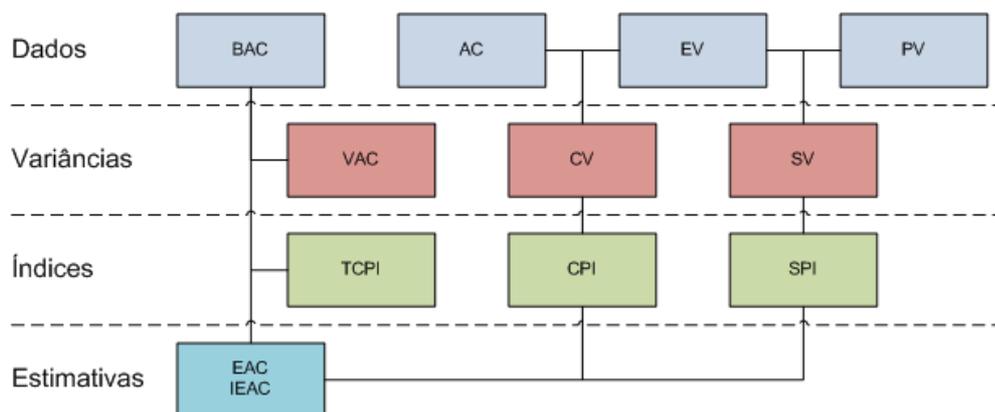


Figura 2 – Indicadores EVM.

Esses indicadores são utilizados para responder a diversas questões que surgem durante o andamento dos projetos conforme descrito na Tabela 3.

Questão de projeto	Indicador EVM
Como o projeto está em termos de tempo?	Análise e previsão de cronograma
- Está adiantado ou atrasado?	- <i>Schedule Variance</i>
- O tempo está sendo usado de forma eficiente?	- <i>Schedule Performance Index</i>
- Quando o projeto estará finalizado?	- <i>Time Estimate At Completion</i>
Como o projeto está em termos de custo?	Análise e previsão de custo.
- Estamos acima ou abaixo do custo?	- <i>Cost Variance</i>
- Quão eficiente é o uso dos recursos?	- <i>Cost Performance Index</i>
- Quão eficiente deve ser o uso dos recursos restantes?	- <i>To Complete Performance Index</i>
- Qual será o custo final do projeto?	- <i>Estimate At Complete</i>

- Finalizaremos acima ou abaixo do orçamento?	- <i>Variance At Completion</i>
- Qual o custo do trabalho restante?	- <i>Estimate To Complete</i>

Tabela 3 – O EVM e as questões básicas do gerenciamento de projetos.

Tais indicadores podem ser calculados utilizando-se as fórmulas da Tabela 4.

Indicador	Fórmula
VAC	BAC-EAC
CV	EV-AC
SV	EV-PV
TCPI	$(BAC-EV)/(BAC-AC)$
CPI	EV/AC
SPI	EV/PV
EAC	BAC/CPI
IEAC	AC + (BAC-EV)/fator de desempenho

Tabela 4 – Fórmulas do EVM.

Para cálculo do IEAC, o fator de desempenho pode ser escolhido pelo gerente, e depende da sua experiência e do tipo de situação do projeto, os fatores mais comumente utilizados são: CPI, SPI, $0,8CPI+0,2SPI$ o que sugere que o valor final é influenciado em 80% pelo CPI e 20% pelo SPI e $CPI*SPI$ que é a situação mais pessimista.

Os valores obtidos pelos indicadores do EVM devem ser interpretados de acordo com a Tabela 5.

Medidas de Desempenho		Cronograma		
		SV > 0 & SPI > 1,0	SV = 0 & SPI = 1,0	SV < 0 & SPI < 1,0
Custo	CV > 0 & CPI > 1,0	Adiantado e Abaixo do orçamento	Em dia e Abaixo do orçamento	Atrasado e Abaixo do orçamento
	CV = 0 & CPI = 1,0	Adiantado e No orçamento	Em dia e No orçamento	Atrasado e No orçamento
	CV < 0 & CPI < 1,0	Adiantado e Acima do orçamento	Em dia e Acima do orçamento	Atrasado e Acima do orçamento

Tabela 5 – Interpretação dos indicadores EVM.

Em função do conjunto de indicadores que disponibiliza e da relativa facilidade de se obter os dados necessários para a aplicação da técnica, o EVM vem sendo usado há anos na gerência de projetos e tem obtido até hoje bons resultados. Embora excelente na análise dos custos do projeto, o EVM possui limitações em relação à análise do cronograma.

3.4.2 Avaliando o tempo: os problemas EVM

Por utilizar o custo como referência para o cálculo do desempenho do projeto em relação ao tempo, a técnica de EVM acaba sendo vítima de uma série de falhas, falhas estas

apontadas por diversos autores tais como (Vanhoucke, et al., 2008), (Corovic, 2007), (Henderson, 2003) e (Lipke, 2003).

Antes de falarmos sobre esses problemas é importante sabermos como são distribuídos os custos durante o ciclo de vida de um projeto.

Em 2002, David Lee (Lee, 2002) demonstrou que a distribuição dos custos em um projeto de desenvolvimento de software, em sua maioria, pode ser expressa pela função conhecida como Distribuição de Rayleigh, cuja equação é:

$$v = v_0 \left(1 - e^{-t^2/t_p^2} \right)$$

Equação 1 – Curva de Rayleigh.

Aonde v representa o valor agregado (EV), t é o tempo; v_0 e t_p representam os fatores de escala da função, o cálculo desses fatores está fora do escopo deste trabalho, para o momento nos interessa saber que a curva resultante dessa distribuição se assemelha à apresentada na Figura 3.

Uma observação da curva apresentada na Figura 3 nos permite destacar que a inclinação da curva em determinados momentos pode variar, com uma inclinação maior indicando momentos em que existe um maior aporte de recursos no projeto, tipicamente isso ocorre nas etapas iniciais do projeto, da mesma maneira que uma menor inclinação representa um menor aporte de recursos ao projeto, tal situação tipicamente ocorre no final do projeto aonde a maior parte dos recursos já deve ter sido utilizada e apenas se aguarda a finalização das tarefas iniciadas e a conclusão do projeto.

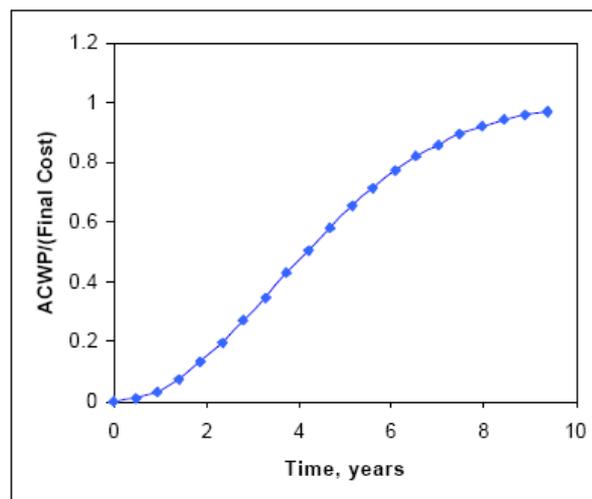


Figura 3 – Curva de Rayleigh para projetos de software.

Voltando ao EVM, Corovic (Corovic, 2007), aponta que o maior erro do EVM está na escolha do custo como referência para a avaliação do andamento do projeto ao invés do

tempo. Tal escolha compromete a acuidade dos indicadores de tempo (*Schedule Variance – SV* e *Schedule Performance Index – SPI*), especialmente em projetos que apresentam grandes variações em sua curva de custos acumulado. Tais falhas ocorrem justamente porque o cálculo do SV depende da inclinação da curva de custos.

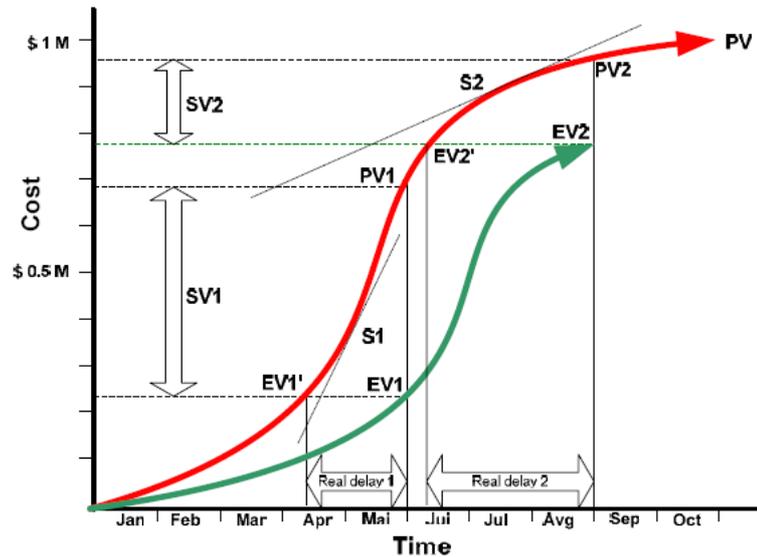


Figura 4 – Distribuição acumulada de custos.

Tomemos como exemplo um projeto de TI que possui a curva de custos acumulada representada pela Figura 4, a duração planejada do projeto é de 10 meses e o orçamento total é de \$1 Milhão, calculando-se o desempenho em relação ao tempo (SPI) utilizando-se os métodos tradicionais do EVM em dois momentos do projeto obtém-se os seguintes resultados:

1. Calculado em 1º de Junho

$$EV1 = \$233.000 \quad SV1 = EV1 - PV1 = \$-450.000$$

$$PV1 = \$683.000 \quad SPI1 = EV1/PV1 = 0,34$$

Atraso real 1 = 1,6 meses

2. Calculado em 1º de Setembro

$$EV2 = \$775.000 \quad SV2 = EV2 - PV2 = \$-183.000$$

$$PV2 = \$958.000 \quad SPI2 = EV2/PV2 = 0,81$$

Atraso real 2 = 2,7 meses

Pode-se notar que no caso 1 onde o atraso real⁵ é de 1,6 meses, o SV e o SPI apresentam um desempenho inferior ao caso 2, onde o atraso real é de 2,7 meses. Como explicar isto?

Esta diferença pode ser explicada através da inclinação da curva que representa o valor planejado no momento do cálculo, e a inclinação da curva no momento em que o valor

⁵ O atraso real foi calculado utilizando-se o *Earned Schedule*, técnica que veremos mais adiante.

agregado medido deveria ter acontecido. Na Figura 4 esses pontos correspondem, respectivamente, ao ponto PV1 e EV1' no caso 1 e PV2 e EV2' no caso 2, a inclinação das curvas nesses dois pontos podem ser determinadas pelas tangentes S1 e S2. Se a inclinação destas retas é maior do que a inclinação média da curva de valor planejado, o SPI avaliado pelo EVM irá apresentar resultados piores do que eles realmente são. Em oposição se a inclinação da reta for menor do que a média da curva de valor planejado, o SPI irá apresentar resultados melhores do que eles realmente são.

Tal situação é bastante perigosa, pois ao olhar para os dois índices o gerente poderia concluir que o desempenho no cumprimento das tarefas vem aumentando e que o atraso vem sendo reduzido ao longo do tempo, quando na verdade a situação real é o inverso.

A situação descrita no exemplo por si só já suscita a necessidade de uma técnica diferente para acompanhamento do desempenho em relação ao cronograma do projeto.

Ainda podemos levantar outras considerações, tais como:

Após a data prevista de término do projeto o PV mantém-se inalterado, com o EV se aproximando cada vez mais desse valor, isso faz com que ao final do projeto este atinja um $SV = 0$ e um $SPI = 1$, tais valores indicam que o projeto foi concluído dentro do prazo previsto, o que pode não ser verdade, suponhamos que um projeto ultrapasse a sua data prevista, e após isso por um motivo qualquer nada seja produzido durante três meses, ao final desse período o SV será igual ao anterior, o que não é verdadeiro, pois houve aí um acréscimo de três meses ao cronograma do projeto. Tal situação gera um comportamento errático nos índices, fazendo com que estimativas feitas após a data prevista de término do projeto não sejam confiáveis. Para finalizar o EVM calcula o SV em termos de custo, o que gera a seguinte situação: em um determinado momento pode-se dizer que o projeto está \$500.000 atrasado, porém o quanto isso significa em termos de dias, semanas ou meses? O EVM não fornece uma resposta a essa pergunta.

Pensando nos problemas anteriormente mencionados é que foi proposta a técnica denominada *Earned Schedule*.

3.5 Earned Schedule

Proposta como uma extensão do EVM o *Earned Schedule* (ES) é citado pelo PMI como uma prática emergente (Project Management Institute, 2005) o ES foi proposto por Walt Lipke no artigo *Schedule is Different* (Lipke, 2003).

A proposta de Lipke é de utilizar o tempo como referência ao invés do custo, de uma maneira geral a técnica consiste em localizar-se nos gráficos gerados pelo EV o ponto aonde o

EV medido deveria ter ocorrido, a partir da projeção desse ponto no eixo horizontal (eixo dos tempos), determina-se o quanto do cronograma foi efetivamente cumprido, ou seja, o *Earned Schedule*, a Figura 5 demonstra isso.

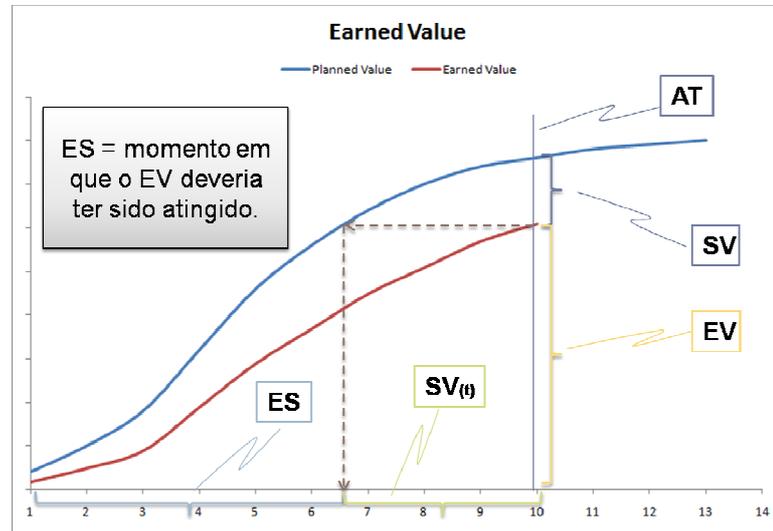


Figura 5 – Earned Schedule.

Analisando a Figura 5 temos:

- AT: *Actual Time* é o momento do projeto ao qual a medida se refere.
- ES: *Earned Schedule* é a porção de cronograma já cumprido para o valor agregado obtido.
- EV: *Earned Value* é o valor agregado obtido até o momento da medição.
- SV: *Schedule Variance* é a diferença em relação ao cronograma calculada de acordo com o EV tradicional.
- $SV_{(t)}$: *Schedule Variance Time* é a diferença em relação ao cronograma calculada de acordo com o *Earned Schedule*.

Como pode ser visto no ES a diferença entre o cronograma previsto e o realizado é calculada com relação ao eixo horizontal, dos tempos, o que faz mais sentido do que o EV tradicional que calcula essa diferença em relação ao eixo vertical, dos custos.

Devido a essa mudança de referencial as fórmulas de cálculo do ES são diferentes das do EV.

O ES também introduz novos termos conforme a Tabela 6 e novas relações entre esses elementos, conforme a Figura 6.

Elemento	Descrição
AT – Actual Time	Período atual de medida.
ED – Estimated Duration	Duração estimada do projeto.
ES – Earned Schedule	Porção do cronograma que já foi concluída.

PD – Planned Duration Duração planejada do projeto.

Tabela 6 – Elementos do ES.

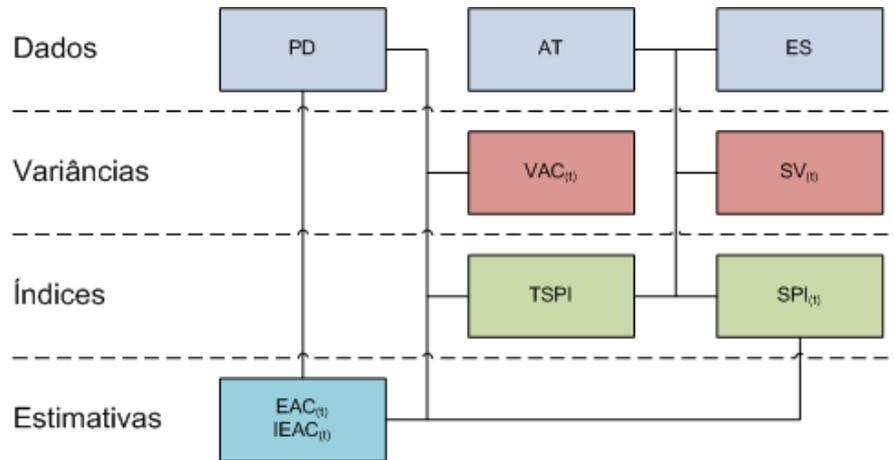


Figura 6 – Indicadores no ES.

O uso de novos indicadores trás, conseqüentemente novas fórmulas (Tabela 7):

Indicador	Fórmula
$VAC_{(t)}$	$PD - IEAC_{(t)}$
$SV_{(t)}$	$ES - AT$
TSPI	$(PD - ES) / (PD - AT)$ para a projeção inicial $(PD - ES) / (EAC_{(t)} - AT)$ para a nova duração estimada
$SPI_{(t)}$	ES / AT
$EAC_{(t)}$	$PD / SPI_{(t)}$
$IEAC_{(t)}$	$AT + (PD - ES) / SPI_{(t)}$

Tabela 7 – Fórmulas do ES.

Alguns estudos comparando as duas técnicas foram realizados dentre os quais se podem destacar:

A Simulation and Evaluation of Earned Value Metrics to Forecast Project Duration (Vanhoucke, et al., 2007): neste estudo os autores simularam um total de 3100 projetos em nove diferentes cenários, concluindo ao final que os métodos de estimativa do ES são superiores aos do EV.

A Case Study of Earned Schedule to Do Predictions (Hecht, 2008): este artigo apresenta um caso de estudo de um projeto desenvolvido para a Marinha Americana, nele o autor utilizou a técnica de ES para estimar o trabalho restante durante o andamento do projeto, e conclui que a técnica apresentou uma boa capacidade preditiva.

Project Duration Forecasting: a comparison of EVM methods to ES (Lipke, 2009): neste artigo foram comparados os métodos de estimativa das duas metodologias num universo de 16 projetos reais, dividindo-os em estágios com relação à sua execução, e os resultados

mostraram que o ES é superior em capacidade preditiva em relação ao EV para qualquer estágio do projeto.

Tais trabalhos confirmam que a técnica de ES é superior ao EV no que diz respeito ao acompanhamento e estimativas relacionadas ao tempo, enquanto que em termos de custo o EV se mostra superior.

4 APLICANDO EVM E ES NA MONITORAÇÃO DE PROJETOS

Esta seção demonstra como é possível combinar os indicadores gerados pelas metodologias EVM e ES, e a técnica de análise dos gráficos oriunda da análise técnica em uma ferramenta de acompanhamento de projetos. Metodologia proposta

Uma vez que esse trabalho busca localizar uma métrica que seja significativa para o gerenciamento do projeto, optou-se por utilizar o EVM, por se tratar de uma prática já bastante difundida na gerência de projetos, sendo que esta é citada inclusive pelo PMBOK (Project Management Institute, 2004).

Ainda serão utilizados os indicadores de tempo gerados pelo *Earned Schedule*, por considerar-se que estes são mais precisos, conforme apresentado anteriormente.

Os indicadores gerados foram submetidos a dois estudos, um deles conduzido com a utilização de dados simulados, e outro conduzido com dados de projetos reais.

4.1 Montagem dos Projetos

Para análise dos gráficos gerados pelos indicadores do EVM e ES optou-se por fazer a simulação do andamento de alguns projetos.

Inicialmente foi necessário buscar uma ferramenta que permitisse a geração de séries de atividades de maneira a caracterizar um projeto. Com base no artigo de Vanhoucke (Vanhoucke, et al., 2007), foi escolhida a ferramenta RanGen⁶ (Demeulemeester, et al., 2003).

⁶ Disponível em: <http://www.projectmanagement.ugent.be/rangen.php>

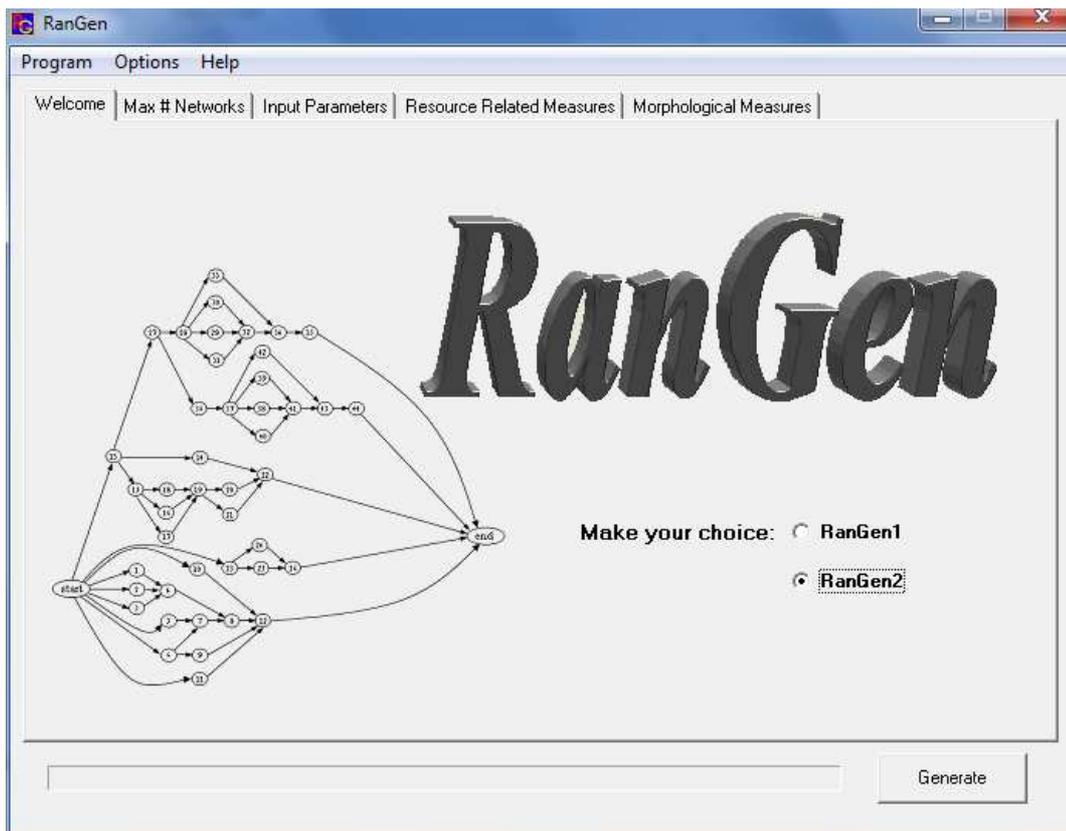


Figura 7 – Ferramenta RanGen.

Para a geração das redes foi escolhida a versão RanGen 2 (Vanhoucke, et al., 2008), a seleção da versão pode ser feita na própria ferramenta (Figura 7). Esta versão trabalha com dois parâmetros: o número de atividades e o grau de dependência entre elas. Esse grau de dependência pode variar de zero até um sendo que zero gera um projeto em que todas as atividades são executadas de maneira paralela, sem dependências entre si, já o valor um gera um projeto em que todas as atividades são executadas em série.

Foram então gerados três conjuntos de cem projetos, cada projeto contendo vinte atividades, o primeiro conjunto foi gerado com um grau de dependência de 0,75, ou seja, projetos com uma configuração mais serial, o segundo foi gerado com o grau de 0,50, gerando projetos mais equilibrados, e o último com o grau 0,25, projetos com mais atividades em paralelo.

De posse dos projetos gerados foram selecionados aleatoriamente dois projetos de cada grupo, totalizando seis projetos.

Os seis projetos selecionados foram então colocados na ferramenta MS Project 2007, a qual permitiu a geração do cronograma de execução dos projetos.

A fim de atribuir um valor às tarefas e assim possibilitar o seu acompanhamento utilizando-se as técnicas de EVM, foi criado no MS Project quatro recursos que foram

alocados às tarefas de maneira que não alterassem as suas datas de início e conclusão. Para cada recurso foi definido um custo de R\$ 35,00/h e um calendário de 8h/dia, perfazendo um total de R\$ 280,00 por recurso/dia. Ainda a duração de cada tarefa foi considerada em dias e cada tarefa teve somente um recurso alocado para a sua execução, de maneira que o custo total de cada tarefa pôde ser definido como:

$$C_r = D_r \times 280$$

Equação 2 – Custo da tarefa

Onde C_r representa o custo total da tarefa e D_r a duração desta em dias.

4.2 Escolha dos cenários

De posse do cronograma dos projetos gerados pelo MS Project definiu-se então cenários a serem simulados. Foram escolhidos os seguintes cenários:

1. Execução do projeto conforme estimado.
2. Iniciar no planejado, e ir adiantando, terminar adiantado.
3. Iniciar no planejado, cair e se manter abaixo, terminar em atraso.
4. Iniciar em atraso, ir subindo e terminar no prazo.
5. Iniciar em atraso e se recuperar, terminando antes.
6. Iniciar abaixo do planejado e se manter assim, terminar em atraso.
7. Iniciar acima do planejado, cair e se recuperar novamente. Terminar no prazo.

Para a simulação dos cenários apontados foi utilizada uma versão de avaliação da ferramenta @Risk⁷, um suplemento para o MS Excel que permite a geração de valores aleatórios utilizando-se o princípio de Monte Carlo. Os valores foram simulados a partir de distribuições triangulares, as tabelas 8 a 12 demonstram como foram formados os triângulos, considerar PL como sendo o valor inicialmente planejado para a tarefa:

Cenário 1: Execução do projeto conforme estimado.			
Tarefas	Menor	Médio	Maior
1 - 5	PL	PL	PL
6 - 15	PL	PL	PL
16 - 20	PL	PL	PL

Tabela 8 – Cenário 1.

Cenário 2: Iniciar no planejado e ir adiantando, terminar adiantado			
Tarefas	Menor	Médio	Maior
1 - 5	PL	PL	PL
6 - 15	PL*0,50	PL*0,75	PL
16 - 20	PL*0,50	PL*0,75	PL

Tabela 9 – Cenário 2.

⁷ Disponível em: <http://www.palisade.com/>

Cenário 3: Iniciar no planejado, cair e se manter abaixo, terminar em atraso.			
Tarefas	Menor	Médio	Maior
1 - 5	PL	PL	PL
6 - 15	PL	PL*1,25	PL*1,50
16 - 20	PL	PL*1,25	PL*1,50

Tabela 10 – Cenário 3.

Cenário 4: Iniciar em atraso, ir subindo e terminar no prazo.			
Tarefas	Menor	Médio	Maior
1 - 5	PL	PL*1,25	PL*1,5
6 - 15	PL	PL*0,75	PL*0,50
16 - 20	PL	PL	PL

Tabela 11 – Cenário 4.

Cenário 5: Iniciar abaixo do planejado e recuperar, terminando antes.			
Tarefas	Menor	Médio	Maior
1 - 5	PL*1,25	PL*1,5	PL*1,75
6 - 15	PL*0,75	PL	PL*1,25
16 - 20	PL*0,5	PL*0,75	PL

Tabela 12 – Cenário 5.

Cenário 6: Iniciar abaixo do planejado e se manter assim, terminar em atraso.			
Tarefas	Menor	Médio	Maior
1 - 5	PL	PL*1,25	PL*1,5
6 - 15	PL	PL*1,25	PL*1,5
16 - 20	PL	PL*1,25	PL*1,5

Tabela 13 – Cenário 6.

Cenário 7: Iniciar acima do planejado, cair e se recuperar novamente. Terminar no prazo.			
Tarefas	Menor	Médio	Maior
1 - 5	PL*0,5	PL*0,75	PL
6 - 15	PL	PL*1,25	PL*1,5
16 - 20	PL*0,5	PL*0,75	PL

Tabela 14 – Cenário 7

Dentre os sete cenários selecionados, os cinco primeiros foram simulados, e os dois restantes foram observados nos dados de projetos reais. Para os cenários simulados, os valores obtidos através da simulação foram aplicados à duração de cada tarefa, de maneira a simular a sua execução. Uma vez gerados esses dados foram novamente colocados no MS Project a fim de obter-se o cronograma de execução do projeto, com as datas e valores executados.

4.3 Seleção dos índices

Após a montagem dos cenários iniciou-se um estudo dos indicadores gerados pelo EVM e ES a fim de determinar qual seria o mais adequado para acompanhamento. Para este estudo também se optou pelo acompanhamento apenas do cronograma,

Reverendo-se a definição dos indicadores gerados tem-se que os indicadores relacionados com o cronograma são:

- ES (*Earned Schedule*): representa o número de períodos já concluídos pelo projeto.

- *SV (Schedule Variance)*: representa a diferença entre o cronograma realizado e o previsto, em outras palavras, indica o número de períodos que o projeto está atrasado ou adiantado.
- *SPI (Schedule Performance Index)*: número adimensional que representa o desempenho da execução do projeto em função do seu cronograma.
- *TSPI (To Complete Schedule Performance Index)*: indicador que representa qual o desempenho necessário a partir do período considerado, para que seja possível concluir-se o projeto no prazo estimado.
- $EAC_{(t)}$ (*Estimate At Completion*): representa uma estimativa de quanto tempo seria necessário para conclusão do projeto, caso o desempenho médio seja igual ao atual.
- $IEAC_{(t)}$ (*Independent Estimate At Completion*): representa uma estimativa de quanto tempo será necessário para a conclusão do projeto, mantendo-se o desempenho atual.

Entre os seis indicadores citados, um se refere ao próprio andamento do projeto (ES), outros três são utilizados para fazer previsões (TSPI, $EAC_{(t)}$ e $IEAC_{(t)}$), e os dois restantes medem o desempenho da equipe na execução das tarefas do projeto (SV e SPI).

Ainda cabe observarmos que conforme a Tabela 7, o SPI é utilizado no cálculo de dois dos três índices usados para previsões. Por isso optou-se por estudar o comportamento deste indicador durante a execução das tarefas do projeto.

Além do SPI propriamente dito, foram considerados ainda dois indicadores: o SPI médio calculado desde o início do projeto, e a média do SPI considerando os três últimos valores obtidos, a adoção destes dois indicadores extras se deu para que o gerente tenha mais de um ponto de referência na hora de avaliar o SPI corrente do projeto.

O uso da média e da média móvel de 3 períodos serve para ajudar a interpretar o andamento do projeto, exemplificando: suponha que o projeto venha mantendo o seu SPI acima de 1 e portanto está adiantando, porém em determinado período é registrado um SPI de 0,8, tal SPI indica atraso no projeto, porém se observarmos a média corrente e esta ainda se mantiver acima de 1, essa queda pode não ter influência significativa na data de entrega do projeto. Agora suponhamos que um novo resultado abaixo de 1 seja registrado no período seguinte, nesse caso é possível que a média geral ainda se mantenha acima de 1, porém a média dos 3 últimos períodos já irá apresentar queda, conformando uma tendência de queda no desempenho da equipe, que, se não for tomada alguma medida para reverter, irá comprometer a entrega do projeto.

4.4 Análise dos gráficos

Selecionados os índices, foram gerados os gráficos a fim de verificarmos o seu comportamento nas situações simuladas, a seguir serão apresentados alguns desses gráficos, considerados mais relevantes.

Nas análises feitas foi dada especial atenção ao formato da curva gerada pelo gráfico, considerando-se que uma curva ascendente representa uma melhoria no desempenho da equipe, enquanto que uma curva descendente representa uma perda de desempenho. Para a análise também foi considerado que toda a vez que a curva estivesse acima do valor 1, o projeto era considerado adiantado, enquanto que valores abaixo de 1 configurariam um atraso no projeto.

4.4.1 Cenário 1

O primeiro cenário consistia da execução de todas as tarefas dentro do tempo planejado, para esse cenário era esperado um gráfico linear para os indicadores selecionados, e na prática foi isto o que se deu conforme a Figura 8.

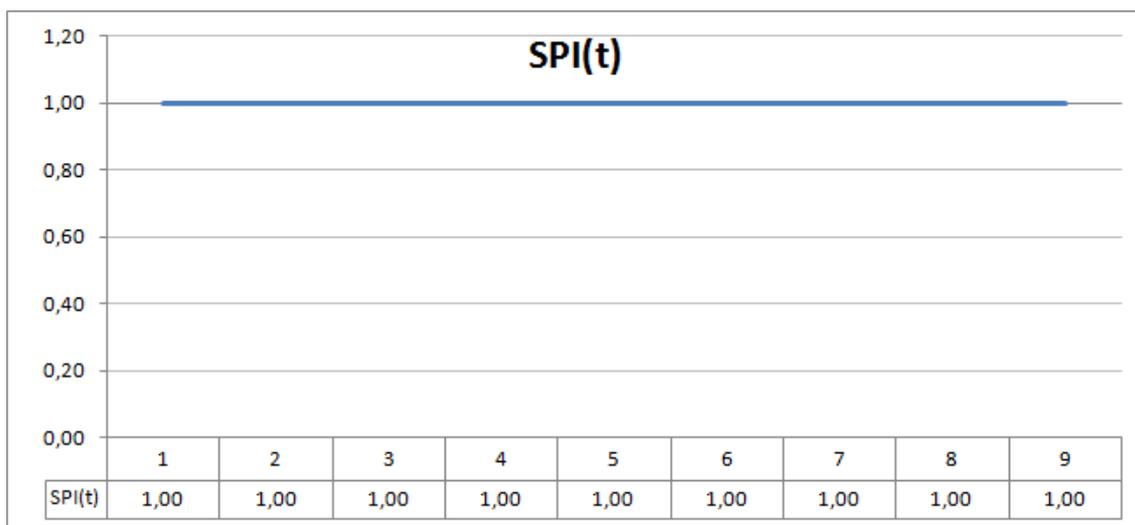


Figura 8 – SPI cenário 1.

O mesmo gráfico pôde ser observado com relação à média geral e média dos três últimos SPI.

4.4.2 Cenário 2

O cenário 2 consistia em iniciar o projeto executando as tarefas conforme o planejado e ir adiantando as tarefas, concluindo o projeto antes do previsto.

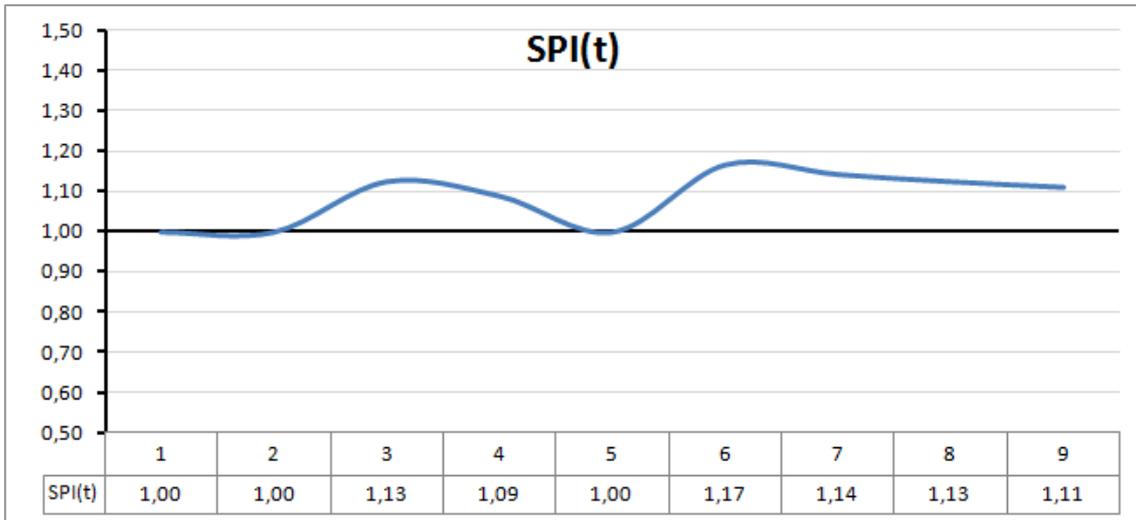


Figura 9 – SPI cenário 2.

O gráfico da Figura 9 representa o SPI da execução simulada, pode-se notar que embora ele tenha uma grande oscilação, este índice se manteve praticamente o tempo todo acima de 1. O índice apresentou uma queda por 3 semanas consecutivas nas semanas 3, 4 e 5, tal situação pode ser considerada como um sinal de alerta para o gerente, que deve buscar as causas dessa queda, embora os índices médios (Figura 10 e Figura 11) demonstrem que essa queda não chegou a comprometer o projeto, uma vez que ambos os gráficos apontam uma tendência de crescimento indicado pelas linhas de tendência (linhas vermelhas em ambos os gráficos).

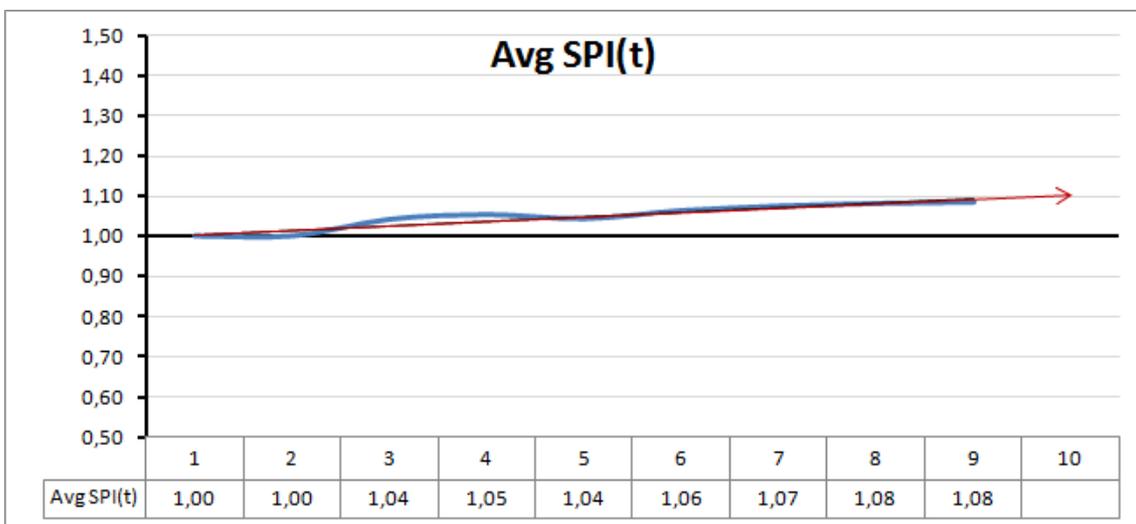


Figura 10 – SPI médio, cenário 2.

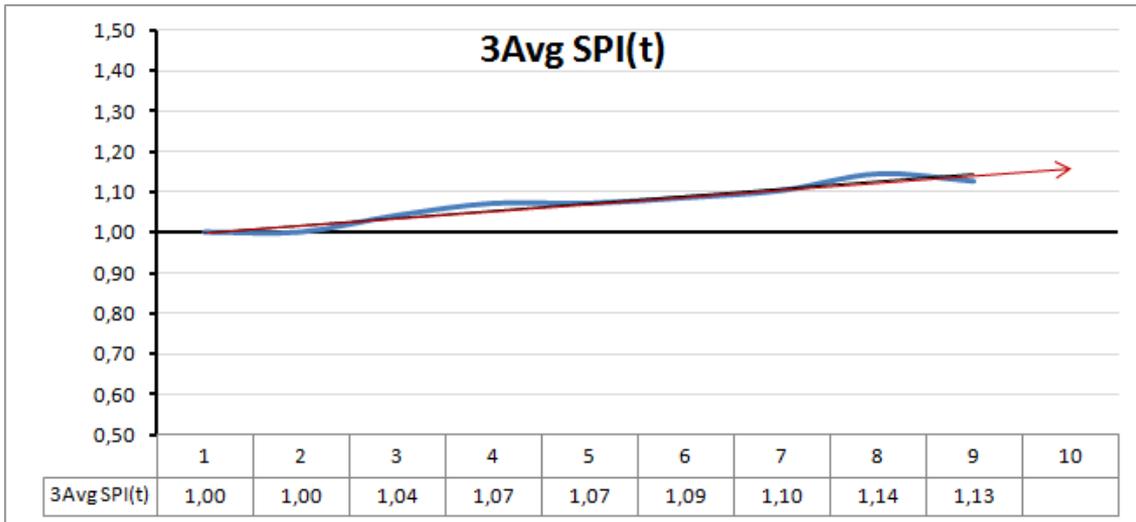


Figura 11 – SPI média de 3 períodos, cenário 2.

4.4.3 Cenário 3

Este cenário consistia em iniciar a execução das tarefas dentro do prazo planejado e ir aumentando o tempo, gerando atraso na data de entrega final do projeto.

Nesse cenário esperava-se que o SPI se mantivesse abaixo de 1, o que se confirmou conforme a Figura 12, também as médias mantiveram-se abaixo de 1 (Figura 13 e Figura 14). Aqui podemos destacar que a observação da média dos 3 últimos períodos permitiu uma análise mais precisa, especialmente no período compreendido entre a 4ª e a 8ª semana, em que houve uma queda mais acentuada da performance (Figura 14), que não ficou muito evidente na média geral, que em função do desempenho das primeiras semanas se manteve acima de 0,9 (Figura 13).

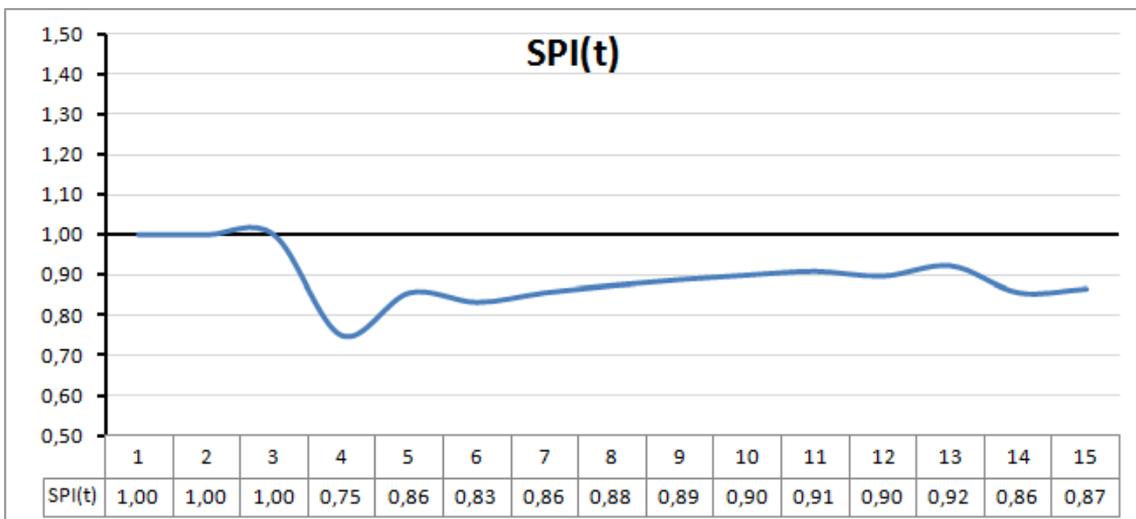


Figura 12 – SPI cenário 3.

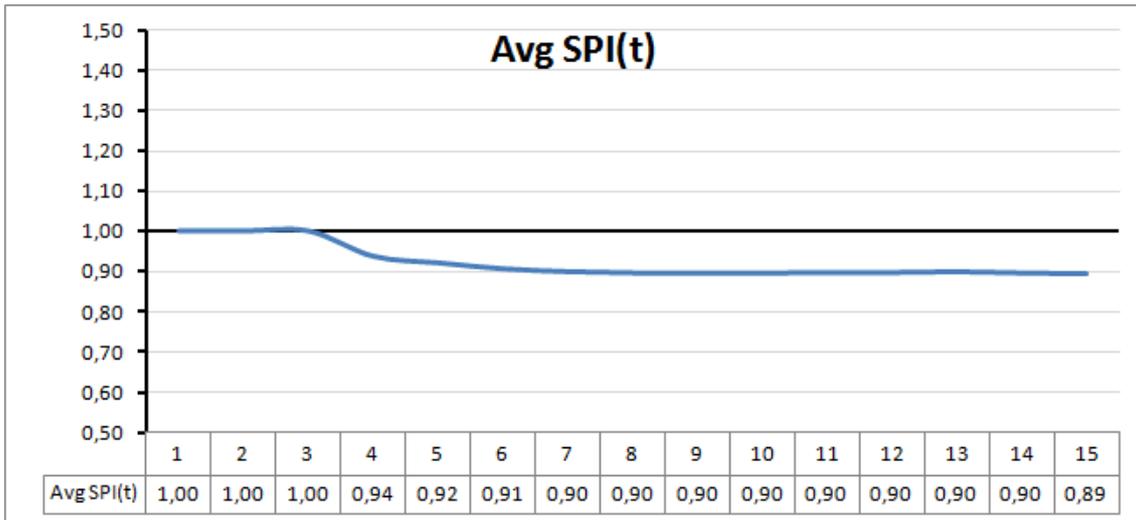


Figura 13 – SPI médio, cenário 3.

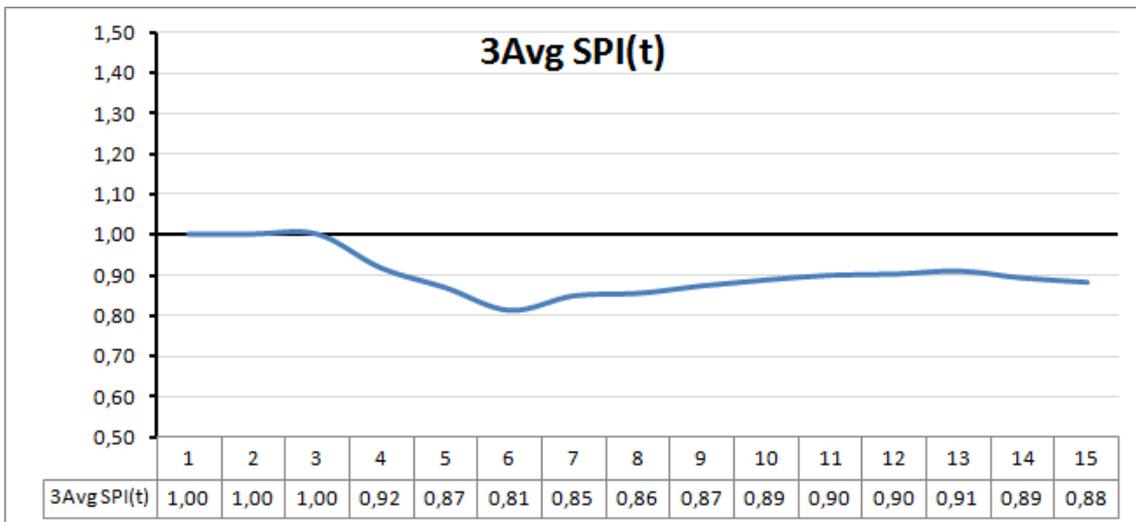


Figura 14 – SPI média de 3 períodos, cenário 3.

4.4.4 Cenário 4

O cenário 4 ilustra uma proposta de recuperação, descrevendo um cenário em que o projeto inicia em atraso e vai se recuperando de maneira a terminar no prazo. A prática nos diz que esse é um cenário relativamente comum nas empresas, quando é feito um esforço extra no final do projeto para que seja possível cumprir a data de entrega.

Na simulação o SPI se manteve abaixo de 1 nas 8 primeiras semanas, vindo a se recuperar nas 3 semanas finais conforme a Figura 15. Aqui se observando as médias constatou-se que em função do longo tempo em que o projeto esteve abaixo do desempenho planejado, a média acumulada também se manteve sempre abaixo do valor ideal (um) até o final do projeto de acordo com a Figura 16, já a média dos 3 últimos períodos se mostrou

mais eficiente ao apontar o crescimento do desempenho já a partir da 8ª e 9ª semanas em relação à 7ª semana como pode ser visto na Figura 17.

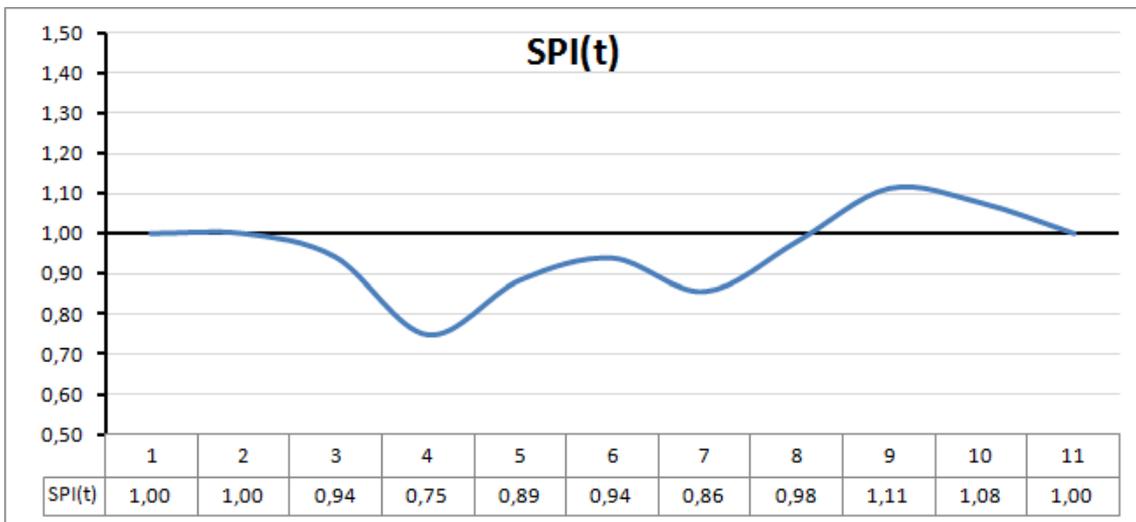


Figura 15 – SPI cenário 4.

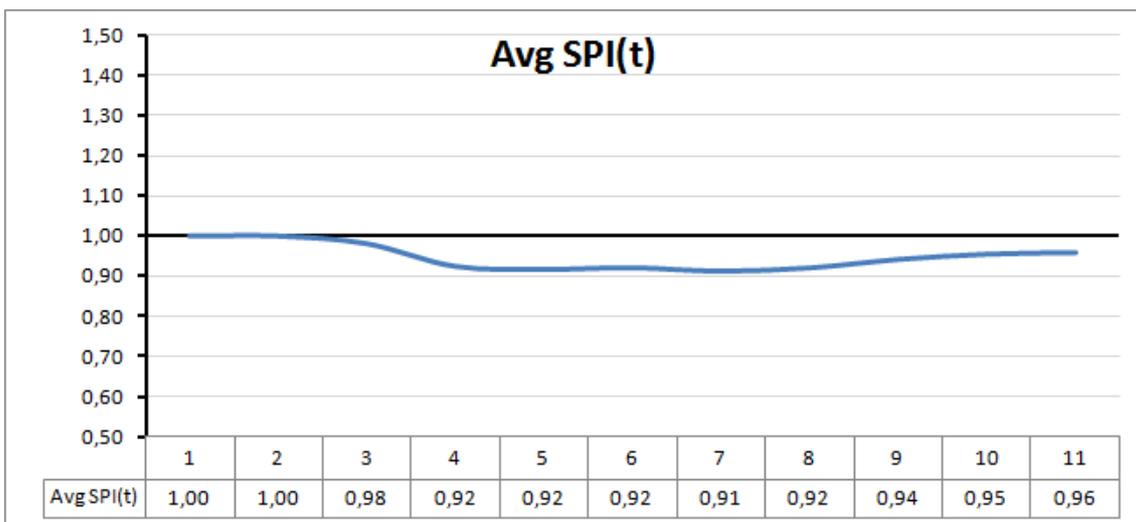


Figura 16 – SPI médio, cenário 4

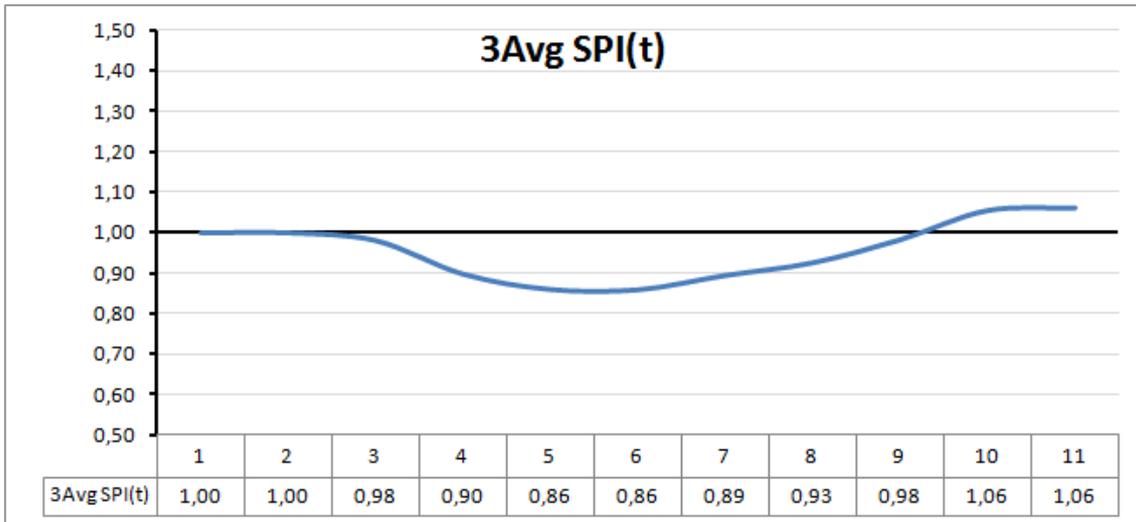


Figura 17 – SPI média de 3 períodos, cenário 4.

4.4.5 Cenário 5

O último cenário simulado consistia em iniciar o projeto abaixo do planejado, e recuperar-se finalizando o projeto antes da data prevista.

Para esse cenário o SPI das primeiras semanas esteve abaixo do esperado entre a 1ª e a 4ª semana, vindo a se recuperar após a 5ª semana como demonstra a Figura 18. Novamente nesta situação a média geral foi comprometida pelo baixo desempenho inicial registrando uma recuperação muito lenta conforme pode ser visto na Figura 19. Nesse cenário também a média dos 3 últimos períodos se mostrou mais apta a fornecer respostas, apontando a recuperação a partir da 6ª semana.

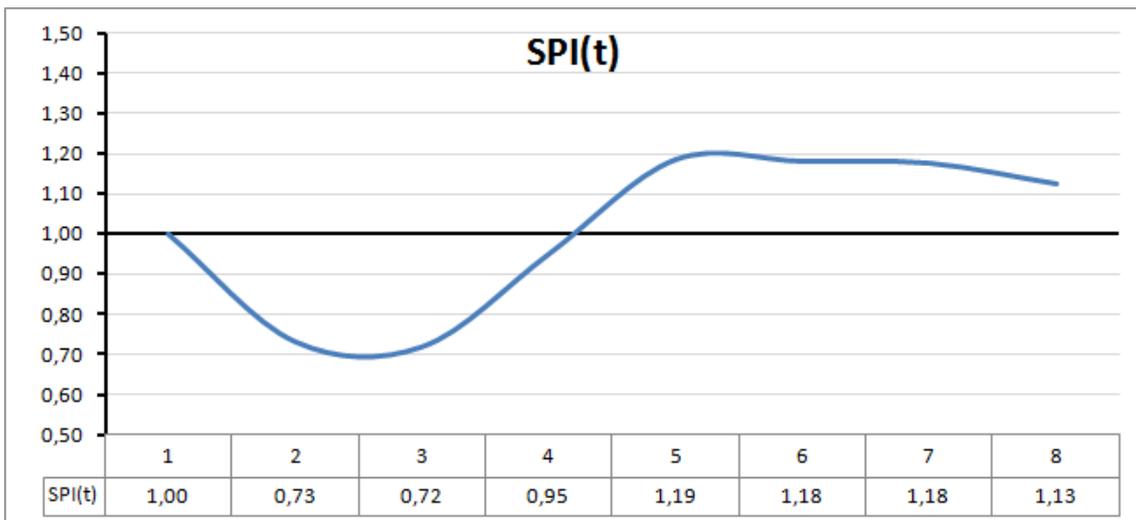


Figura 18 – SPI cenário 5.

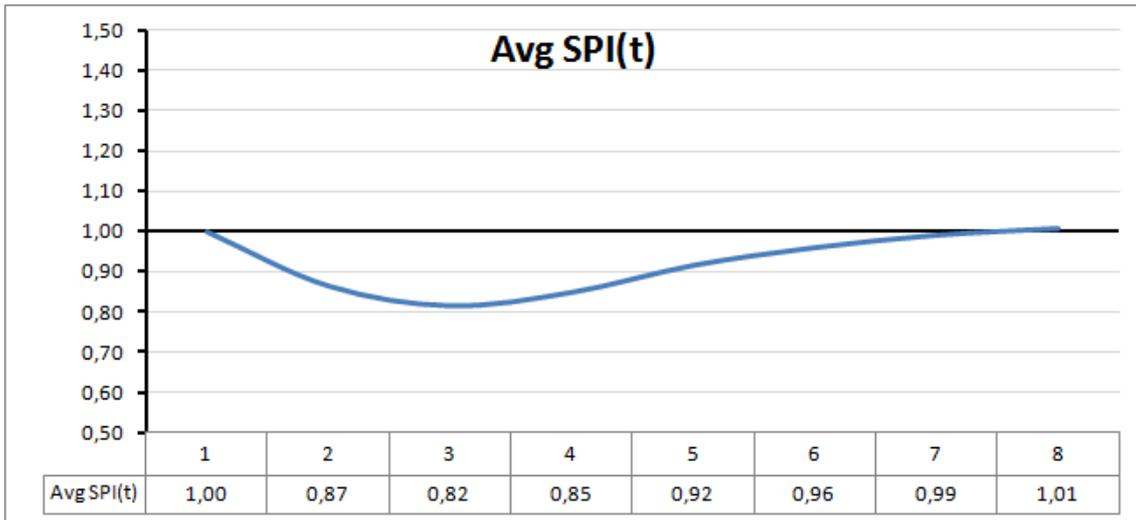


Figura 19 – SPI médio, cenário 5.

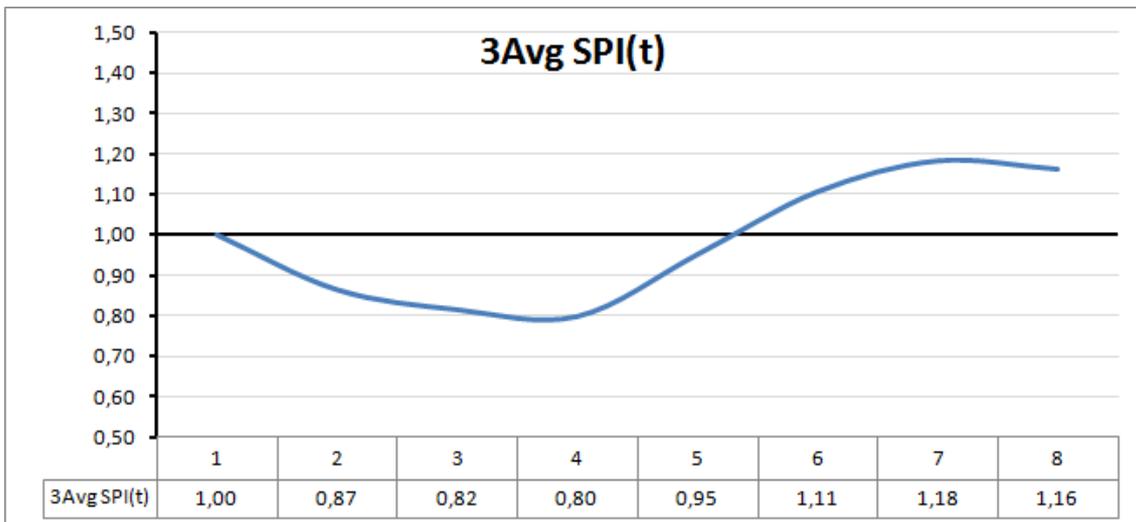


Figura 20 – SPI média de 3 períodos, cenário 5.

4.5 Investigação com dados reais de projetos

Após a realização das simulações foram obtidos dados referentes à construção de 3 projetos executados por uma empresa da região, especializada em desenvolvimento de software. As principais características dos projetos podem ser vistas na Tabela 15.

	Projeto A	Projeto B	Projeto C
Tipo de projeto	Desenvolvimento	Desenvolvimento	Desenvolvimento
Tamanho da Equipe	7 pessoas	8 pessoas	8 pessoas
Ambiente	Web	Desktop	Desktop
Desenvolvimentos novos ⁸	80%	26%	90%
Manutenções ⁹	20%	74%	10%
Duração Prevista	7 Semanas	8 Semanas	8 Semanas

Tabela 15 – Caracterização dos projetos de desenvolvimento.

4.5.1 Projeto A

Em sua etapa de construção o Projeto A apresentou o seguinte comportamento: apresentou um atraso na 1ª semana medida, porém esse atraso foi recuperado na semana seguinte, fazendo com que até a 4ª semana este se mantivesse adiantado em relação ao cronograma previsto. Porém apresentou uma queda constante de desempenho que fez com que após a 4ª semana o projeto sofresse um atraso, que foi recuperado nas semanas seguintes levando o projeto a ser concluído na data inicialmente prevista.

Esse desempenho pode ser visto na Figura 21.

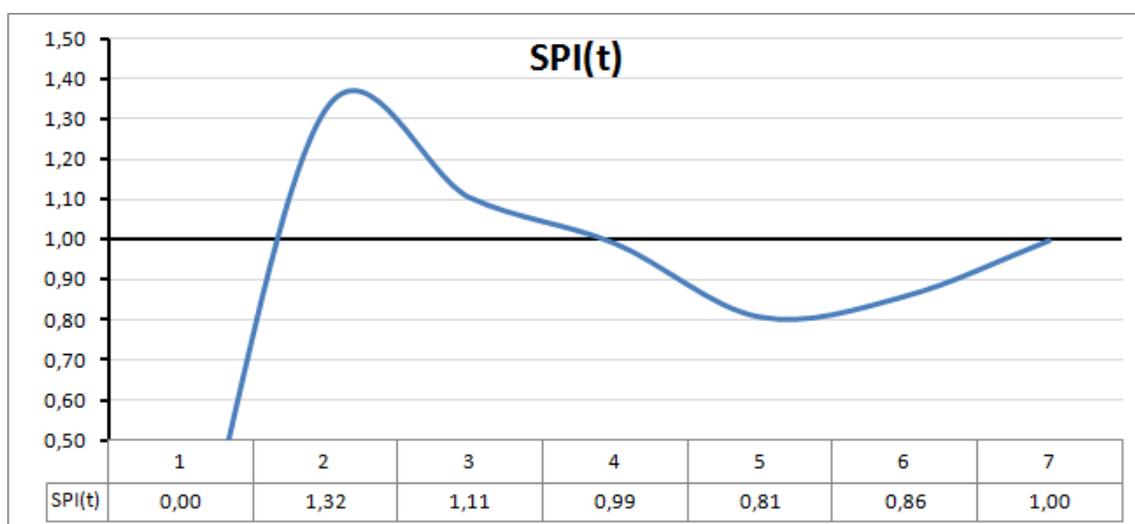


Figura 21 – SPI Projeto A.

⁸ Refere-se ao percentual de tarefas do projeto caracterizadas como desenvolvimento de novas funções para um software já existente, ou desenvolvimento de um novo software.

⁹ Refere-se ao percentual de tarefas do projeto caracterizadas como correções ou atualizações de funcionalidades de um software já existente.

Embora tenha sido concluído dentro do prazo, seu SPI médio acumulado manteve-se o tempo todo abaixo do ideal, influenciado principalmente pelo desempenho da 1ª semana na qual não foi entregue a tarefa planejada, levando a um SPI igual a zero (Figura 21).

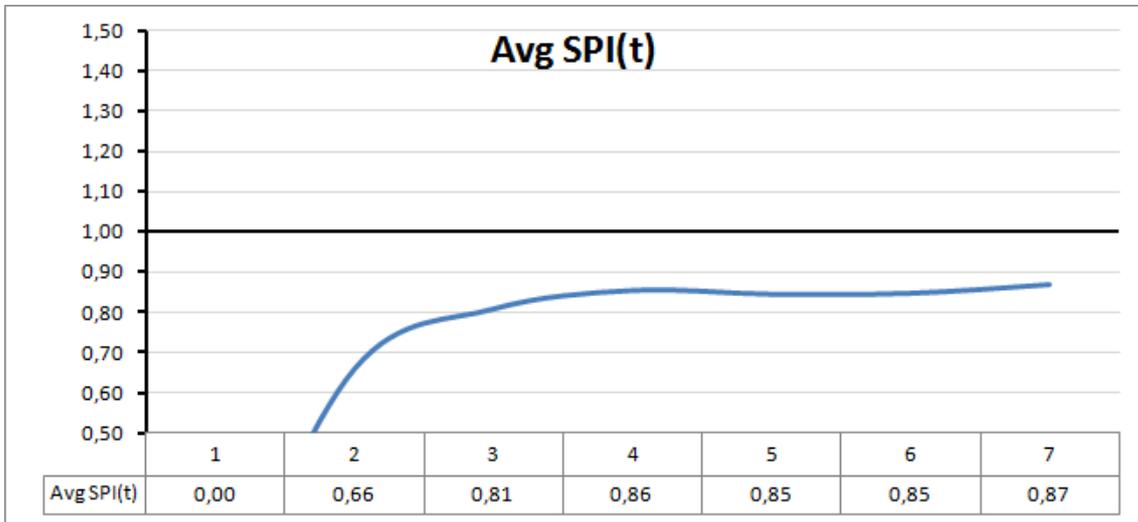


Figura 22 – SPI médio, Projeto A.

Já o gráfico referente à média dos 3 últimos períodos demonstra a reação ocorrida, a partir da 2ª semana (Figura 23), embora também afetado pelo resultado da 1ª semana.

Em função da curta duração deste projeto foi feito um gráfico contendo a média dos 2 últimos períodos (Figura 24) a título de comparação, este apontou melhor a recuperação das primeiras semanas.

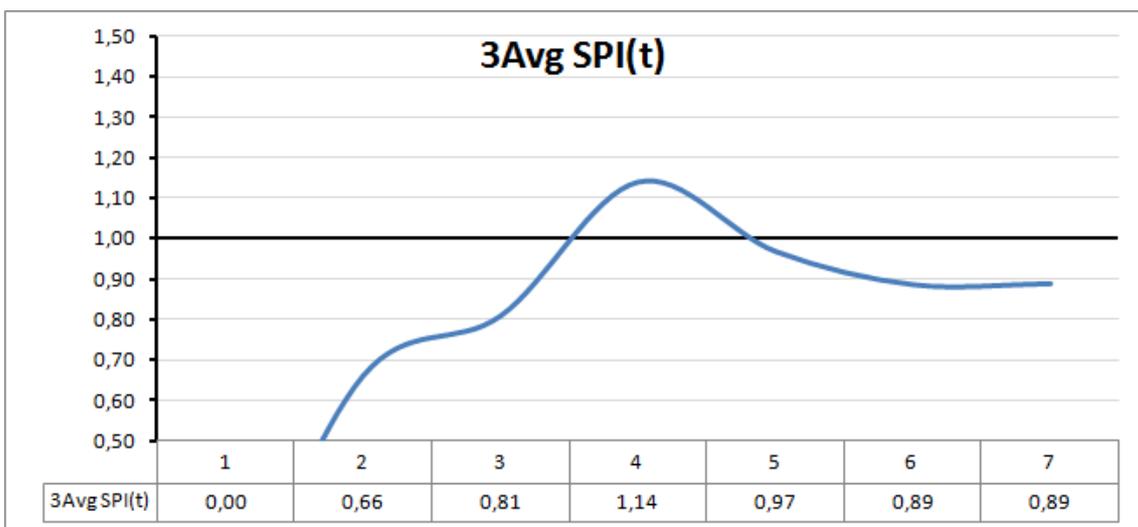


Figura 23 – SPI média de 3 períodos, Projeto A.

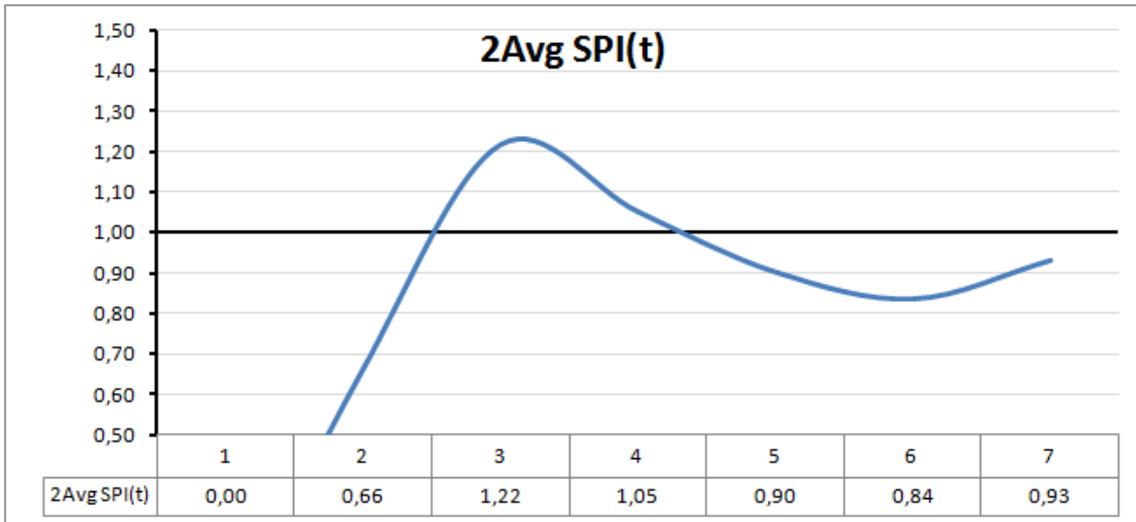


Figura 24 – SPI média de 2 períodos, Projeto A.

4.5.2 Projeto B

O Projeto B com duração prevista de 8 semanas esteve sempre abaixo do planejado, vindo a se recuperar somente ao final, e fazendo com que tenha sido entregue na data prevista.

A observação do gráfico da Figura 25 nos permite verificar essa situação, uma vez que o SPI manteve-se abaixo de 1 durante o projeto inteiro, só atingindo o valor 1 na última semana do projeto. A Figura 26 e a Figura 27 mostram a média geral e a média dos 3 últimos períodos para esse projeto, com a média apontando um crescimento gradativo do desempenho, enquanto que a média de 3 períodos apontou a oscilação ocorrida entre a 4ª e a 7ª semanas, em que o projeto esteve próximo de alcançar o desempenho planejado, porém sofreu uma nova queda.

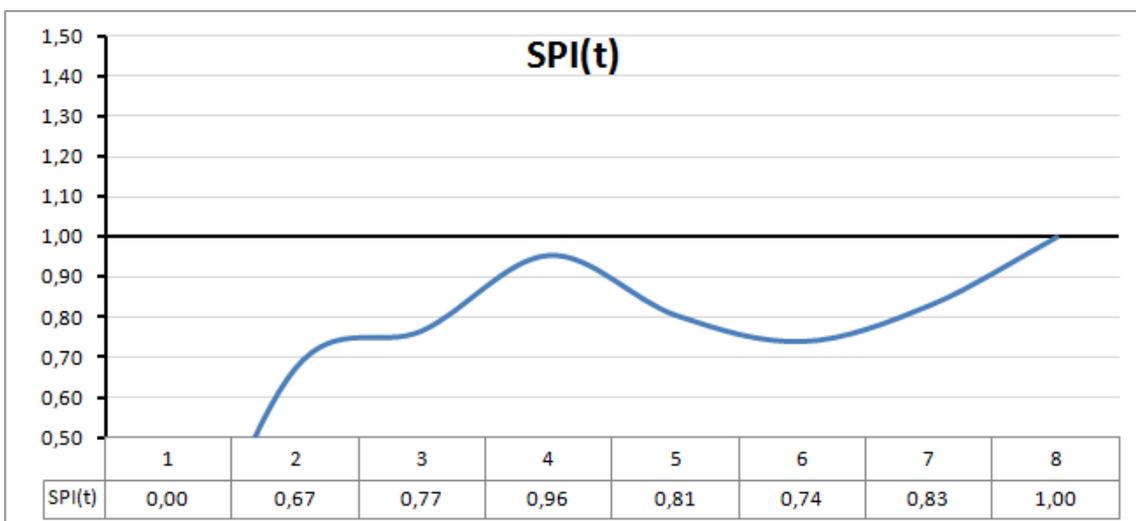


Figura 25 – SPI Projeto B.

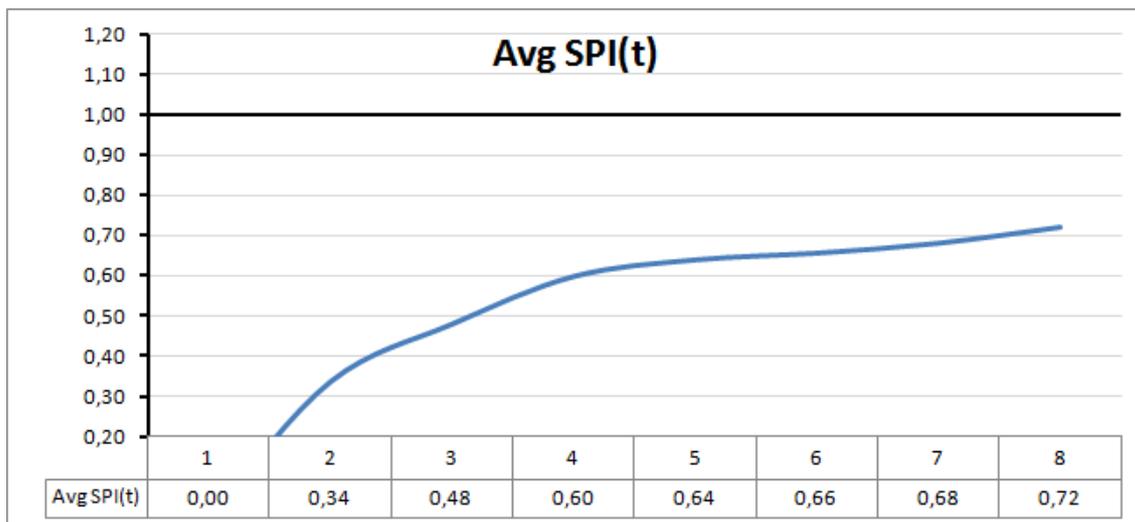


Figura 26 – SPI médio, Projeto B

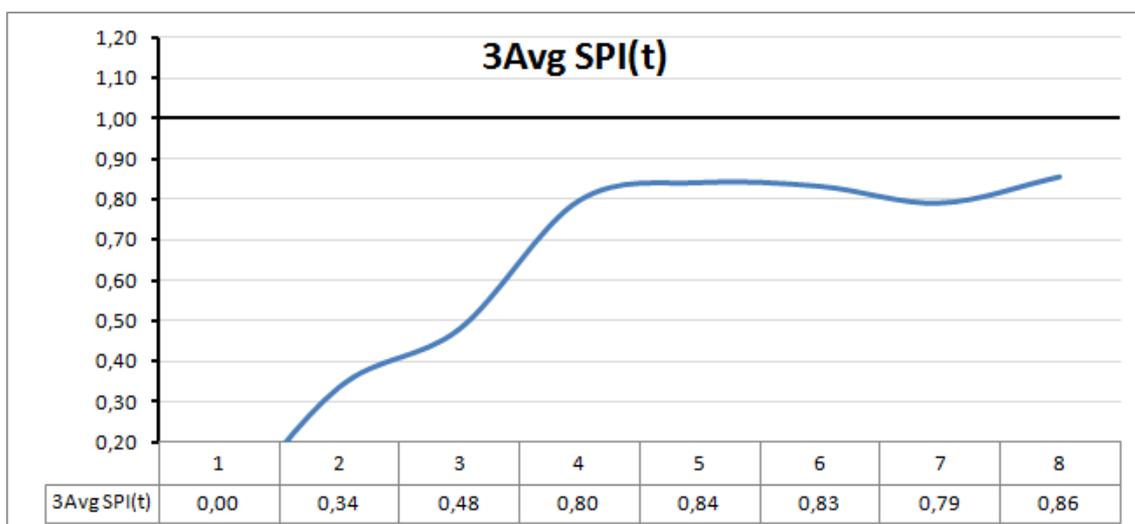


Figura 27 – SPI média de 3 períodos, Projeto B.

4.5.3 Projeto C

Último dos 3 casos reais a ser estudado o Projeto C possuía uma previsão de execução de 8 semanas, porém, sofreu um atraso de 1 semana na sua data de entrega. A Figura 28 mostra o comportamento do SPI, nela podemos ver que o projeto encontrou dificuldades até a 4ª semana, mantendo um SPI abaixo de 0,4, somente a partir da 5ª semana é que o projeto começou a se recuperar. Da mesma maneira a Figura 29 e a Figura 30 apontam esse baixo desempenho no início, seguido da recuperação até o final.

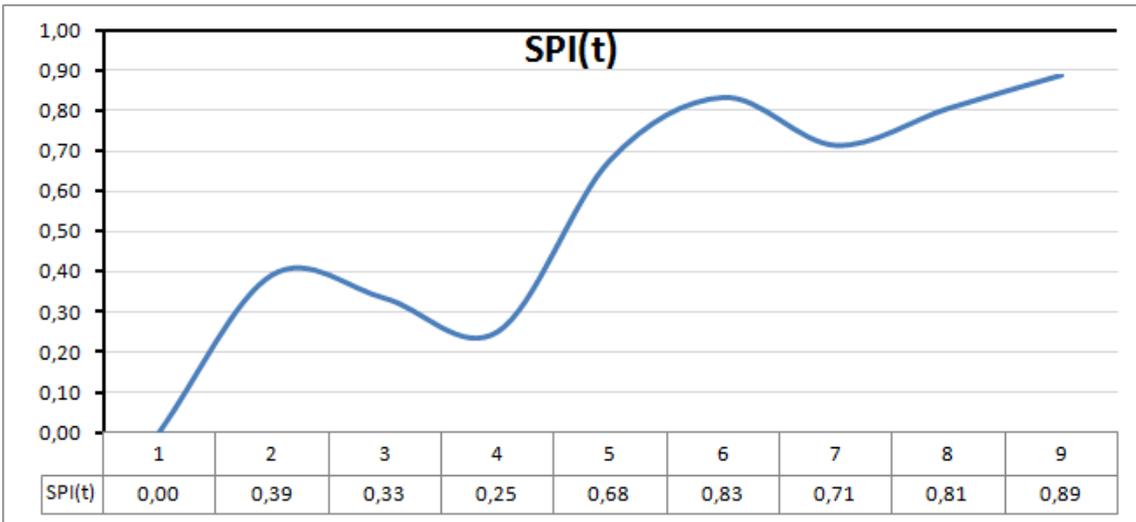


Figura 28 – SPI Projeto C

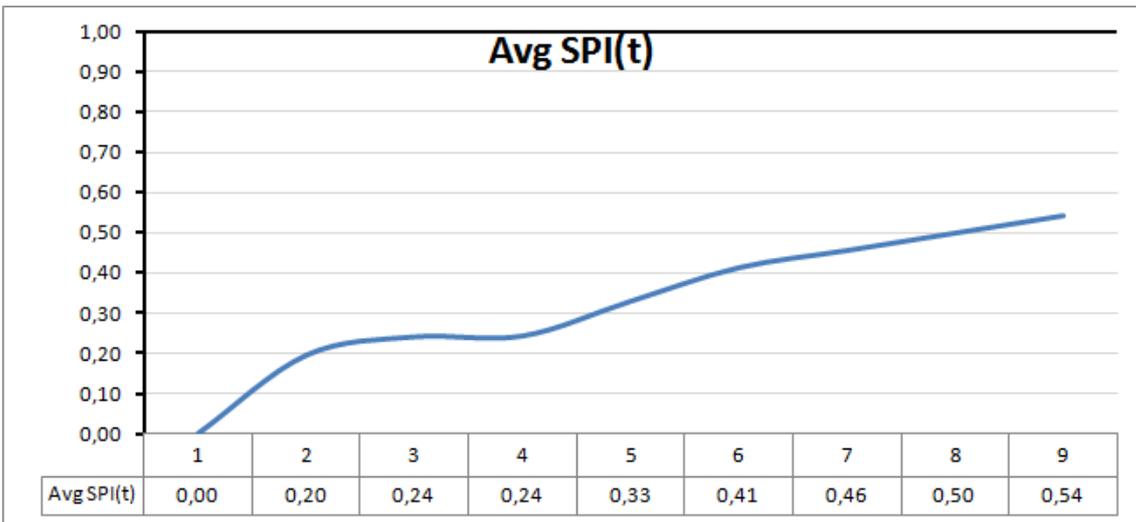


Figura 29 – SPI médio, Projeto C.

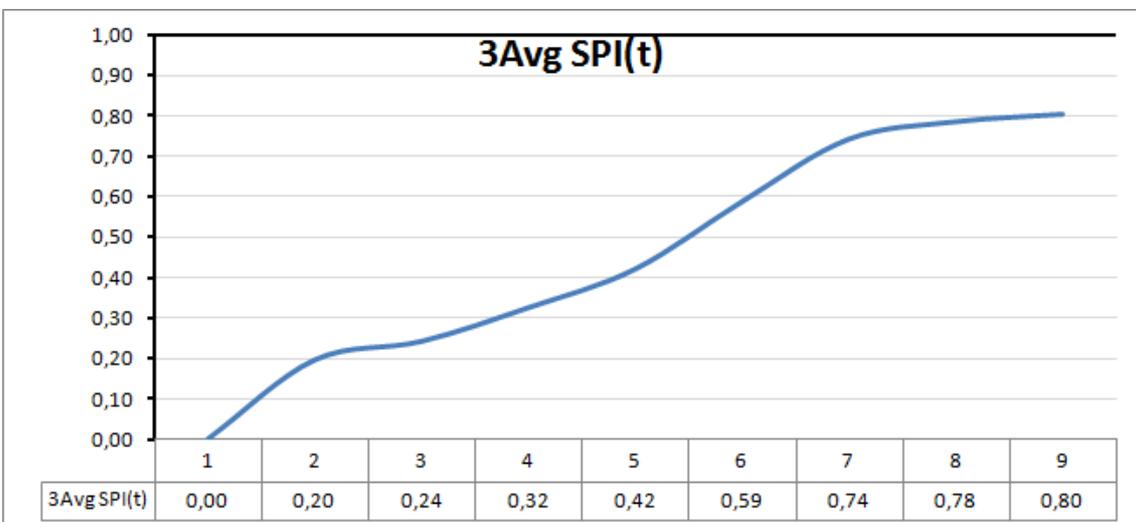


Figura 30 – SPI média de 3 períodos, Projeto C.

4.6 Interpretando os gráficos

Uma vez que o objetivo deste trabalho é fornecer apoio ao gerente, discorreremos sobre a interpretação dos gráficos observados.

O que ficou mais claro durante a execução deste trabalho foi que além do desempenho atual (SPI), também é importante observar-se a direção na qual a curva está se movendo, uma curva descendente do SPI deve ser tomada como um alerta, mas sempre deve ser levada em consideração as médias, especialmente a média móvel, que nesse trabalho foi utilizada a média dos 3 últimos períodos, porém, pode-se variar o número de períodos em função da duração do projeto e do tempo considerado necessário para que uma ação do gerente tenha efeito sobre o andamento do projeto.

Tomemos como exemplo o projeto A estudado: esse projeto iniciou com suas tarefas adiantadas em relação ao planejado, isso certamente foi tomado como um bom sinal pelo gerente, porém pode-se evidenciar uma queda no desempenho, que culminou com um atraso no projeto, uma situação dessas provavelmente só seria vista no momento da coleta das métricas na semana em que ocorreu o atraso. Mas olhando-se para o gráfico gerado ao menos uma semana antes seria possível evidenciar uma tendência de queda, isso daria tempo para que o gerente pudesse ter agido de modo a recuperar essa tendência mantendo o projeto em dia. Ao se olhar isoladamente o índice obtido na 3ª semana (1,11), e até mesmo o índice obtido na 4ª semana (0,99) o sentimento que fica é de que o andamento do projeto está de acordo com o esperado, porém ao verificarmos o gráfico percebemos que existe uma tendência de queda o desempenho da equipe.

Ainda sobre os índices escolhidos: o SPI nos dá uma visão do momento, em termos absolutos essa visão é importante, pois indica em que ponto o projeto se encontra, já a média acumulada do SPI demonstra como foi o caminho até chegar a esse ponto, se houve uma estabilidade no desempenho, se este esteve aumentando ou diminuindo no decorrer do projeto. Já o uso da média dos últimos 3 períodos é útil para verificar-se a eficácia das ações corretivas tomadas pelo gerente no decorrer do projeto, uma vez que com o passar do tempo ela descarta a influência de períodos que porventura tenham sido muito ruins ou muito bons e que influenciam a média geral de desempenho do projeto.

5 CONCLUSÃO

A motivação inicial da escolha desse assunto como tema desta monografia foi o de poder investigar uma técnica que viesse a apoiar o trabalho do gerente de projetos no que diz respeito ao acompanhamento do andamento do projeto, e que ao mesmo tempo não exigisse grandes mudanças na rotina do gerente para que fosse executada.

O modelo escolhido utilizando o EVM se mostrou bastante adequado para o objetivo proposto, sendo um modelo simples de ser implantado e executado. Cabe destacar nesse modelo o uso da técnica de *Earned Schedule*, que trouxe melhorias consideráveis no acompanhamento do cronograma além de estender a capacidade de acompanhamento até após a data de término prevista do projeto.

Como conclusão desse trabalho pode-se dizer que a análise dos gráficos gerados a partir dos indicadores gerados pelo *Earned Value* é uma ferramenta bastante poderosa para auxiliar o gerente no acompanhamento do andamento do projeto, isso se dá principalmente pela facilidade de implantação e de obtenção das métricas, e pela clareza com que apresenta os resultados na forma de gráficos. E também fornece uma clara visão da eficácia das ações corretivas tomadas durante o projeto.

Pode-se dizer também que, assim como na análise técnica, o gerente deve analisar todos os indicadores disponíveis a fim de encontrar aqueles que melhor se adaptam ao seu estilo de gerenciamento e a situação atual do projeto.

5.1 Limitações

Este trabalho limitou-se a acompanhar a etapa de construção do processo de desenvolvimento de software, outras etapas tais como iniciação, planejamento e encerramento não foram incluídas. Também nesse trabalho o foco principal foi o acompanhamento do cronograma e, portanto, não foi feito um acompanhamento do efeito gerado nos gráficos relacionados ao custo, embora se acredite que a ferramenta selecionada permita também esse acompanhamento que é apontado como um trabalho futuro.

5.2 Trabalhos Futuros

Apenas um dos diversos índices gerados pelo EVM foi abordado neste trabalho, porém vários outros também podem ser abordados e estudados. Quais outros índices fornecem uma boa visão do andamento do projeto?

Diversas questões relacionadas ao custo podem ser investigadas. Será que o custo real pode dar a mesma visão para o gerente? É possível estabelecer uma relação entre as variações no cronograma e custo real do projeto?

Outro estudo a ser realizado compreende a análise do impacto das solicitações de mudança no cronograma do projeto, e qual o efeito dessas solicitações nos gráficos obtidos.

Outro trabalho a ser realizado é a integração da técnica com as principais ferramentas de gerência de projeto do mercado e também a implantação da técnica em um ambiente real de desenvolvimento de projetos.

REFERÊNCIAS

- Basili, Victor R., Caldiera, Gianluigi and Rombach, H. Dieter. 1994.** The Goal Question Metric Approach. *Encyclopedia of Software Engineering*. 1994.
- CMMI Product Team. 2006.** *CMMI for Development, Version 1.2*. Pittsburg : Carnegie Mellon University, 2006.
- Corovic, Radenko. 2007.** Why EVM Is Not Good for Schedule Performance Analyses (and how it could be...). *The Measurable News*. Winter 2006-2007, 2007.
- Demeulemeester, Erik, Vanhoucke, Mario and Herroelen, Willy. 2003.** RanGen: A Random Network Generator for Activity-on-the-Node Networks. *Journal of Scheduling*. January-February, 2003, Vol. 6, 1.
- Hecht, Lewis. 2008.** A Case Study of Earned Schedule to Do Predictions. *The Measurable News*. Winter 2007-2008, 2008, Vol. 1.
- Henderson, Kym. 2003.** Earned Schedule: A Breakthrough Extension to Earned Value Theory?, A Retrospective Analysis of Real Project Data. *The Measurable News*. Summer 2003, 2003.
- IEEE Standards Board. 1990.** *IEEE Standard Glossary of Software Engineering Terminology*. New York : The Institute of Eletrical and Eletronics Engineers, 1990. ISBN 1-55937-067-X.
- Janssen, Cory, Langager, Chad and Murphy, Casey.** Technical analysis tutorial. *Investopedia.com*. [Online] [Cited: Junho 09, 2009.]
<http://www.investopedia.com/university/technical/>.
- Kan, Stephen H. 2002.** *Metrics and Models in Software Quality Engineering, Second Edition*. 2a Edição. s.l. : Addison Wesley, 2002. ISBN 0-201-72915-6.
- Lee, David. 2002.** Norden-Raleigh Analysis: A Useful Tool for EVM in Development Projects. *The Measurable News*. March, 2002.
- Lipke, Walt. 2009.** Project Duration Forecasting... a comparison of EVM methods to ES. *The Measurable News*. Spring 2009, 2009, Vol. 2.
- . **2003.** Schedule is Different. *The Measurable News*. March & Summer, 2003.
- Pfleeger, Shari Lawrence and Fenton, Norman E. 1997.** *Software Metrics: A rigorous and practical approach*. Boston : Pws Pub Co., 1997. ISBN 0-534-95425-1.
- Project Management Institute. 2005.** *Practice Standard for Earned Value Management*. Newton Square : Project Management Institute, Inc., 2005. ISBN: 1-930699-42-5.

—. **2004.** *Um guia do conjunto de conhecimentos em gerenciamento de projetos.* 3ª Edição. Newton Square : Project Management Institute Inc., 2004. ISBN: 1-930699-74-3.

Vanhoucke, Mario and Vandevoorde, Stephan. 2008. Measuring the Accuracy of Earned Value / Earned Schedule Forecasting Predictors. *The Measurable News.* Winter 2007-2008, 2008, Vol. 1.

Vanhoucke, Mario and Vandevoorde, Stephan. 2007. A Simulation and Evaluation of Earned Value Metrics to Forecast Project Duration. *Journal of the Operations Research Society.* Outubro 2007, 2007, Vol. 58, 10.

Vanhoucke, Mario, et al. 2008. An evaluation of the adequacy of project network generators with systematically sampled networks. *European Journal of Operational Research.* 2008, Vol. 187, 3.

APÊNDICE A – Ferramenta de geração dos gráficos.

Durante o desenvolvimento deste trabalho foi desenvolvida uma ferramenta para cálculo dos indicadores e geração dos gráficos a serem analisados. Este apêndice apresenta um manual simplificado de utilização desta ferramenta.

Apresentação: a ferramenta desenvolvida apresenta-se na forma de uma planilha habilitada para macros do MS Excel.

Requisitos: para utilização desta planilha é necessária a versão 2007 do MS Excel. É necessário também que a execução de macros seja habilitada para que a geração dos gráficos e tabelas de dados possa ser realizada.

Estrutura: a pasta de trabalho do MS Excel apresenta ao todo oito planilhas: Resumo, Tarefas, Dados, *Earned Value*, *Earned Schedule*, Gráficos – EV, Gráficos – Tempo e Gráficos – Custo.

1. **Resumo** (Figura 31): esta planilha apresenta uma visão geral da situação corrente do projeto, apresentando os valores planejados e previstos para o projeto. Os principais campos dessa planilha são.

	A	B	C	D	E
1	Projeto de teste				
2	Tolerancias				
3	Tolerância Tempo	4,0			
4	Tolerância Custo	R\$ 10.000,00			
5					
6	Planejado				
7	Inicio Planejado	01/10/2009			
8	Termino Planejado	09/12/2009			
9	Orçamento Planejado	R\$ 29.680,00			
10	Periodos Planejados	10,0			
11	Data Limite	06/01/2010			
12					
13	Previsto				
14	Término Previsto	10/12/2009			
15	Orçamento Previsto	R\$ 28.280,00			
16	Periodos Previstos	10,0			
17					

Figura 31 – Planilha Resumo.

- a. **Tolerância Tempo:** valor informado pelo gerente, indicando o número de períodos adicionais considerados aceitáveis para o término do projeto.
- b. **Tolerância Custo:** valor informado pelo gerente que representa o valor de custo adicional tolerável para a execução do projeto.
- c. **Início planejado:** valor calculado é a data prevista de início da execução das tarefas do projeto, esse valor é informado pelo gerente na planilha tarefas.
- d. **Término planejado:** valor calculado é a data prevista para o término das tarefas do projeto, este valor é obtido a partir do andamento das tarefas informado pelo gerente na planilha tarefas.

- e. **Orçamento planejado:** valor calculado é o orçamento previsto para o projeto, calculado como o somatório dos valores previstos para cada atividade do projeto.
 - f. **Períodos planejados:** corresponde ao número de semanas existente entre a data de início do projeto e a data de entrega da última atividade prevista.
 - g. **Data limite:** valor calculado que representa a data prevista de entrega do projeto, acrescida do número de semanas de tolerância informado.
 - h. **Término previsto:** valor calculado obtido adicionando-se a quantidade de períodos previstos à data de início informada para o projeto. Quando essa data for igual a data prevista aparecerá em verde, caso esteja abaixo da data prevista ou entre a data prevista e essa mesma data acrescida do número de períodos de tolerância a data prevista aparecerá em amarelo, caso esteja acima da tolerância aparecerá em vermelho.
 - i. **Orçamento previsto:** valor calculado correspondente ao último valor apontado pelo indicador EAC da planilha *Earned Value*.
 - j. **Períodos previstos:** número de semanas previstas apontadas pelo último valor obtido para o indicador $IEAC_{(t)}$ da planilha *Earned Schedule*.
2. **Tarefas (Figura 32):** esta planilha trás os dados de duração, custo e data de término previsto e realizado para o projeto em andamento, é nela que o gerente informa o andamento das tarefas que é utilizado para o cálculo dos indicadores e geração dos gráficos de acompanhamento. Os principais campos desta planilha são:
- a. **Valor por dia:** valor informado. Esse valor é utilizado para o cálculo do custo de cada tarefa, considerando-se a situação em que os custos são avaliados em termos de dias de trabalho. Esta situação não é obrigatória e pode ser substituída por qualquer que seja o método de controle de custos do projeto.
 - b. **Data de início:** valor informado. Data na qual deve ser iniciada a execução das tarefas do projeto.
 - c. **Data de término:** valor calculado. Esse valor representa a maior data de término informada para as tarefas, seja ela data prevista ou realizada.
 - d. **Referência:** valor calculado. Representa a data que foi utilizada como referência para a geração da tabela de dados, essa data é a maior data informada para a coluna de término realizado das tarefas.

- e. **Semanas:** valor calculado. É o número de semanas decorrido entre a data de início previsto e a data de término prevista ou a última data de término realizada, o que for maior.
- f. **Dia da medida:** valor informado. Dia da semana na qual é realizada a tomada das métricas do projeto, a primeira medida será considerada como sendo o primeiro dia da semana indicado, na semana seguinte à semana da data de inícios do projeto.
- g. **Botão Atualizar Dados:** quando pressionado esse botão dispara o procedimento de cálculo dos dados e geração dos gráficos da planilha.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Valor por dia	R\$ 280,00		Referencia	12/12/2009				
2	Data de Início	01/10/2009		Semanas	10			Atualizar Dados	
3	Data de termino	09/12/2009		Dia da Medida	Segunda				
4		Planejado			Realizado				
5	Tarefa	Duração	Valor	Data	Duração	Valor	Data		
6	Tarefa 13	6	R\$ 1.680,00	08/10/2009	5	R\$ 1.400,00	07/10/2009		
7	Tarefa 04	10	R\$ 2.800,00	14/10/2009	8	R\$ 2.240,00	12/10/2009		
8	Tarefa 02	8	R\$ 2.240,00	12/10/2009	10	R\$ 2.800,00	14/10/2009		
9	Tarefa 21	1	R\$ 280,00	13/10/2009	1	R\$ 280,00	15/10/2009		

Figura 32 – Planilha Tarefas.

3. **Dados** (Figura 33): esta planilha apresenta um resumo dos custos do projeto, agrupados de acordo

	A	B	C	D	E
1	Semana	Planned Value	Actual Cost	Earned Value	
2	03/10/2009	R\$ -	R\$ -	R\$ -	
3	10/10/2009	R\$ 1.680,00	R\$ 1.400,00	R\$ 1.680,00	
4	17/10/2009	R\$ 8.120,00	R\$ 6.720,00	R\$ 7.000,00	
5	24/10/2009	R\$ 10.080,00	R\$ 8.120,00	R\$ 8.120,00	
6	31/10/2009	R\$ 15.960,00	R\$ 11.760,00	R\$ 12.600,00	
7	07/11/2009	R\$ 19.040,00	R\$ 17.080,00	R\$ 17.920,00	

com as datas definidas para recolhimento das métricas.

4. **Earned Value** (Figura 34): esta planilha apresenta o cálculo dos indicadores definidos pela técnica chamada de *Earned Value*.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	Semana	SV	CV	CV%	SPI	CPI	EAC	ETC	TCPI	EAC(t)	VAC	VAC%
2	1	R\$ 0,00	R\$ 0,00		#N/D				1,00	#N/D	#VALOR!	#VALOR!
3	2	R\$ 0,00	R\$ 280,00	-16,7%	1,00	1,20	R\$ 24.733,33	R\$ 23.333,33	0,99	10,00	R\$ 4.946,67	120,0%
4	3	R\$ 1.120,00	R\$ 280,00	-4,0%	0,86	1,04	R\$ 28.492,80	R\$ 21.772,80	0,99	11,60	R\$ 1.187,20	104,2%
5	4	R\$ 1.960,00	R\$ 0,00		0,81	1,00	R\$ 29.680,00	R\$ 21.560,00	1,00	12,41	R\$ 0,00	100,0%

Figura 34 – Planilha Earned Value.

5. **Earned Schedule** (Figura 35): esta planilha apresenta o cálculo dos indicadores definidos pela técnica chamada de *Earned Schedule*.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
1	Semana	Periodos	Anterior	Próximo	ES	Δ ES	SV(t)	SV(t)%	SPI(t)	Δ SPI(t)	Avg SPI(t)	3Avg SPI(t)	TSPI	IEAC(t)	EAC(t)	VAC(t)
2	1	1	R\$ 0,00	R\$ 1.680,00	1,0	1,0	0,0	0,0	1,00	0,00	1,00	1,00	1,00	10,00	10,00	0,0
3	2	2	R\$ 1.680,00	R\$ 8.120,00	2,0	2,0	0,0	0,0	1,00	0,00	1,00	1,00	1,00	10,00	10,00	0,0
4	3	2	R\$ 1.680,00	R\$ 8.120,00	2,8	2,8	-0,2	-0,1	0,94	0,06	0,98	0,98	1,02	10,62	10,62	-0,6

Figura 35 – Planilha Earned Schedule.

6. **Gráficos – EV:** esta planilha apresenta três gráficos, um gráfico de linhas referente ao valor planejado (PV) e o valor agregado ao projeto (EV), um gráfico comparando os

indicadores $EAC_{(t)}$ e $IEAC_{(t)}$, dois indicadores que apontam uma previsão de término do projeto de acordo com o EVM.

- 7. Gráficos – Tempo:** esta planilha apresenta os gráficos utilizados para acompanhamento do desempenho do cronograma durante a execução deste trabalho.
- 8. Gráficos – Custo:** esta planilha apresenta dois dos gráficos de acompanhamento de custos definidos pelo EVM, sendo eles CPI e TCPI.

APÊNDICE B – Utilização da ferramenta de geração dos gráficos

A utilização da planilha de geração dos gráficos é bem simples e consiste basicamente na informação do andamento das tarefas na planilha.

1º. Informar dos valores de tolerância do projeto.

Tais valores representam os valores aceitáveis de desvios dentro do prazo/custo do projeto. Esses valores devem ser informados pelo gerente de projeto na planilha resumo, nos campos Tolerância Tempo e Tolerância Custo e devem ser maiores ou iguais a zero.

2º. Informar parâmetros para cálculo do custo e das datas de medição.

Na planilha tarefas informar o valor por dia (caso opte-se por calcular os custos com base na duração das tarefas), a data de início do projeto, e o dia da semana em que serão realizadas as medidas.

3º. Informar os valores previstos das tarefas.

Ainda na planilha tarefas, na coluna tarefas, informar o nome das tarefas a serem executadas, e no grupo de colunas denominado Planejado informar a duração, o valor e a data de término previstas para cada tarefa, em suas respectivas colunas.

4º. Informar os valores realizados das tarefas

Conforme as tarefas forem sendo finalizadas, informar para cada tarefa concluída a sua duração, valor gasto e data de término real da tarefa, colocando esses valores nas respectivas colunas do grupo Realizado.

5º. Atualizar valores calculados e gráficos

Depois de informados os valores previstos e realizados das tarefas, acionar o botão Atualizar Dados da planilha Tarefas. Esse botão dispara o conjunto de macros que atualiza a planilha Dados e os gráficos das planilhas Gráficos – EV, Gráficos – Tempo e Gráficos – Custo.