

WELLINGTON BENJAMIM CORREIA DURÃES

Arquitetura de um Sistema para Análise de Valor Agregado no
Gerenciamento de Projetos

Dissertação apresentada ao Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT, para obtenção do título de mestre em Engenharia de Computação.

Área de Concentração: Engenharia de Software

Orientador: Prof. Dr. Reginaldo Arakaki

São Paulo

Maior, 2008

Aos meus pais Noé e Graça (*in
memorian*), à minha esposa
Sandra e à pequena Carolina, sem
as quais esta conquista não
valeria a pena.

Agradecimentos

Ao meu orientador Prof. Dr. Reginaldo Arakaki que acreditou no meu trabalho desde suas versões preliminares e que me guiou no difícil caminho de transformar aquela primeira versão neste trabalho aqui apresentado.

Ao meu amigo Rubens Farias, profundo conhecedor de engenharia de software, sem o qual o desenvolvimento do sistema de análise de valor agregado não teria sido possível.

Ao amigo Prof. Dr. Ivanir Costa pelo apoio e incentivo na realização deste trabalho, bem como pelas valiosas colaborações com suas observações sobre o mesmo.

Ao amigo Rogério Queirós que esteve do meu lado em várias das apresentações que fiz sobre o trabalho e que, mesmo sem saber, foi de ajuda inestimável nessas horas.

Aos amigos do Labmed que assistiram mais vezes do que gostariam minhas apresentações no IPT, mas que mesmo assim continuaram me apoiando.

Ao Prof. Dr. Mário Myiake que me cedeu espaço para trabalhar no IPT e finalizar minha dissertação, além de ter colaborado de forma incisiva na melhoria do mesmo com seus comentários.

À minha família, à minha irmã Ana Rita que assistiu minha defesa mesmo sem entender nada e aos meus amigos da Cadmus que sempre me apoiaram.

Resumo

A complexidade dos projetos de *software* faz com que a utilização de ferramentas para o planejamento e controle de projetos seja necessária. Possuir informações a respeito do projeto possibilita ao gerente se antecipar aos problemas e agiliza o processo de tomada de decisões. Nesse contexto, a análise de valor agregado pode ser de grande valia por mostrar ao gerente de projetos, por meio de seus indicadores, a situação corrente do projeto quanto ao andamento de cronograma e utilização de recursos humanos e financeiros, bem como gerar estimativas futuras dos resultados considerando o andamento atual. A dificuldade na obtenção e correta análise desses dados em ferramentas comerciais e sua ausência nas ferramentas livres analisadas, no entanto, dificulta o acesso à informações que podem determinar a situação do projeto e, dessa forma, retarda possíveis ações corretivas. Este trabalho apresenta a criação de um modelo / arquitetura para análise de valor agregado utilizando práticas consagradas do PMI através do PMBOK e padrões de qualidade na geração de produtos de software como a norma NBR ISO/IEC 9126. Essa arquitetura oferece informações como a relação de tarefas que impactam o cronograma (se houver), as tarefas que impactam os custos (se houverem) e o valor que cada tarefa agrega ao projeto. O desenho dessa arquitetura visa auxiliar a implementação de ferramentas que possam complementar as funcionalidades de *softwares* para gerenciamento de projetos com a geração de informações de valor agregado. A documentação da arquitetura é criada seguindo o padrão UML e é disponibilizada na íntegra, juntamente com os códigos executáveis de forma que possa ser estudada, modificada e melhorada. Para o desenvolvimento desse trabalho, após o levantamento dos requisitos são gerados os modelos estáticos e dinâmicos e uma ferramenta de análise de valor agregado é criada e disponibilizada na forma de *Web Service* o que permite seu uso por sistemas que poderão reaproveitar toda a lógica para a análise de valor agregado. Ela é avaliada e são levantados seus pontos fortes e fracos e possíveis trabalhos que complementarão a arquitetura apresentada.

Palavras-chave: Gerenciamento de Projetos, Análise de Valor Agregado, *Gantt Project*, *Dot Project*, *MS Project*, Primavera.

Abstract

The complexity of software projects makes the use of tools for planning and control of projects necessary. Having information about the project enables the manager to anticipate problems and speed up the decision-making process. In this context, earned value analysis can be of great usage to show the project manager, through its indicators, the current situation regarding the progress of the project, timeline and use of human and financial resources, as well as generate estimates of future results taking into consideration the current progress. The difficulty in obtaining this information as well as correctly analyzing it on commercial tools and the absence of such data in the free tools analyzed, hinders access to information that can determine the situation of the project and thus, slow down possible corrective actions. This work presents the development of a model / architecture for earned value analysis using practices established through the PMI PMBOK and quality standards in the generation of software products according to the NBR ISO / IEC 9126 standard. This architecture provides information such as the relationship of tasks that impact the timeline (if any), the tasks that impact costs (if any) and the value of each task aggregated to the project. The architecture design seeks to help the implementation of tools that can supplement the features of software for project management, with the generation of value information. The documentation of the architecture is developed following the UML pattern and is fully available, along with the source code so that it can be studied, modified and improved. For the development of this work, after gathering requirements models, a static and dynamic analysis value tool are generated and made available as a Web service which allows its use by systems that can reuse the entire logic for earned value analysis. Evaluation is preformed and strengths and weaknesses can be studied and possible supplement work be presented.

Keywords: Project Management, Earned Value Analysis, Gantt Project, Dot Project, MS Project, Primavera.

Lista de Ilustrações

Figura 1 – WBS - Estrutura analítica do projeto.....	17
Figura 2 – Curva-S.....	18
Figura 3 – Linha de base do projeto.....	23
Figura 4 – Interações entre os processos (PMI3, 2003).....	25
Figura 5 – Elementos da Análise de valor agregado (adaptado de Vargas, 2002).....	28
Figura 6 – Diagrama de classes conceitual de PV.....	30
Figura 7 – Diagrama de classes conceitual de EV.....	31
Figura 8 – Diagrama de classes conceitual de AC.....	32
Figura 9 – Diagrama de classes conceitual de BAC.....	33
Figura 10 – Diagrama de classes conceitual de SV.....	35
Figura 11 – Diagrama de classes conceitual de SPI.....	36
Figura 12 – Diagrama de classes conceitual de CV.....	37
Figura 13 – Diagrama de classes conceitual de CPI.....	38
Figura 14 – Diagrama de classes conceitual de EAC.....	40
Figura 15 – Diagrama de classes conceitual de VAC.....	41
Figura 16 – Diagrama de classes conceitual de ETC.....	42
Figura 17 – Modelo de qualidade para qualidade interna e externa (ABNT, 2003).....	46
Figura 18 – Modelo de qualidade para qualidade em uso (ABNT, 2003).....	49
Figura 19 – Diagrama de Casos de Uso da Arquitetura.....	58
Figura 20 – Diagrama de Classes.....	61
Figura 21 – Diagrama Seqüência para Importação de Cronograma.....	62
Figura 22 – Organização dos componente e módulos.....	64
Figura 23 – Módulos e componentes implementados.....	68
Figura 24 – Visão de infra-estrutura da solução.....	70
Figura 25 – Tela para acesso via interface de usuário.....	70
Figura 26 – Tela para acesso via Web Service.....	71
Figura 27 – Cronograma do cenário 01.....	72
Figura 28 – Cronograma do cenário 02.....	73
Figura 29 – Ciclo de análise.....	76
Figura 30 – Acessos ao site.....	91

Lista de Tabelas

Tabela 1 – Relacionamento entre os grupos de processos e as áreas de conhecimento relacionados a Análise de valor agregado	22
Tabela 2 – Exemplo de uma PMB	23
Tabela 3 – Restrições dos Projetos	26
Tabela 4 – Mapeamento dos Requisitos frente aos processos do PMBOK	27
Tabela 5 – Progresso do Projeto (Mulcahy, 2002)	29
Tabela 6 – Interpretações sobre as medidas de desempenho de valor agregado.....	34
Tabela 7 – Formas de medição do trabalho realizado.....	43
Tabela 8 – Relação dos casos de uso	58
Tabela 9 – Resultados dos testes do cenário 01 - manual	72
Tabela 10 – Resultados dos testes do cenário 01 – automático.....	72
Tabela 11 – Resultados dos testes do cenário 02 - manual	73
Tabela 12 – Resultados dos testes do cenário 02 - automático	73
Tabela 13 – Listas de Tarefas com problemas	74
Tabela 14 – Tempos de Execução	75
Tabela 15 – Dados do nó <i>Project</i>	85
Tabela 16 – Dados do nó <i>Calendar</i>	85
Tabela 17 – Dados do nó <i>Weekday</i>	85
Tabela 18 – Dados do nó <i>WorkingTime</i>	86
Tabela 19 – Dados do nó <i>TimePeriod</i>	86
Tabela 20 – Dados do nó <i>Task</i>	86
Tabela 21 – Dados do nó <i>Baseline</i>	87
Tabela 22 – Dados do nó <i>Resource</i>	87
Tabela 23 – Dados do nó <i>Assignment</i>	88
Tabela 24 – Duration Format	88
Tabela 25 – Work Format	88
Tabela 26 – WeekDayStart.....	88
Tabela 27 – PredecessorLink	88

Lista de Abreviaturas e Siglas

AC	<i>Actual Cost</i>
ACWP	<i>Actual cost of Work Performed</i>
ANSI	<i>American National Standards Institute</i>
BAC	<i>Budget at Completion</i>
BCWP	<i>Budgeted Cost of Work Performed</i>
BCWS	<i>Budgeted Cost of Work Scheduled</i>
C/SCSC	<i>Cost Schedule Control System Criteria</i>
COM+	<i>Component Object Model</i>
Contecsi	Congresso de tecnologia e sistemas de informação
CPI	<i>Cost Performance Index</i>
CPM	<i>Critical Path Method</i>
CV	<i>Cost Variance</i>
DAO	<i>Data Access Object</i>
EAC	<i>Estimate at Completion</i>
EIA	<i>Electronic Industries Association</i>
ETC	<i>Estimate to Complete</i>
EV	<i>Earned Value</i>
EVA	<i>Earned Value Analysis</i>
EVMS	<i>Earned Value Management System</i>
HTML	<i>Hyper Text Markup Language</i>
HTTP	<i>hyper text transfer protocol</i>
IIS	<i>Internet Information Server</i>
ISO	<i>International Standard Organization</i>
MS	Microsoft
NSIA	<i>National Security Industrial Association</i>
PMB	<i>Project Management Baseline</i>
PMBOK	<i>Project Management Body of Knowledge</i>
PMI	<i>Project Management Institute</i>
PV	<i>Planned Value</i>
RF	Requisito Funcional
RNF	Requisito Não Funcional
SOA	<i>Services Oriented Architecture</i>
SPI	<i>Schedule Performance Index</i>
SV	<i>Scheduled Variance</i>
TI	Tecnologia da Informação
UC	<i>Use Case</i>
UML	<i>Unified Modeling Language</i>
VAC	<i>Variance at Completion</i>
WBS	<i>Work Breakdown Structure</i>
XML	<i>Extensible Markup Language</i>
XSLT	<i>Extensible Stylesheet Language Transformations</i>

Sumário

1	Introdução	11
1.1	Motivação	11
1.2	Objetivo	11
1.3	Resultados esperados e Contribuições.....	12
1.4	Metodologia do Trabalho	12
1.5	Organização do Trabalho.....	13
2	Revisão Bibliográfica	14
2.1	Introdução	14
2.2	Projetos e a Atividade gerencial.....	14
2.3	O Instituto de Gerenciamento de Projetos - PMI.....	15
2.3.1	Áreas de Conhecimento do PMBOK	15
2.3.2	Grupos de Processos do PMBOK	21
2.4	Análise de valor agregado	25
2.4.1	Histórico da Análise de valor agregado.....	25
2.4.2	Conceitos de Análise de valor agregado.....	26
2.4.3	Elementos da análise de valor agregado.....	26
2.4.4	Técnicas para medição do trabalho realizado	42
2.5	Ferramentas para gerenciamento de projetos.....	44
2.6	Arquitetura de Software.....	44
2.7	Norma NBR ISO/IEC 9126	45
2.7.1	Modelo de qualidade para qualidade interna e externa	46
2.7.2	Modelo de qualidade para qualidade em uso.....	49
2.8	Conceitos de UML	49
2.8.1	Requisitos	50
2.8.2	Casos de Uso.....	50
2.8.3	Diagramas de Classe e de Seqüência	50
2.9	Fatores de mudança com a implantação da análise de valor agregado	50
2.10	Conclusão	51
3	Arquitetura da ferramenta para análise de valor agregado	53
3.1	Introdução	53
3.2	Modelagem Utilizada na Arquitetura	53
3.3	Requisitos de uma Arquitetura.....	53
3.3.1	Requisitos Funcionais.....	54
3.3.2	Requisitos Não Funcionais	56
3.3.3	Casos de Uso da Arquitetura	57
3.4	A lógica computacional do processo de negócio	59
3.5	Fluxos de Informação.....	60
3.5.1	Definição da Interface de Entrada e Saída de Dados	62
3.6	Possíveis Cenários de Implementação.....	63
3.7	Consolidação das Visões Arquiteturais	64
3.8	Conclusão	65
4	Implementação de um sistema para análise de valor agregado	66
4.1	Introdução	66
4.2	Cenários implementados.....	66
4.2.1	Camada de Apresentação.....	66
4.2.2	Camada de Análise.....	67
4.3	Visão de infra-estrutura	69

4.4	Utilização da Ferramenta.....	70
4.5	Interpretação dos dados do relatório	71
4.6	Testes efetuados	71
4.6.1	Cenário 1.....	71
4.6.2	Cenário 2.....	73
4.6.3	Demais cenários avaliados.....	74
4.7	Considerações sobre o desempenho da ferramenta.....	74
4.8	Conclusão	75
5	Conclusões	76
5.1	Ciclo de análise	76
5.2	Indicadores do trabalho	77
5.3	Possíveis utilizações práticas para a ferramenta	77
5.4	Restrições conhecidas.....	77
5.5	Recomendações e trabalho futuros.....	78
6	Referências Bibliográficas.....	79
	Anexo A – Ferramentas Avaliadas	82
	Anexo B – Formato do arquivo padrão XML IPT	83
	Anexo C – Interpretação dos dados do relatório	89
	Anexo D – Implementação do sistema	91
	Anexo E – Documentação do sistema (encarte).....	91

Introdução

1.1 Motivação

A complexidade dos projetos de *software* faz com que sejam necessárias ferramentas de auxílio ao gerente de projetos para o planejamento e controle das atividades a serem desenvolvidas (Fox; Spence, 2005; Oliveira, 2003; Vargas, 2004). A rapidez na obtenção de informações sobre a situação do projeto pode ajudar o gerente de projetos a identificar problemas mais cedo e fazer os ajustes necessários para manter o projeto dentro do custo e do prazo ou, pelo menos, minimizar o impacto de possíveis problemas.

Neste cenário, a análise de valor agregado (Heldman, 2003; Bezerra; Filho 2005; Barros, 2006) é indicada pelo PMI (*Project Management Institute*) como ferramenta para análise do desempenho através da medição precisa do trabalho realizado contra o planejamento.

Uma pesquisa da KPMG (2005) que contou com a participação de mais de 600 empresas em 22 países apontou, além de um crescimento da complexidade dos projetos (em comparação com pesquisa anterior), um percentual de 49% de entrevistados que apontaram haver vivenciado pelo menos um projeto que terminou em falha no último ano. Dentre as conclusões deste trabalho, é apontado o uso de conceitos de governança de TI (Tecnologia da Informação) como a disponibilização de informações sobre o desempenho de projetos, que pode ser atendido pela análise de valor agregado.

Outra pesquisa conduzida por Besner e Hobbs (2004) com 753 respondentes, a maioria sendo membros do PMI, indicou que 50% dos entrevistados não utilizavam a análise de valor agregado e que 20% usavam pouco ou muito pouco esta técnica. Em artigo posterior (2006) os mesmos autores fizeram uma análise destes resultados destacando que, dentre as técnicas apresentadas, uma das que tem maior potencial entre as menos utilizadas é a análise de valor agregado.

Em seu trabalho, Mendes (2006) correlaciona o uso da análise de valor agregado, mais especificamente um de seus indicadores, o CPI (*cost performance index*) com o conceito de eficiência termodinâmica concluindo que o mesmo provê uma correta medida de eficiência no gerenciamento de projetos.

Considerando a oportunidade de melhoria nos processos gerenciais com a utilização da análise de valor agregado, foram pesquisadas algumas ferramentas livres e comerciais para gerenciamento de projetos. Dentre as características que podem justificar a baixa utilização da análise de valor agregado estão o custo das ferramentas comerciais, a limitação funcional imposta, seja pela impossibilidade de acesso ao código fonte, seja pela ausência das funcionalidades desejadas (vide anexo A – ferramentas avaliadas), bem como a falta de cultura de gestão utilizando as informações de análise de valor agregado.

1.2 Objetivo

O objetivo deste trabalho é a apresentar uma especificação arquitetural de um sistema aberto para análise de valor agregado e o mapeamento destes conceitos como requisitos

de um sistema utilizando práticas consagradas do PMI através do PMBOK (*Project Management Body of Knowledge*) e padrões de qualidade na geração de produtos de software como a norma NBR ISO/IEC 9126 (2003).

1.3 Resultados esperados e Contribuições

Esta especificação arquitetural é implementada sob a forma de um portal para prestação de serviços, visando auxiliar gerentes de projetos com o fornecimento de informações de valor agregado mediante o envio de um cronograma (dados do projeto). O desenho da arquitetura tem como foco complementar as funcionalidades de *softwares* para gerenciamento de projetos com a geração de informações de valor agregado.

A utilização de *Web Services* permite seu acesso por aplicativos que gerem arquivos em um formato padronizado e possibilita a utilização do conceito de composição de serviços (ERL, 2005) para que sistemas externos possam reaproveitar toda a lógica para a análise de valor agregado.

A documentação da ferramenta é criada seguindo o padrão UML (*Unified Modeling Language*) e é disponibilizada na íntegra, juntamente com o código fonte de forma que possa ser estudada, modificada e melhorada.

1.4 Metodologia do Trabalho

Esse trabalho é dividido nos seguintes passos: estudo da literatura, detalhamento dos requisitos e casos de uso, concepção da arquitetura da solução, desenvolvimento da ferramenta e utilização experimental.

Estudo da literatura: Nesse passo é realizado um resumo dos materiais de referência utilizados no restante do trabalho. São abordados o gerenciamento de projetos, as boas práticas do PMBOK, *Practice Standard for Earned Value Management* e a terceira edição do livro *Earned Value Project Management* todos editados pelo PMI, além da norma NBR ISO/IEC 9126 que trata dos requisitos não funcionais atendidos pela arquitetura.

Detalhamento dos requisitos e casos de uso: Nesse passo os requisitos funcionais (RF) e requisitos não funcionais (RNF) são detalhados de forma que deles derivem os casos de uso da arquitetura. Os casos de uso por sua vez, serão também detalhados.

Concepção da arquitetura da solução: A partir dos modelos de projeto e análise serão definidas as classes necessárias à arquitetura e os casos de uso serão realizados frente a essa estrutura de classes para validar o modelo.

O resultado desse passo é a documentação em UML de requisitos, casos de uso, classes e modelo físico (realização) dos casos de uso da arquitetura proposta.

Utilização experimental: Após a definição da arquitetura, é criado um projeto piloto que implemente as funcionalidades da arquitetura para análise de valor agregado, sua implantação em ambiente Web para que seja avaliada frente aos requisitos funcionais e não funcionais e disponibilizada à comunidade.

Finalmente, são apresentados os resultados dos testes realizados e é feita uma avaliação sobre os resultados obtidos e uma análise dos pontos fortes e fracos da arquitetura proposta.

1.5 Organização do Trabalho

O capítulo 1, introdução, apresenta a motivação, objetivos, resultados esperados e a metodologia empregada no trabalho.

O capítulo 2, revisão bibliográfica, apresenta os principais conceitos de análise de valor agregado, seu histórico e sua utilização, conceitos de gerenciamento de projetos, da norma de qualidade e de arquitetura de software utilizados nesse trabalho.

No capítulo 3, arquitetura da ferramenta para análise de valor agregado, são apresentadas as bases da arquitetura na forma de requisitos funcionais e não funcionais, os caso de uso que foram derivados de tais requisitos, o modelo de projeto e o modelo de análise que geram as classes da arquitetura bem como as interfaces de entrada e saída. Além disso, traz alguns dos possíveis cenários de implementação, bem como a consolidação das visões arquiteturais apresentadas.

O Capítulo 4, implementação da arquitetura para análise de valor agregado, exemplifica a utilização prática dos conceitos apresentados com a criação de uma versão funcional do mecanismo de análise de valor agregado. Traz informações a respeito da implementação da ferramenta, da visão de camadas, de distribuição, detalha os dados do relatório, dos testes efetuados e das considerações acerca da experiência de uso.

O Capítulo 5, conclusões, traz as conclusões a respeito da implementação e do uso das funcionalidades da arquitetura implementadas como ferramenta, de suas possíveis utilizações, informações acerca do uso da mesma na internet gerando seus pontos fortes, fracos e limitações, além das possibilidades de novos estudos baseados nesse trabalho.

2 Revisão Bibliográfica

2.1 Introdução

Esse capítulo apresenta o histórico e os conceitos utilizados sobre análise de valor agregado e discute sua função no auxílio ao gerente de projetos. As siglas apresentadas ao longo desse capítulo serão mantidas em inglês para facilitar sua associação aos demais materiais de estudo e a literatura existente.

Além da análise de valor agregado, são discutidos os princípios de gerenciamento de projetos com base no PMBOK e os requisitos não funcionais baseados na norma de qualidade NBR ISO/IEC 9126 e incorporados na arquitetura do sistema, bem como os conceitos de UML utilizados em sua documentação e conceitos de arquitetura de software.

2.2 Projetos e a Atividade gerencial

De acordo com Dinsmore (2006) projetos envolvem mudanças (a criação de algo novo ou diferente) e tem começo e fim. O PMBOK (PMI3, 2003) define projeto como sendo um empreendimento temporário com o objetivo de criar um produto ou serviço único. Esta definição, embora clara para gerentes de projetos pode não ser suficiente para que outros façam uma clara distinção entre projetos e outros empreendimentos. Algumas características adicionais de projetos se fazem então necessárias:

- **Projetos são empreendimentos que resultam em um produto ou serviço único.** A instalação de uma linha de montagem de veículos, desde sua concepção e envolvendo todas as fases necessárias à sua conclusão fazem parte de um projeto. Para que essa linha passe à produção dos veículos, o projeto deve ser encerrado dando início a uma operação continuada.
- **Os projetos são compostos de tarefas interdependentes.** Projetos são compostos de atividades que, por sua vez, possuem um início e um fim. As tarefas possuem relacionamentos entre si que podem ser de quatro tipos diferentes (início a início, início a término, término a início e término a término) e, uma vez definidos, dificilmente podem ser violados. Alguns destes relacionamentos podem ter, ainda, dependências a eventos externos como o recebimento de materiais de um fornecedor, por exemplo.
- **Projetos são guiados pelo trio de restrições** que representam o balanceamento de tempo, custo (pessoas ou recursos materiais) e escopo. Há pelo menos uma dessas restrições guiando cada projeto e diferentes projetos podem ser guiados por restrições diferentes dependendo da ênfase dada pela gerência.

O gerenciamento de projetos (PMI3, 2003) é a aplicação de conhecimento, habilidades, ferramentas e técnicas às atividades do projeto a fim de atender aos seus requisitos. O gerenciamento de projetos é realizado através da aplicação e da integração dos seguintes processos de gerenciamento de projetos: iniciação, planejamento, execução, monitoramento e controle, e encerramento.

O gerente de projetos é a pessoa responsável pela realização dos objetivos do projeto e a atividade gerencial (Dinsmore, 2006) envolve o planejamento, a tomada de decisões e o controle das múltiplas atividades envolvidas no projeto.

Especificamente no caso de projetos de software, Maqsood e Javed (2007) apontam características que os distinguem, por exemplo, de projetos de construção civil, por exemplo. Isso ocorre porque o gerenciamento de projetos de software envolve o conhecimento sobre o domínio do negócio para o qual o software está sendo construído (que pode mudar a cada projeto, ao contrário da construção civil), o conhecimento técnico que deve evoluir conforme as técnicas, ferramentas e linguagens também evoluem e, finalmente, há a necessidade de interação com pessoas dos mais diferentes ramos de negócio.

2.3 O Instituto de Gerenciamento de Projetos - PMI

O Instituto de Gerenciamento de Projetos foi fundado em 1969, é tido como um desenvolvedor de padrões do ANSI (*American National Standards Institute*) além de ter sido a primeira organização a ter seu programa de certificação reconhecido pela ISO (*International Organization for Standardization*) 9001. É líder em práticas de gerenciamento de projetos (Heldman, 2003), sendo a organização e certificação mais conhecida do setor.

O PMI (PMI3, 2003) é responsável pela publicação e atualização constante do PMBOK que é um compêndio de boas práticas e a soma do conhecimento na profissão de gerente de projetos. Assim como em outras profissões, o corpo de conhecimento pertence aos profissionais e acadêmicos que o aplicam e o desenvolvem. O PMBOK inclui as práticas tradicionais amplamente aplicadas, bem como práticas inovadoras que estão surgindo na profissão incluindo material publicado e não publicado, dessa forma o PMBOK está em constante evolução. Apesar de o PMBOK ser indicado para o gerenciamento de qualquer tipo de projeto, ele vem sendo cada vez mais usado no gerenciamento de projeto de software (Almeida, 2004).

2.3.1 Áreas de Conhecimento do PMBOK

O PMBOK organiza seus 44 processos de gerenciamento de projetos em 09 áreas de conhecimento: integração, escopo, tempo, custo, qualidade, riscos, comunicações, recursos humanos e aquisições.

A seguir são apresentadas as áreas de conhecimento e, para cada área, os processos que estão relacionados com a análise de valor agregado e que foram utilizados no desenvolvimento deste trabalho.

2.3.1.1 Integração

A gerência da integração do projeto inclui os processos e atividades necessárias para assegurar que os elementos do projeto estão sendo adequadamente coordenados (PMI3, 2003). Esta área de conhecimento envolve os seguintes processos:

- Desenvolvimento do plano do projeto
- Execução do plano do projeto
- Controle geral de mudanças

Processo 4.4 – Dirigir e Gerenciar a Execução do Projeto

De acordo com o PMBOK esse processo está diretamente relacionado com o esforço do gerente do projeto e de sua equipe na realização das diversas tarefas necessárias para atender ao escopo definido para o projeto.

Dentre essas atividades, as que mais interessam ao escopo deste trabalho são as relacionadas ao uso de recursos e a coleta de dados sobre o projeto, que gerarão uma saída desse processo chamada de informação de desempenho do trabalho.

Essa saída representa as informações sobre a situação das atividades realizadas do projeto que são colhidas rotineiramente como parte da execução do projeto e é composta de:

- Progresso do cronograma mostrando informações da situação das tarefas;
- Atividades planejadas que se iniciaram e as que estão completas;
- Percentual físico do andamento das tarefas programadas.

2.3.1.2 Escopo

O gerenciamento do escopo do projeto inclui os processos necessários para garantir que o projeto inclua todo o trabalho necessário, e somente ele, para terminar o projeto com sucesso (PMI3, 2003). Esta área de conhecimento envolve os seguintes processos:

- Planejamento do escopo
- Detalhamento do escopo
- Verificação do escopo
- Controle de mudanças do escopo

Processo 5.3 – Criar a WBS ou *Work Breakdown Structure* (Estrutura analítica do projeto)

De acordo com o PMBOK esse processo envolve a criação de uma WBS por meio da divisão do escopo do projeto em pacotes de trabalho menores e mais facilmente gerenciáveis. Algumas das saídas desse processo são particularmente interessantes no que diz respeito à análise de valor agregado: WBS e linha de base do escopo

A WBS define o trabalho a ser realizado e, assim, informações referentes ao cronograma e seu andamento dependem diretamente da WBS e do cronograma do projeto, bem como do valor que será agregado ao mesmo.

Conforme ilustra a figura 1, o WBS organiza e define o escopo total do projeto. Cada nível descendente representa um detalhamento maior na descrição dos elementos do projeto. O nível mais baixo do WBS é chamado de pacote de trabalho.

Os itens da WBS são descritos em um dicionário WBS que inclui as descrições dos pacotes de trabalho, e as demais informações de planejamento como prazos, orçamento e recursos alocados para as tarefas.

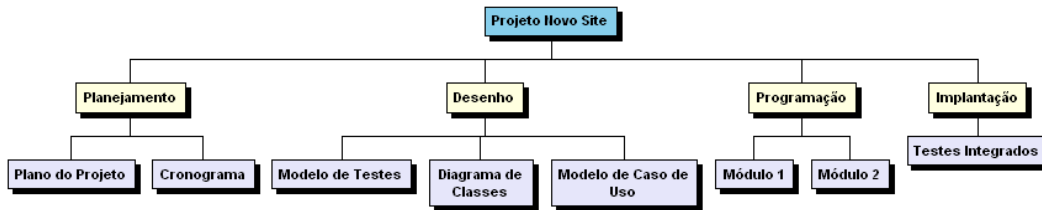


Figura 1 – WBS - Estrutura analítica do projeto.

A WBS, o dicionário WBS e a declaração do escopo aprovada constituem a linha de base do projeto, que representa o planejamento a ser seguido pelo gerente de projetos. O andamento do projeto é verificado comparando os resultados alcançados contra o planejamento realizado (linha de base).

2.3.1.3 Tempo

O gerenciamento de tempo do projeto inclui os processos necessários para realizar o término do projeto no prazo (PMI3, 2003). Esta área de conhecimento envolve os seguintes processos:

- Definição das atividades
- Seqüenciamento das atividades
- Estimativa de duração das atividades
- Desenvolvimento do cronograma
- Controle do cronograma

Processo 6.6 – Controle do Cronograma

De acordo com o PMBOK esse processo se ocupa basicamente de:

- Determinar a situação atual do cronograma do projeto;
- Determinar se o cronograma mudou.

Uma de suas ferramentas e técnicas, além de uma de suas saídas, envolve a medida de desempenho dos prazos projeto visando a produção do SPI (*Schedule Performance Index*) e da SV (*Schedule Variance*) que serão utilizados para verificar a magnitude de qualquer variação que ocorra.

Ainda de acordo com o PMBOK, uma parte importante do controle do cronograma é decidir se o desvio indicado necessita de uma ação corretiva, pois pequenos desvios em tarefas no caminho crítico podem requer ações imediatas enquanto que desvios maiores em tarefas que não estão no caminho crítico podem ter pouco ou nenhum efeito no cronograma como um todo.

É importante destacar que, de acordo com Flemming e Kopelman (2005), a análise de valor agregado não considera o método do caminho crítico – CPM (*Critical Path Method*), no entanto ressalta a necessidade de se ter um sistema de controle das tarefas / cronograma que possua essa característica.

2.3.1.4 Custo

O gerenciamento de custos do projeto inclui os processos envolvidos em planejamento, estimativa, orçamentação e controle de custos, de modo que seja possível terminar o projeto dentro do orçamento aprovado (PMI3, 2003). Esta área de conhecimento envolve os seguintes processos:

- Planejamento dos recursos
- Estimativa dos custos
- Orçamentação dos custos
- Controle dos custos

Processo 7.1 – Estimativas de Custos

De acordo com o PMBOK esse processo envolve desenvolver uma aproximação dos custos necessários para completar cada tarefa do cronograma. Este processo inclui a avaliação dos riscos e de suas alternativas.

As estimativas de custos incluem todos os itens que consumirão recursos financeiros do projeto. Esses itens incluem: mão de obra, materiais consumíveis, equipamentos, serviços e instalações físicas além de reservas especiais de contingência.

Uma das saídas desse processo é a estimativa de custo das atividades, que representa todos os custos do projeto e que será a base para o cálculo de indicadores que necessitam do valor total previsto para o projeto.

Processo 7.2 – Orçamentação dos Custos

De acordo com o PMBOK esse processo envolve a apropriação dos custos em cada tarefa do cronograma e de cada pacote de trabalho da WBS de forma a estabelecer uma linha de base de custo para a medida de desempenho projeto.

Sua principal saída, no que diz respeito a análise de valor agregado, é a linha de base de custo contra a qual são realizadas as medidas, monitoração e controle geral do desempenho do custo do projeto. Essa linha de base informa, através de uma curva-S, o total a ser consumido pelo projeto na linha do tempo, conforme ilustra a figura 2.

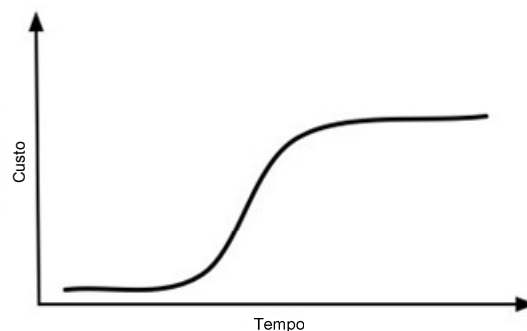


Figura 2 – Curva-S.

De acordo com o PMBOK (PMI3, 2003) uma curva-S é a representação gráfica dos custos cumulativos, horas de mão-de-obra, percentual de trabalho ou outras quantidades, indicando sua evolução no tempo. O nome se origina do formato parecido com um S da curva (mais plana no início e no final e mais inclinada no centro) gerada para representar um projeto que começa lentamente, torna-se mais veloz e em seguida diminui o ritmo.

Processo 7.3 – Controle dos Custos

De acordo com o PMBOK esse processo inclui, dentre outros passos:

- Garantir que custos extras em potencial não ultrapassem o limite aprovado na linha de base de custos;
- Monitorar o desempenho do custo, detectar e entender as variações na linha de base de custos.

O processo onde a análise de valor agregado é mais amplamente utilizada em todo o PMBOK é o controle de custos. Dentre suas ferramentas e técnicas destacam-se:

Análise e Medida de Desempenho: as técnicas de medida de desempenho auxiliam na determinação de qualquer variação que venha a ocorrer no projeto. A análise de valor agregado compara o valor acumulado do trabalho realizado contra o valor alocado originalmente (linha de base / planejado) e também o valor gasto de fato.

Previsões futuras: As previsões futuras são realizadas com base nas informações e conhecimento disponíveis no momento da previsão. Essas informações são continuamente atualizadas e fornecem uma indicação de onde podem ocorrer problemas futuros nos projetos baseadas na grande probabilidade de que o desempenho atual do projeto continuará o mesmo.

Além dessas técnicas, algumas das saídas do processo de controle de custos estão diretamente ligadas à análise de valor agregado:

- Atualizações na linha de base de custos: as atualizações aprovadas na linha de base de custos devem ser consideradas para as próximas avaliações de desempenho do projeto.
- Medidas de desempenho: as medidas de desempenho de custo incluem o cálculo de CV (*Cost Variance*) e CPI.
- Análise das previsões de futuro: referem-se as previsões como EAC (*Estimate at Completion*) e ETC (*Estimate to Complete*).

2.3.1.5 Qualidade

Os processos de gerenciamento da qualidade do projeto incluem todas as atividades da organização executora que determinam as responsabilidades, os objetivos e as políticas de qualidade, de modo que o projeto atenda às necessidades que motivaram sua realização (PMI3, 2003). Esta área de conhecimento envolve os seguintes processos:

- Planejamento da qualidade
- Garantia da qualidade

- Controle da qualidade

2.3.1.6 Recursos Humanos

O gerenciamento de recursos humanos do projeto inclui os processos que organizam e gerenciam a equipe do projeto (PMI3, 2003). Esta área de conhecimento envolve os seguintes processos:

- Planejamento organizacional
- Montagem da equipe
- Desenvolvimento da equipe

2.3.1.7 Comunicação

O gerenciamento das comunicações do projeto é a área de conhecimento que emprega os processos necessários para garantir a geração, coleta, distribuição, armazenamento, recuperação e destinação final das informações sobre o projeto de forma oportuna e adequada (PMI3, 2003). Esta área de conhecimento envolve os seguintes processos:

- Planejamento das comunicações
- Distribuição das informações
- Relato de desempenho
- Encerramento administrativo

Processo 10.3 – Relatórios de Desempenho

De acordo com o PMBOK esse processo envolve o agrupamento de todas as informações referentes ao projeto e sua distribuição a todas as partes envolvidas. De forma geral, essas informações refletem a forma sobre como os recursos estão sendo utilizados para alcançar os objetivos do projeto.

Várias das entradas desse processo estão envolvidas com o contexto de análise de valor agregado desse trabalho, sendo elas:

- Medidas de desempenho;
- Previsões do projeto;
- Linha de base de desempenho do projeto.

A saída mais relevante desse processo é o relatório de desempenho que traz, basicamente, informações a respeito de análise de valor agregado em diferentes níveis de informação de acordo com as partes envolvidas. Tais informações podem ser apresentadas na forma de Curva-S, histogramas e tabelas.

Um outro fator a se considerar nesse caso é que, conforme apontado no trabalho de Keil (KEIL et.al, 2004; Ferraz, 2004), a comunicação precisa no decorrer dos projetos é de grande importância e a relutância na divulgação de más notícias no que diz respeito ao andamento do projeto agrava ainda mais a situação do mesmo. A arquitetura proposta nesse trabalho facilita também a divulgação do andamento do projeto, eliminando a interferência humana na obtenção ou divulgação dos resultados.

2.3.1.8 Riscos

O gerenciamento de riscos do projeto inclui os processos que tratam da realização de identificação, análise, respostas, monitoramento e controle e planejamento do gerenciamento de riscos em um projeto; a maioria desses processos é atualizada durante todo o projeto (PMI3, 2003). Esta área de conhecimento envolve os seguintes processos:

- Identificação dos riscos
- Quantificação dos riscos
- Desenvolvimento de respostas aos riscos
- Controle das respostas aos riscos

2.3.1.9 Aquisições

O gerenciamento de aquisições do projeto inclui os processos para comprar ou adquirir os produtos, serviços ou resultados necessários de fora da equipe do projeto para realizar o trabalho (PMI3, 2003). Esta área de conhecimento envolve os seguintes processos:

- Planejamento das aquisições
- Preparação das aquisições
- Obtenção de propostas
- Seleção de fornecedores
- Administração de contratos
- Encerramento de contrato

2.3.2 Grupos de Processos do PMBOK

De acordo com o PMBOK (PMI3, 2003) existem cinco grupos de processos para gerenciamento necessários aos projetos. Tais grupos têm uma forte interdependência e são independentes do foco das áreas de aplicação. São eles:

- **Grupo de processos de iniciação:** definem e autorizam o projeto ou uma fase do projeto.
- **Grupo de processos de planejamento:** definem e refinam os objetivos e planos de ação.
- **Grupo de processos de execução:** integram pessoas e outros recursos necessários ao seguimento do plano do projeto.
- **Grupo de processos de controle:** medem regularmente e monitoram o progresso visando identificar variações de forma a identificar a necessidade de tomar medidas corretivas para alcançar os objetivos do projeto.
- **Grupo de processos de encerramento:** formalizam a aceitação do produto, serviço ou resultados e leva o projeto a um final ordenado.

No tocante aos requisitos necessários para a análise de valor agregado há uma maior concentração nos grupos de processos de planejamento e controle. Como se pode notar na tabela 1, existem processos relacionados nos grupos de planejamento, execução e controle.

Tabela 1 – Relacionamento entre os grupos de processos e as áreas de conhecimento relacionados a Análise de valor agregado

		Grupos de Processos				
		Iniciação	Planejamento	Execução	Controle	Conclusão
Áreas de Conhecimento	Integração			4.4		
	Escopo		5.3			
	Tempo				6.6	
	Custo		7.1		7.3	
			7.2			
Comunicações				10.3		

2.3.2.1 Iniciação

De acordo com o PMBOK, o grupo de processos de iniciação é constituído pelos processos que facilitam a autorização formal para iniciar um novo projeto ou fase do projeto. São desenvolvidas descrições claras dos objetivos do projeto, incluindo as razões pelas quais um projeto específico se constitui na melhor solução para satisfazer aos requisitos.

A descrição inicial do escopo e os recursos que a organização está disposta a investir passam por um refinamento adicional durante o processo de iniciação. Se o gerente de projetos não tiver sido designado, ele será selecionado. As premissas e as restrições iniciais também serão documentadas. Essas informações são incluídas no termo de abertura do projeto e, quando ele é aprovado, o projeto é oficialmente autorizado.

2.3.2.2 Planejamento

Os processos de gerenciamento do grupo de planejamento são responsáveis pela definição do plano de gerenciamento do projeto, a identificação e definição do escopo do projeto. De uma forma resumida, os processos de planejamento de um projeto definem:

- O trabalho que precisa ser realizado (escopo), e em que partes - WBS
- Quem irá realizar o trabalho
- Quando o trabalho será realizado (cronograma)
- Quais recursos de mão-de-obra, materiais entre outros, que serão necessários (custos).

Durante o planejamento, a análise de valor agregado requer o estabelecimento de uma linha de base de medida do projeto (PMB – *Project Management Baseline*), com a definição das tarefas, de seu prazo e custo unitário por todo o projeto. A quebra do projeto em tarefas executáveis gerará uma estrutura analítica do projeto ou WBS (PMI1, 2004).

A geração da PMB requer o detalhamento em um nível semelhante ao apresentado na tabela 3 (com valores em milhares de reais). Nesta tabela, o orçamento total do projeto é dividido entre as tarefas e o período de duração do mesmo gerando uma visão para o gerente de projetos dos custos a serem consumidos mês a mês. De acordo com esta tabela, o orçamento para a tarefa 1 é de R\$ 12.000,00 divididos em duas parte de R\$ 6.000,00 em Janeiro e Fevereiro.

Tabela 2 – Exemplo de uma PMB

Tarefa	Orçamento	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1	12	6	6										
2	48		8	12	16	12							
3	28					7	21						
4	18							18					
5	28							4	8	10	6		
6	16											8	8
Soma	150	6	14	12	16	19	21	22	8	10	6	8	8
Cumulativo		6	20	32	48	67	88	110	118	128	134	142	150

Estabelecer uma linha de base de medida de desempenho PMB do projeto requer as seguintes atividades:

- Decompor o escopo do trabalho a um nível gerenciável
- Atribuir responsabilidade gerencial sem ambigüidades
- Desenvolver um orçamento ligado a fase/tempo para cada tarefa
- Selecionar técnicas de medidas de valor agregado para todas as tarefas
- Manter a integridade da PMB durante o projeto

A figura 3 é a versão gráfica da tabela 2, onde o orçamento do projeto aparece de forma cumulativa no decorrer do tempo. O valor em cada ponto desta linha corresponde ao valor planejado – PV (*Planned Value*) do projeto para um mês específico.

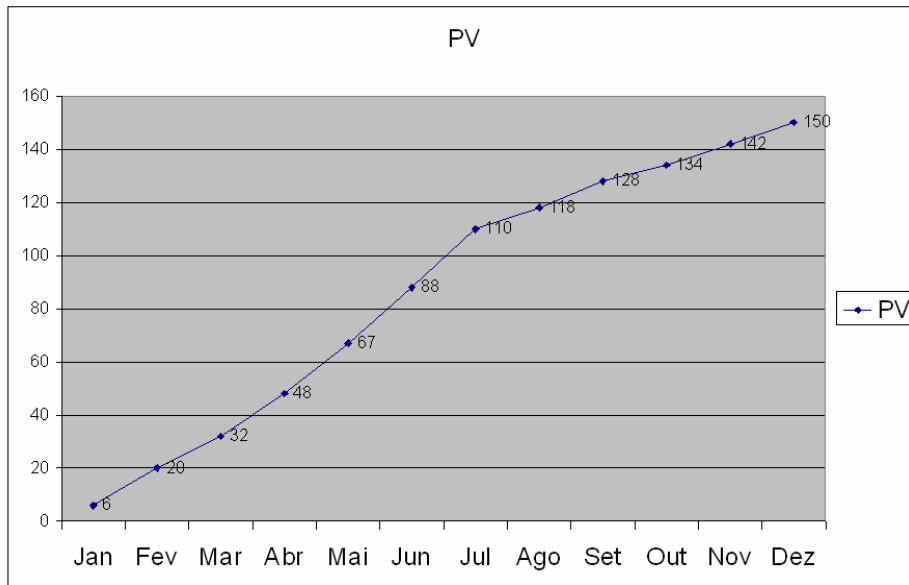


Figura 3 – Linha de base do projeto.

2.3.2.3 Execução

Todo o planejamento das fases anteriores será executado nesta fase. Grande parte dos recursos (orçamento e tempo) do projeto serão consumidos nesta fase, e nela quaisquer erros de planejamento ou de definição na iniciação ficarão evidentes. As principais entradas desta fase são os planos do projeto e as principais saídas destes processos de

gerenciamento são o trabalho realizado e os relatórios de andamento do projeto. Quando um projeto é comercial, ou seja, uma empresa executa o projeto, vendendo-o a outra organização, esta é a fase na qual os clientes do projeto têm visibilidade do andamento do mesmo.

2.3.2.4 Controle

O Foco do controle do projeto é monitorar e reportar o andamento do trabalho no que diz respeito ao plano de custos, escopo e cronograma mantendo-os dentro de um limite aceitável para o projeto. Esta fase ocorre paralelamente às fases de execução e planejamento do projeto o que gera um processo iterativo onde desvios em relação aos planos criados remetem à fase de planejamento, podendo gerar correções de rumo nos projetos, ou alterações benéficas no planejamento.

Dentre as atividades desta fase, destacam-se:

- Manter registros da utilização de recursos durante a execução do projeto
- Medir objetivamente o progresso físico do trabalho
- Creditar valor agregado de acordo com as técnicas de valor agregado
- Analisar e prever desempenho de custo e prazo
- Reportar ou tomar atitudes sobre problemas no desempenho
- Medir e analisar o desempenho contra a linha de base

2.3.2.5 Encerramento

A fase de encerramento agrega todos os processos utilizados para finalizar formalmente todas as atividades de um projeto ou fase de um projeto, entregar os produtos terminados ou encerrar um projeto cancelado. O projeto deve ser avaliado e suas lições registradas para que suas falhas não voltem a ocorrer em outros projetos, e da mesma forma seus desenvolvimentos possam estar presentes em projetos futuros.

2.3.2.6 Interação entre os processos

Os processos de gerenciamento de projetos se sobrepõem durante a execução do mesmo. As saídas de um processo geralmente se tornam entradas para outro processo e gera um fluxo de realimentação onde a intensidade da sobreposição pode variar ao longo do trabalho. A figura 4 ilustra a sobreposição dos processos e seu nível de intensidade no decorrer do projeto.

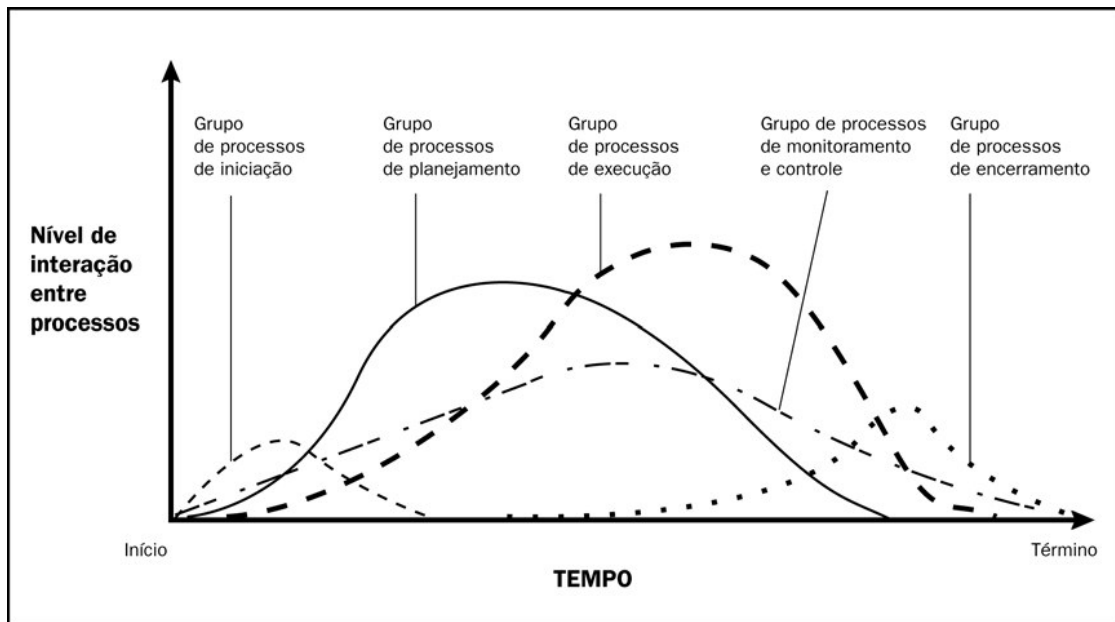


Figura 4 – Interações entre os processos (PMI3, 2003).

2.4 Análise de valor agregado

2.4.1 Histórico da Análise de valor agregado

De acordo com Fleming e Koppelman (2003) a análise de valor agregado surgiu como parte do então chamado *C/SCSC (Cost/Schedule Control System Criteria)* ou Sistema de Controle de Critérios de Custo e Cronograma que era constituído de 35 padrões de aceitação (também chamados de critérios) que eram necessários para o controle e gerenciamento de projetos na indústria privada visando assegurar a consistência nas informações acerca do desempenho em grandes projetos do governo dos Estados Unidos.

Os critérios foram liberados pelo Departamento de Defesa dos Estados Unidos em dezembro de 1967 tendo sido consistentemente utilizado e aprovado como método para o gerenciamento de custos nos novos sistemas desenvolvidos. Desde então foi adotado por agencias governamentais de diversos outros países de forma idêntica ou levemente modificada. O Canadá, por exemplo, adicionou um critério específico exigindo a utilização do Método de Caminho Crítico ou *CPM (Critical Path Method)*. O *C/SCSC* nada dizia sobre a análise de caminho crítico, mas enfatizava a necessidade de se ter um sistema de organização das tarefas num cronograma.

A evolução da análise de valor agregado passou por uma diminuição de 35 para 32 critérios, mais inteligíveis e de maior aplicabilidade ao mundo dos negócios, ocorrida em 18 de abril de 1995 e por uma normatização em 1998 quando a norma *NSIA/EIA¹ Standard 748* foi formalmente liberada (Morelli, 2007).

¹ NSIA (*National Security Industrial Association*)
EIA (*Electronic Industries Association*)

Atualmente, a análise de valor agregado é extensamente utilizada em projetos governamentais norte americanos, mas pesquisas como as conduzidas pela KPMG (2005) e por Besner e Hobbs (2004) indicam um panorama no qual a análise de valor agregado ainda é pouco utilizada apesar do reconhecimento de seus benefícios.

2.4.2 Conceitos de Análise de valor agregado

A análise de valor agregado é uma técnica para controle de projetos que integra custos, prazos e progresso físico. Seu conceito básico é a avaliação sobre o que foi obtido (valor agregado) em relação ao que foi realmente gasto e ao que se planejava gastar (Vargas, 2002).

De acordo com Budd (2005) o gerenciamento de projetos lida com as três características de projetos: escopo, prazo e custo. A análise de valor agregado provê métricas para comparar o que foi planejado com o trabalho completo dentro desses parâmetros, conforme ilustra a tabela 3. Enquanto a análise de valor agregado estabelece requisitos de comunicação do andamento do projeto bastante precisos, ela não descreve como os projetos devem ser gerenciados permitindo flexibilidade no uso de uma grande variedade de técnicas gerenciais.

Tabela 3 – Restrições dos Projetos

	Escopo	Cronograma	Orçamento
Plano	Quais são os entregáveis?	Quando eles devem ser entregues?	Quanto isso vai custar?
Progresso	Que tarefas foram completadas?	Quanto tempo foi consumido para completar o trabalho?	Quanto dinheiro foi gasto para completar o trabalho dado como encerrado?
Projeção	As especificações do projeto serão alcançadas?	Quando o projeto será finalizado?	Qual é a estimativa de custo ao término do projeto?

2.4.3 Elementos da análise de valor agregado

Os conceitos de análise de valor agregado são apresentados pelo PMI por meio de seu compêndio de boas práticas de gerenciamento de projetos: o PMBOK (Albernethy; Piegari, 2007). Tais conceitos concentram-se na disciplina de gerenciamento de custos do projeto (PMI3, 2003), e compõem uma ferramenta de controle, análise e medida de desempenho do projeto.

De acordo com Carneiro (2005) a análise de valor agregado traz um conjunto de indicadores que podem ser utilizados para verificações no projeto. Cada indicador atende a uma questão específica sobre o projeto analisado. São elas:

1. O cronograma está em dia? A resposta a essa pergunta mostra a SV ou *Scheduled Variance* - Variação de Cronograma.

2. O tempo está sendo utilizado de forma eficiente? A resposta a essa pergunta mostra o SPI ou *Schedule Performance Index* – Índice de Desempenho do Cronograma.
3. Qual o valor estimado do trabalho que, segundo o planejamento, deveria estar pronto até o momento? A resposta a essa pergunta mostra o PV ou *Planned Value* – Valor Planejado.
4. O projeto está acima ou abaixo do orçamento previsto? A resposta a essa pergunta mostra a CV ou *Cost Variance* – Variação do Custo.
5. Qual o valor estimado do trabalho que foi realizado até o momento? A resposta a essa pergunta mostra o EV ou *Earned Value* – Valor Agregado.
6. Considerando as atividades do projeto, quanto o trabalho restante deve custar? A resposta a essa pergunta mostra a ETC ou *Estimate to Complete* – estimativa para completar.
7. Quanto o projeto inteiro deve custar? A resposta a essa pergunta mostra a EAC ou *Estimate at Completion* – Estimativa ao Completar.
8. Ao término do projeto, o custo estará acima ou abaixo do orçamento? A resposta a essa pergunta mostra a VAC ou *Variance at Completion* – Variação ao Completar.
9. Qual o custo real despendido no projeto até o momento? A resposta a essa pergunta mostra o AC ou *Actual Cost* – Custo Real.
10. Qual era o orçamento estimado para o projeto inteiro? A resposta a essa pergunta mostra o BAC ou *Budget at Completion* – Orçamento ao Completar.
11. O dinheiro está sendo utilizado de forma eficiente? A resposta a essa pergunta mostra o CPI ou *Cost Performance Index* – Índice de Desempenho do Custo.

Esses indicadores foram então mapeados frente aos processos apresentados no PMBOK e o resultado encontra-se na tabela 4. Dessa forma, é possível identificar o relacionamento entre os processos de gerenciamento de projetos e os indicadores da análise de valor agregado. Um indicador pode se relacionar com mais de um processo, e um processo pode se relacionar com vários indicadores.

Tabela 4 – Mapeamento dos Requisitos frente aos processos do PMBOK

	Integração	Escopo	Tempo	Custo			Comunicações
	4.4	5.3	6.6	7.1	7.2	7.3	10.3
SV	x	x	x		x	x	x
SPI	x	x	x		x	x	x
PV		x			x	x	x
CV	x	x	x		x	x	x
EV	x	x	x		x	x	x
ETC	x	x	x		x	x	x
EAC	x	x	x	x	x	x	x
VAC	x	x	x	x	x	x	x
AC	x	x	x		x	x	x
BAC		x		x			x
CPI	x	x	x		x	x	x

Na seqüência são descritos cada um desses indicadores, suas funções, seu relacionamento conceitual com o projeto, por meio de diagramas de classes conceituais,

e um exemplo prático de seu uso. A figura 5 mostra os elementos da análise de valor agregado.

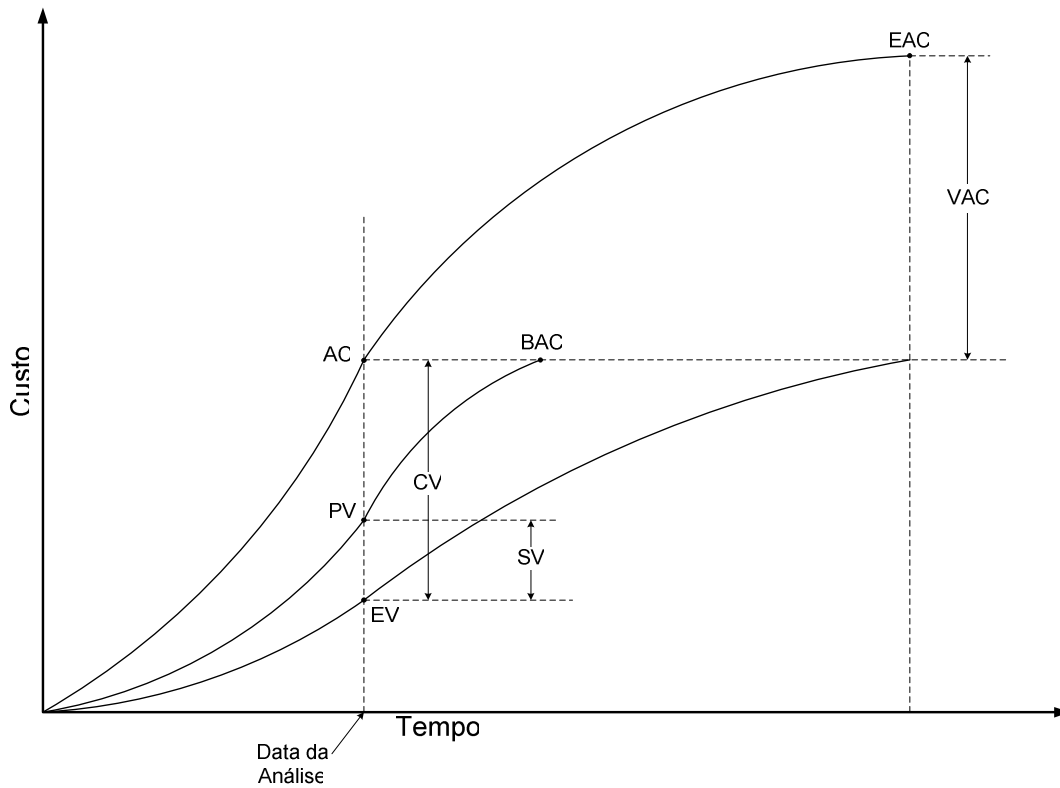


Figura 5 – Elementos da Análise de valor agregado (adaptado de Vargas, 2002)

Os exemplos serão baseados em um exercício de cronograma (Mulcahy, 2002) que representa um projeto de construção de um muro que deverá cercar um terreno quadrado. A construção de cada lado dura 01 dia, está orçada em R\$ 1.000,00 e os lados devem ser concluídos um após o outro.

Todos os elementos apresentados na seqüência consideram esse exemplo. Consideram, ainda, que hoje é o término do terceiro dia e que o projeto flui de acordo com a tabela 5 - progresso do projeto. Nessa tabela seguem-se os quatro lados, que são as tarefas do projeto, e o progresso de cada lado nos 4 dias do mesmo. A última coluna mostra o percentual de conclusão e o montante efetivamente gasto com cada lado.

Ao ser questionado sobre a situação de seu projeto, o gerente desse projeto não deve ter dificuldade em vislumbrar um andamento abaixo do esperado. O projeto vai mal, mas é tarefa do gerente de projetos dizer de forma precisa e sem margem de dúvidas o quão mal ou bem caminha o projeto. É nesse cenário prático que os conceitos da análise de valor agregado serão apresentados, de forma a deixar claro o andamento atual e futuro do projeto.

Tabela 5 – Progresso do Projeto (Mulcahy, 2002)

Tarefa	Dia 1	Dia 2	Dia 3	Dia 4	Progresso ao final do dia 3
Lado 1	I-----F				100%, gastos R\$1.000,00
Lado 2		I-----TP	---T		100%, gastos R\$1.200,00
Lado 3			IP--I--TP		50%, gastos R\$600,00
Lado 4				IP-----TP	Não iniciado

I = Início Real

F = Término Real

IP = Início Planejado

T = Término

TP = Término Planejado

2.4.3.1 Valor Planejado

O valor planejado descreve o montante financeiro que o projeto, de acordo com o planejamento, deveria ter consumido até um dado ponto do cronograma. Dessa forma, tomando-se como base uma data qualquer do cronograma, a somatória dos valores planejados para cada atividade que deveria estar concluída (total ou parcialmente) representa o PV do projeto.

Isso significa que, mesmo que a tarefa ainda não esteja completa ou sequer iniciada, o valor planejado considera o valor do percentual de conclusão que havia sido previsto.

Estabelece também a linha de base conhecida como linha de base de medida de desempenho (PMB) contra a qual o progresso real do projeto é medido. Uma vez definida, essa linha de base somente poderá ser alterada para refletir mudanças em escopo e custo negociadas com o cliente em função de necessidades do negócio.

O valor planejado também costumava ser conhecido como valor orçado do trabalho agendado (BCWS – *Budgeted Cost of Work Scheduled*), mas essa definição caiu em desuso após a normalização de 1998.

No contexto do exemplo do projeto de construção do muro citado anteriormente, o cálculo do valor planejado se basearia em que montante de trabalho havia sido planejado para acontecer até o final do terceiro dia, ou seja, três lados completos do muro. Como cada lado foi orçado em R\$ 1.000,00 o valor planejado do projeto é de R\$ 3.000,00.

De acordo com a tabela 4, o valor planejado relaciona-se com as áreas de conhecimento de escopo, custo e comunicação conforme ilustrado no diagrama de classes conceitual da figura 6. Este diagrama de classes, assim como os demais utilizados neste capítulo, não tem relação direta com a implementação da ferramenta. Eles apenas se utilizam de uma estrutura padronizada de documentação, no caso a UML, para descrever como os processos de negócio (gerenciamento de projetos e análise de valor agregado) estão relacionados.

Nessa figura, para o cálculo do valor planejado, a classe PV obtém as atividades do projeto – tarefas da classe Escopo e o custo na linha de base (valor do planejamento) de cada tarefa da classe custo, para então calcular o valor planejado e disponibilizar essa

informação para a classe Comunicação, que é a responsável pela divulgação desses dados. Nota-se, ainda, que as classes Escopo, Custo e Comunicação possuem relacionamento de composição com a classe PMBoK (são parte dela) e a classe PV é parte da classe EVA (*Earned Value Analysis*).

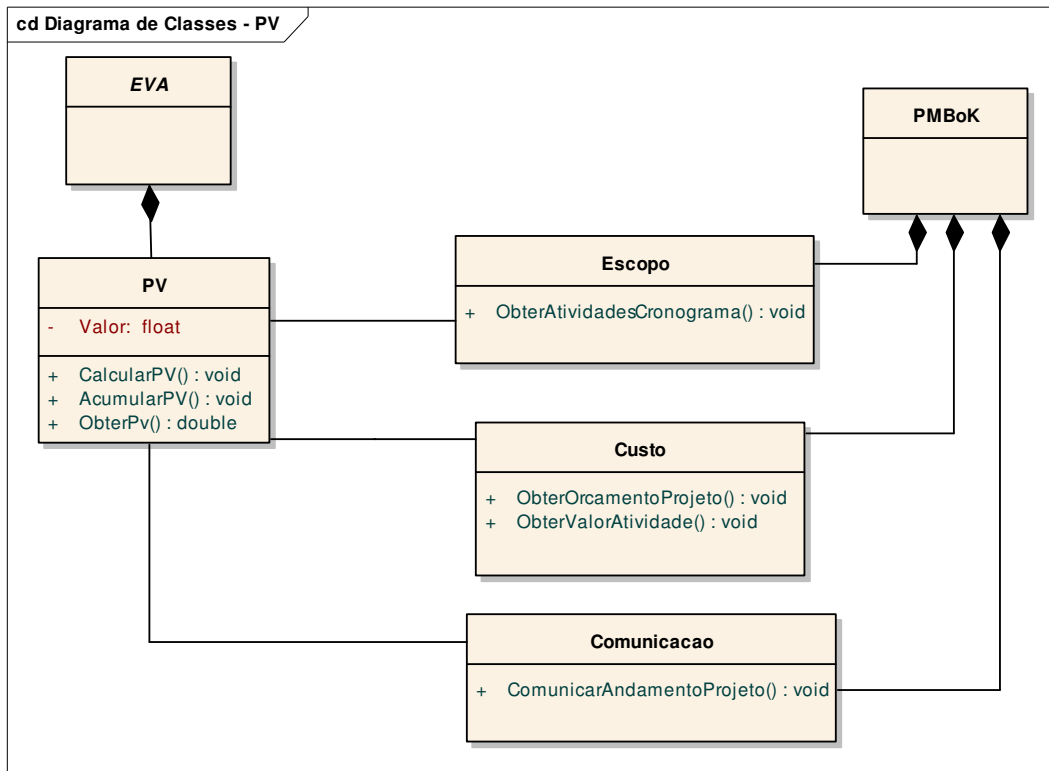


Figura 6 – Diagrama de classes conceitual de PV

2.4.3.2 Valor Agregado

O valor agregado (EV – *Earned Value*) representa uma fotografia do progresso do trabalho em um determinado ponto no tempo. Também era conhecido como custo orçado do trabalho realizado (BCWP – *Budgeted Cost of Work Performed*), expressão em desuso após a normalização de 1998, e reflete o valor do montante de trabalho que foi efetivamente realizado até uma data específica.

O montante do valor agregado de um projeto é medido por meio da somatória do valor de cada tarefa (utilizando-se o valor planejado) em função de seu percentual de conclusão. Dessa forma, uma tarefa cujo valor planejado era de R\$ 1.000,00 que esteja 50% concluída na data de verificação do índice, agregará R\$ 500,00 de valor ao projeto.

No contexto do exemplo do projeto de construção do muro citado anteriormente, o cálculo do valor agregado se basearia no percentual de conclusão que cada tarefa alcançou até o final do terceiro dia, ou seja, dois lados completos e um lado a 50% de conclusão. Como cada lado foi orçado em R\$ 1.000,00, o valor agregado dos lados concluídos é de R\$ 1.000,00 cada (100% de R\$ 1.000,00 = R\$ 1.000,00) e do lado que está pela metade é de R\$ 500,00 (50% de R\$ 1.000,00 = R\$ 500,00) totalizando um valor agregado de R\$ 2.500,00 para o projeto.

De acordo com a tabela 4, o valor agregado relaciona-se com as áreas de conhecimento de integração, escopo, tempo, custo e comunicação conforme ilustrado no diagrama de classes conceitual da figura 7.

Nessa figura, para o cálculo do valor agregado, a classe EV obtém o andamento do projeto na classe Integração, as atividades do cronograma na classe Escopo, os calendários/cronogramas na classe Tempo, e os valores da linha de base das atividades na classe Custo. Após isso pode ser calculado o valor agregado do projeto e disponibilizada essa informação para a classe Comunicação que é a responsável pela divulgação desses dados. Nota-se, ainda, que as classes Integração, Custo, Escopo, Tempo e Comunicação possuem relacionamento de composição com a classe PMBoK (são parte dela) e a classe EV é parte da classe EVA.

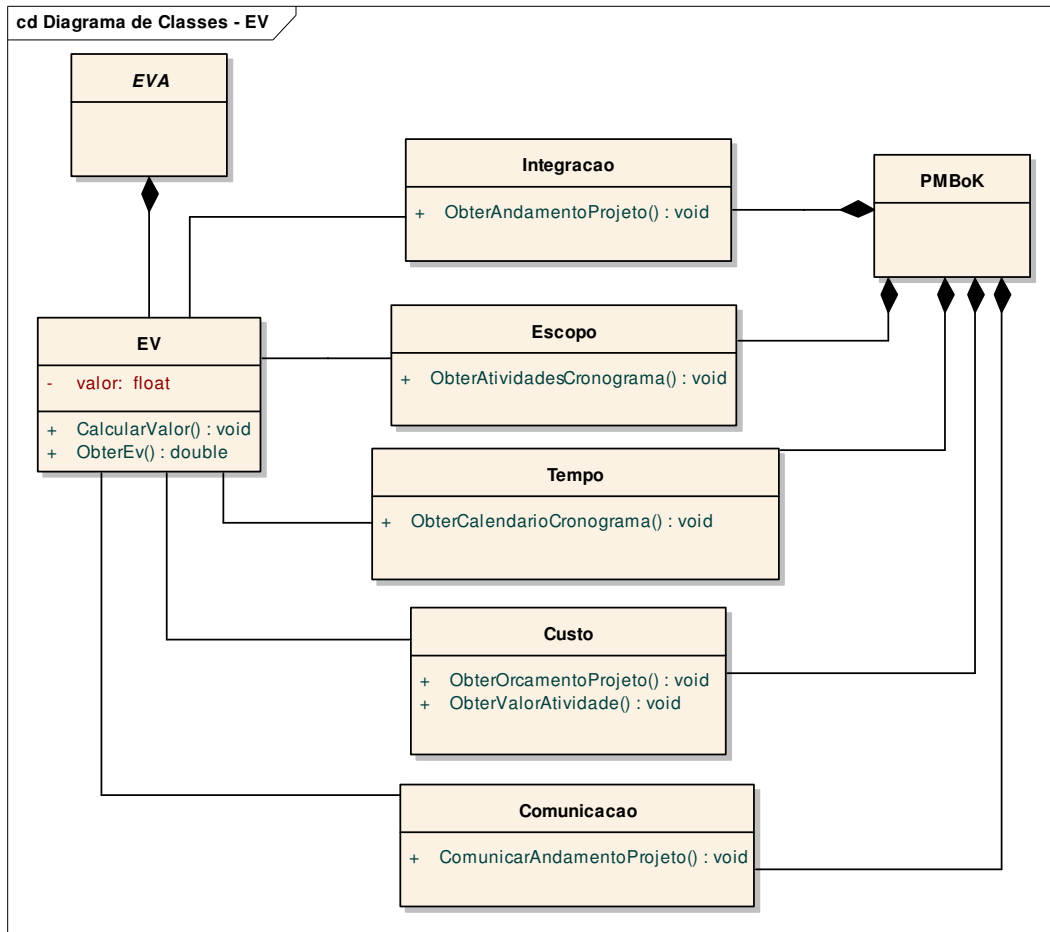


Figura 7 – Diagrama de classes conceitual de EV

2.4.3.3 Custo Real

O custo real (AC – *Actual Cost*), antes conhecido como custo real do trabalho executado (ACWP – *Actual Cost of Work Performed*) expressão em desuso após a normalização de 1998, representa o custo efetivo do trabalho realizado até o momento. Dessa forma, tomando-se como base uma data qualquer do cronograma, a somatória dos valores reais consumidos por cada atividade concluída (total ou parcialmente) representa o AC do projeto.

No contexto do exemplo do projeto de construção do muro citado anteriormente, o cálculo do custo real se basearia em que valores foram efetivamente gastos até o final do terceiro dia. Pelo cronograma apresentado os valores são: R\$ 1.000,00 para o lado 1, R\$ 1.200,00 para o lado 2 e R\$ 600,00 para o lado 3. Totaliza, dessa forma, R\$ 2.800,00 de custo real.

De acordo com a tabela 4, o custo real relaciona-se com as áreas de conhecimento de integração, escopo, tempo, custo e comunicações conforme ilustrado no diagrama de classes conceitual da figura 8.

Nessa figura, para o cálculo do valor real, a classe AC obtém o andamento do projeto na classe Integração, as atividades do cronograma na classe Escopo, os calendários/cronogramas na classe Tempo, e os valores efetivos das atividades na classe Custo para que possa calculado o valor real do projeto e disponibilizada essa informação para a classe Comunicação que é a responsável pela divulgação desses dados. Nota-se, ainda, que as classes Integração, Custo, Escopo, Tempo e Comunicação possuem relacionamento de composição com a classe PMBoK (são parte dela) e a classe AC é parte da classe EVA.

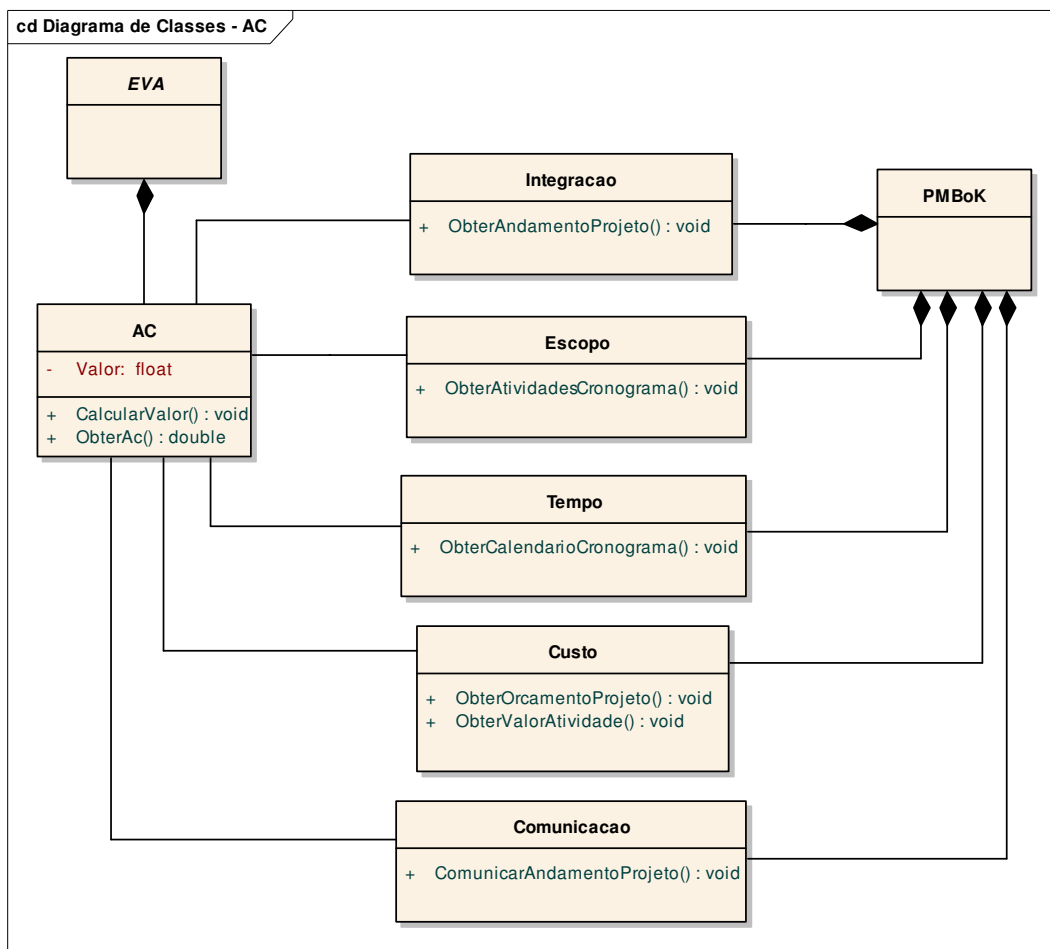


Figura 8 – Diagrama de classes conceitual de AC

2.4.3.4 Análise de Desempenho e Previsões de Valor Agregado

Conforme mencionado, a análise de valor agregado pode ajudar o gerente de projetos na análise da situação corrente do projeto e prever seu desempenho futuro. Para isso serão utilizados conceitos como valor planejado, valor agregado e custo real, além de um novo indicador chamado orçamento ao término (BAC – *Budget at Completion*) que representa o valor total planejado (orçado) para o projeto.

Para o exemplo do muro, citado anteriormente, o orçamento total é de R\$ 4.000,00 (quatro lados do muro a R\$ 1.000,00 cada).

De acordo com a tabela 4, o orçamento do projeto relaciona-se com as áreas de conhecimento de escopo, custo e comunicações conforme ilustrado no diagrama de classes conceitual da figura 9.

Nessa figura, para o cálculo do orçamento do projeto, a classe BAC obtém as atividades do cronograma na classe Escopo e os valores da linha de base das atividades na classe Custo para que possa calculado o orçamento do projeto e disponibilizada essa informação para a classe Comunicação que é a responsável pela divulgação desses dados. Nota-se, ainda, que as classes Escopo, Custo e Comunicação possuem relacionamento de composição com a classe PMBoK (são parte dela) e a classe BAC é parte da classe EVA.

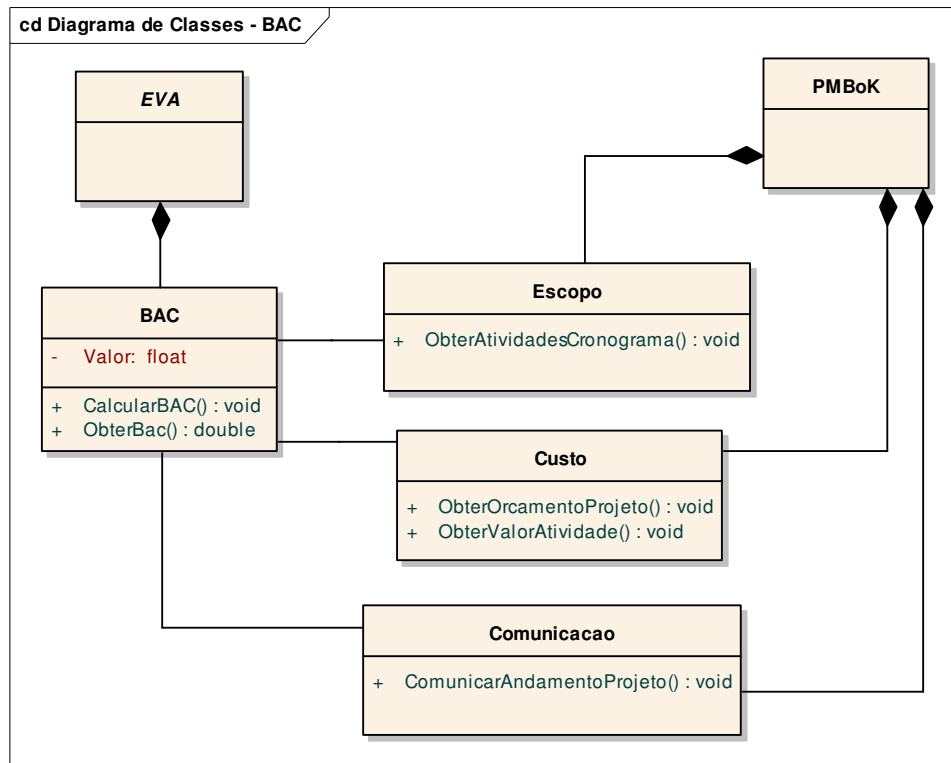


Figura 9 – Diagrama de classes conceitual de BAC

Complementando o BAC, serão necessários ainda conceitos relativos a:

Variações: variação de cronograma (*SV – Schedule Variance*), variação de custo (*CV – Cost Variance*) e variação ao término (*VAC – Variance at Completion*).

Índices: índice de desempenho de cronograma (*SPI – Schedule Performance Index*) e o índice de desempenho de custos (*CPI – Cost Performance Index*).

Previsões: estimativa ao término (*EAC – Estimate at Completion*) e a estimativa para completar (*ETC – Estimate to Complete*).

As relações entre as medidas de desempenho de cronograma e custo mostram a situação do projeto em um dado momento e a tabela 6 ilustra esse conceito. As células com fundo em cinza claro indicam que o projeto encontra-se em uma condição favorável. A célula em cinza escuro indica a condição de normalidade: cronograma e custos dentro do esperado. As células com fundo branco indicam problemas, seja com custos, seja com cronograma ou na pior das hipóteses, ambos.

Tabela 6 – Interpretações sobre as medidas de desempenho de valor agregado

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 no Cronograma Abaixo do Orçamento	Cronograma em Dia Abaixo do Orçamento	Cronograma Atrasado Abaixo do Orçamento
	CV = 0 & CPI = 1.0	Adiantado no Cronograma Dentro do Orçamento	Cronograma em Dia Dentro do Orçamento	Cronograma em Dia Dentro do Orçamento
	CV < 0 & CPI < 1.0	Adiantado no Cronograma Acima do Orçamento	Cronograma em Dia Acima do Orçamento	Cronograma Atrasado Acima do Orçamento

2.4.3.5 Variação do Cronograma (SV – Schedule Variance)

A Variação do cronograma indica se o projeto está adiantado, em dia ou atrasado em relação ao que havia sido planejado e é calculada subtraindo-se o valor planejado do valor agregado. Valores positivos indicam condições favoráveis, valores negativos indicam problemas.

$$SV = EV - PV$$

A variação do cronograma também pode ser expressa na forma de percentual dividindo-se a variação de cronograma pelo valor planejado.

$$SV\% = SV / PV * 100$$

No contexto do exemplo do projeto de construção do muro citado anteriormente, a variação do cronograma é calculada com: $EV - PV$ ou $2500 - 3000 = -500$. Conforme regra descrita, valores negativos de SV indicam cronograma em atraso.

De acordo com a tabela 4, a variação de cronograma relaciona-se com as áreas de conhecimento de integração, escopo, tempo, custo e comunicações representadas no

diagrama de classes conceitual da figura 10 pelas classes de análise de valor agregado dos indicadores previamente calculados.

Nessa figura, para o cálculo da variação do cronograma e de acordo com a fórmula apresentada, a classe SV obtém o valor de EV na classe EV e o valor de PV na classe PV. Após isso pode ser calculada uma possível variação no cronograma do projeto e disponibilizada essa informação para a classe Comunicação que é a responsável pela divulgação desses dados. Nota-se, ainda, que a classe Comunicação possui relacionamento de composição com a classe PMBoK (é parte dela) e as classes SV, PV e EV são parte da classe EVA.

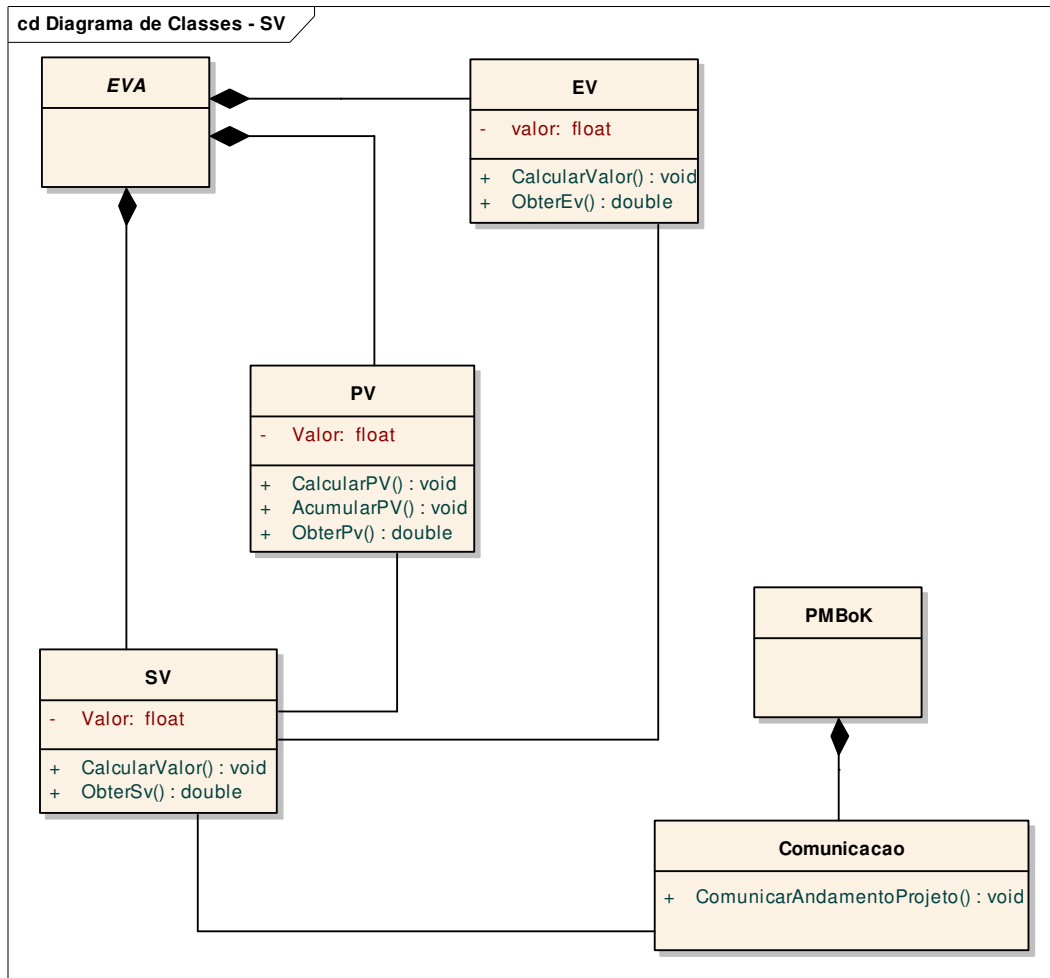


Figura 10 – Diagrama de classes conceitual de SV

2.4.3.6 Índice de desempenho do cronograma (SPI – Schedule Performance Index)

O índice de desempenho do cronograma indica a eficiência do uso do tempo pela equipe do projeto. É calculado dividindo-se o valor agregado pelo valor planejado.

$$SPI = EV / PV$$

No contexto do exemplo do projeto de construção do muro citado anteriormente, o desempenho do cronograma é calculado com: EV / PV ou $2500 / 3000 = 0,833$. Conforme regra descrita, valores menores do que 1 indicam cronograma em atraso e esse projeto está progredindo a apenas a 83% do planejado.

De acordo com a tabela 4, o índice de desempenho do cronograma relaciona-se com as áreas de conhecimento de integração, escopo, tempo, custo e comunicações representadas no diagrama de classes conceitual da figura 11 pelas classes de análise de valor agregado dos indicadores previamente calculados.

Nessa figura, para o cálculo do índice de desempenho do cronograma e de acordo com a fórmula apresentada, a classe SPI obtém o valor de EV na classe EV e o valor de PV na classe PV. Após isso pode ser calculado o índice de desempenho do cronograma do projeto e disponibilizada essa informação para a classe Comunicação que é a responsável pela divulgação desses dados. Nota-se, ainda, que a classe Comunicação possui relacionamento de composição com a classe PMBoK (é parte dela) e as classes SPI, PV e EV são parte da classe EVA.

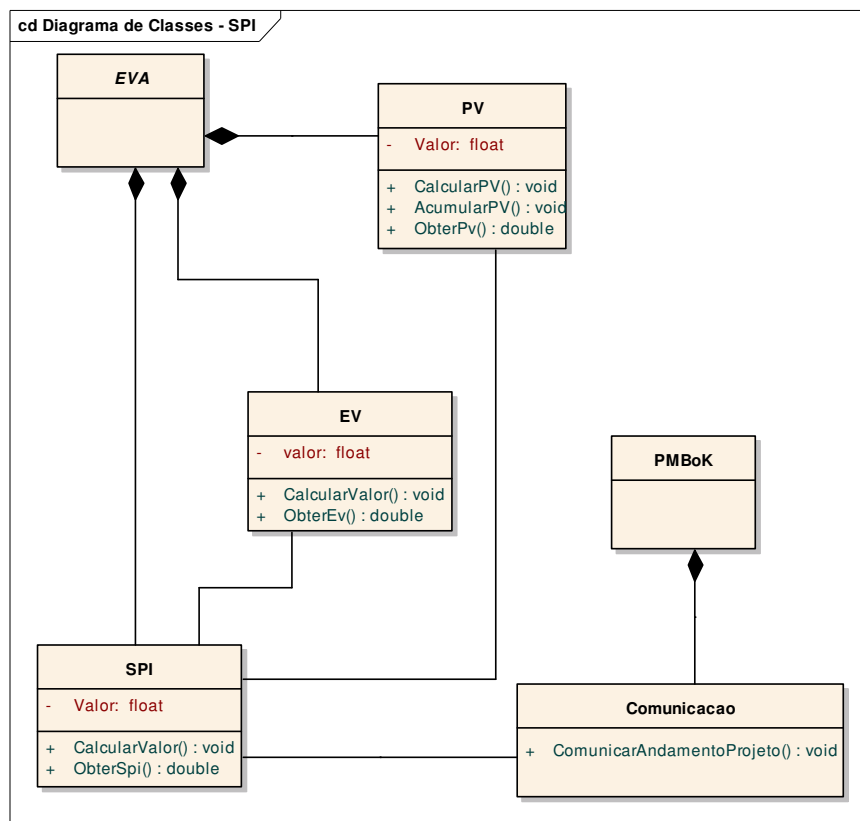


Figura 11 – Diagrama de classes conceitual de SPI

2.4.3.7 Variação de custo (CV – Cost Variance)

A variação de custo mostra se o projeto está abaixo ou acima do valor orçado. É calculado pela subtração do custo real do valor agregado. Valores abaixo de zero indicam que o projeto está acima do orçamento e valores acima de zero indicam que o projeto está abaixo do orçamento.

$$CV = EV - AC$$

Esse valor também pode ser expresso na forma de porcentagem dividindo a variação de custo pelo valor agregado.

$$CV\% = CV / EV * 100$$

No contexto do exemplo do projeto de construção do muro citado anteriormente, a variação no custo é calculada com: $EV - AC$ ou $2500 - 2800 = -300$. Conforme regra descrita, valores menores do que 1 indicam que o projeto está acima do orçamento previsto.

De acordo com a tabela 4, a variação de custo relaciona-se com as áreas de conhecimento de custo e comunicações conforme representadas no diagrama de classes conceitual da figura 12 pelas classes de análise de valor agregado dos indicadores previamente calculados.

Nessa figura, para o cálculo da variação de custo e de acordo com a fórmula apresentada, a classe CV obtém o valor de EV na classe EV e o valor de PV na classe PV. Após isso pode ser calculada a variação de custos do projeto e disponibilizada essa informação para a classe Comunicação que é a responsável pela divulgação desses dados. Nota-se, ainda, que a classe Comunicação possui relacionamento de composição com a classe PMBoK (é parte dela) e as classes CV, PV e EV são parte da classe EVA.

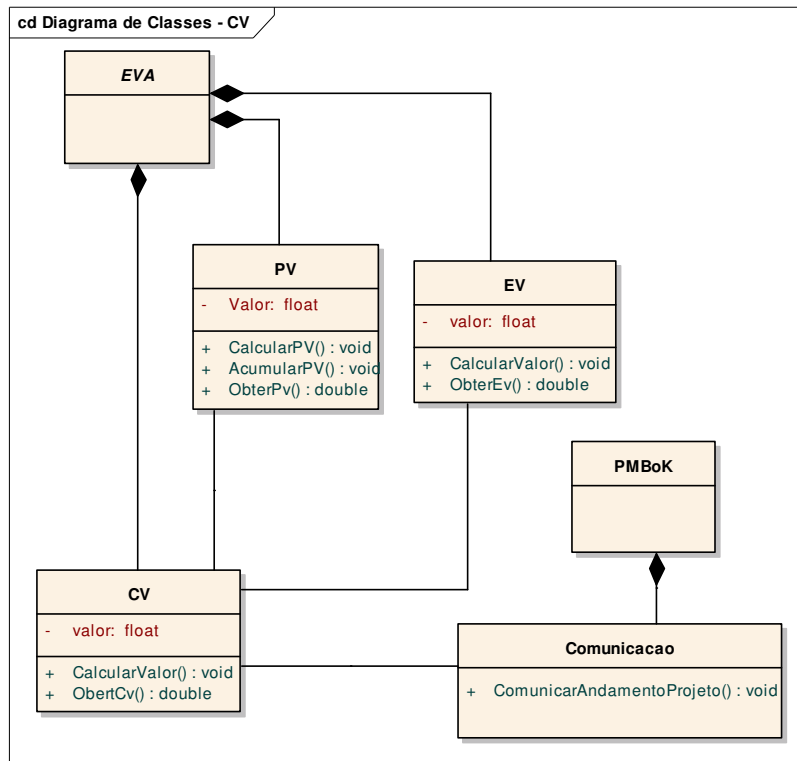


Figura 12 – Diagrama de classes conceitual de CV

2.4.3.8 Índice de desempenho do custo (CPI – Cost Performance Index)

O Índice de desempenho do custo mostra a eficiência da utilização dos recursos do projeto e é calculado dividindo-se o valor agregado pelo custo real.

$$CPI = EV / AC$$

No contexto do exemplo do projeto de construção do muro citado anteriormente, o desempenho do custo é calculado com: EV / AC ou $2500 / 2800 = 0,893$. Valores menores do que 1 indicam que o projeto está custando mais do que o planejado e, nesse caso, para cada R\$ 1,00 aplicado no projeto do muro se obtém apenas R\$ 0,89 de retorno.

De acordo com a tabela 4, o índice de desempenho do custo relaciona-se com as áreas de conhecimento de integração, custo e comunicações conforme representadas no diagrama de classes conceitual da figura 13 pelas classes de análise de valor agregado dos indicadores previamente calculados.

Nessa figura, para o cálculo do índice de desempenho de custos e de acordo com a fórmula apresentada, a classe CPI obtém o valor de AC na classe AC e o valor de PV na classe EV. Após isso pode ser calculado o índice de desempenho de custos do projeto e disponibilizada essa informação para a classe Comunicação que é a responsável pela divulgação desses dados. Nota-se, ainda, que a classe Comunicação possui relacionamento de composição com a classe PMBoK (é parte dela) e as classes CPI, AC e EV são parte da classe EVA (de *Earned Value Analysis*).

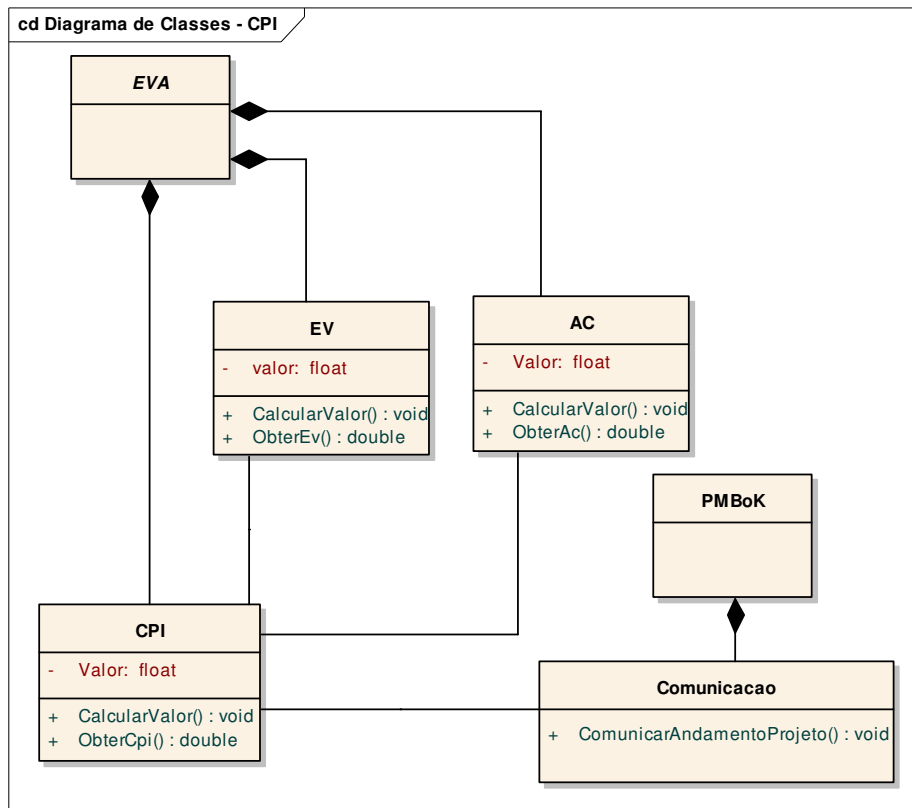


Figura 13 – Diagrama de classes conceitual de CPI

2.4.3.9 Estimativa ao Completar

A estimativa ao completar (EAC – *Estimate at Completion*) projeta o custo final do projeto caso o desempenho se mantenha. O cálculo é conseguido através da divisão do orçamento ao completar pelo índice de desempenho do custo.

$$EAC = BAC / CPI$$

Essa fórmula considera que o desempenho refletido no CPI irá se manter até o fim do projeto. Idealmente, o EAC deve ser menor ou igual ao BAC de forma que sejam gastos no projeto, no máximo, o que foi planejado.

No contexto do exemplo do projeto de construção do muro citado anteriormente, a estimativa ao completar é calculada com: BAC / CPI ou $4.000 / 0,893 = 4.479$. Esse número indica que, em se mantendo o desempenho atual, o projeto deve custar R\$ 4.479,00

De acordo com a tabela 4, a estimativa ao completar relaciona-se com as áreas de conhecimento de custo e comunicações conforme representadas no diagrama de classes conceitual da figura 14 pelas classes de análise de valor agregado dos indicadores previamente calculados.

Nessa figura, para o cálculo da estimativa ao completar e de acordo com a fórmula apresentada, a classe EAC obtém o valor de BAC na classe BAC e o valor de CPI na classe CPI. Após isso pode ser calculado a estimativa ao completar do projeto e disponibilizada essa informação para a classe Comunicação que é a responsável pela divulgação desses dados. Nota-se, ainda, que a classe Comunicação possui relacionamento de composição com a classe PMBOK (é parte dela) e as classes EAC, BAC e CPI são parte da classe EVA.

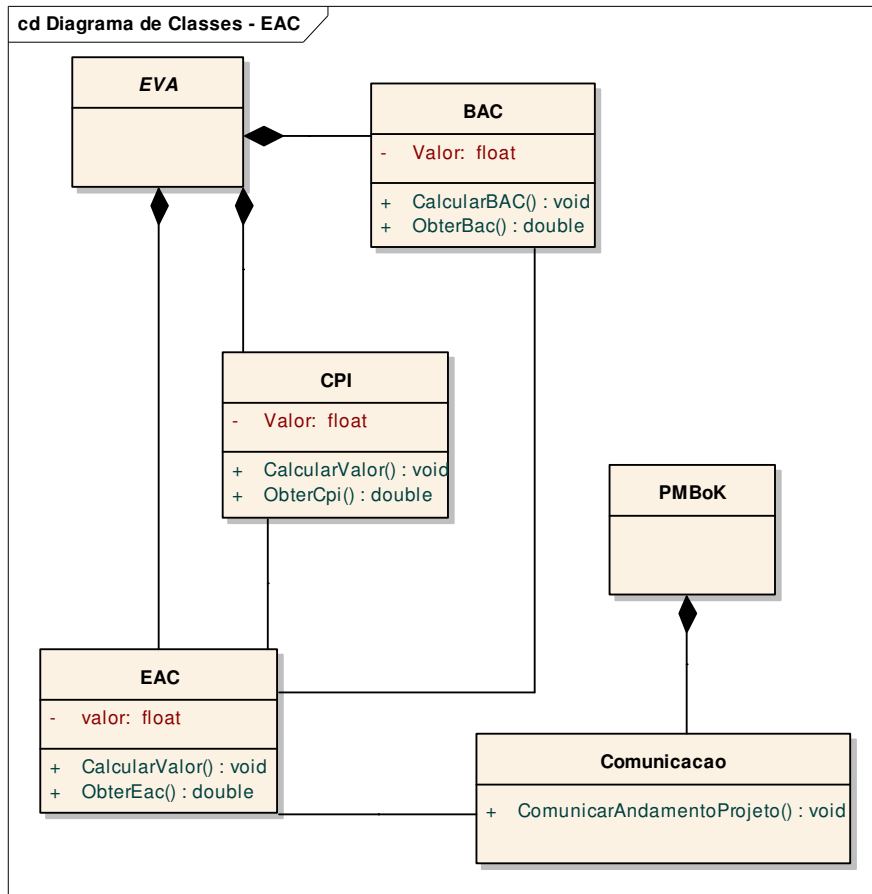


Figura 14 – Diagrama de classes conceitual de EAC

2.4.3.10 Variação ao Completar

A variação ao completar (*VAC – Variance at Completion*) mostra se o projeto irá se completar abaixo ou acima do orçamento previsto e é calculado subtraindo-se a estimativa ao completar do orçamento ao término. Valores abaixo de zero indicam que o projeto provavelmente terminará abaixo do orçamento e valores acima de zero indicam que o projeto provavelmente terminará acima do orçamento.

$$VAC = BAC - EAC$$

Esse valor também pode ser expresso na forma de porcentagem dividindo a variação ao completar pelo orçamento ao completar.

$$VAC\% = VAC / BAC * 100$$

No contexto do exemplo do projeto de construção do muro citado anteriormente, a variação ao completar é calculada com: $BAC - EAC$ ou $4.000 - 4.479 = -479$. Esse número indica que, se mantendo o desempenho atual, o projeto deve custar R\$ 479,00 a mais do que o planejado.

De acordo com a tabela 4, a variação ao completar relaciona-se com as áreas de conhecimento de custo e comunicações conforme representadas no diagrama de classes

conceitual da figura 15 pelas classes de análise de valor agregado dos indicadores previamente calculados.

Nessa figura, para o cálculo da variação ao completar e de acordo com a fórmula apresentada, a classe VAC obtém o valor de BAC na classe BAC e o valor de EAC na classe EAC. Após isso pode ser calculada a variação ao completar do projeto e disponibilizada essa informação para a classe Comunicação que é a responsável pela divulgação desses dados. Nota-se, ainda, que a classe Comunicação possui relacionamento de composição com a classe PMBoK (é parte dela) e as classes VAC, BAC e EAC são parte da classe EVA.

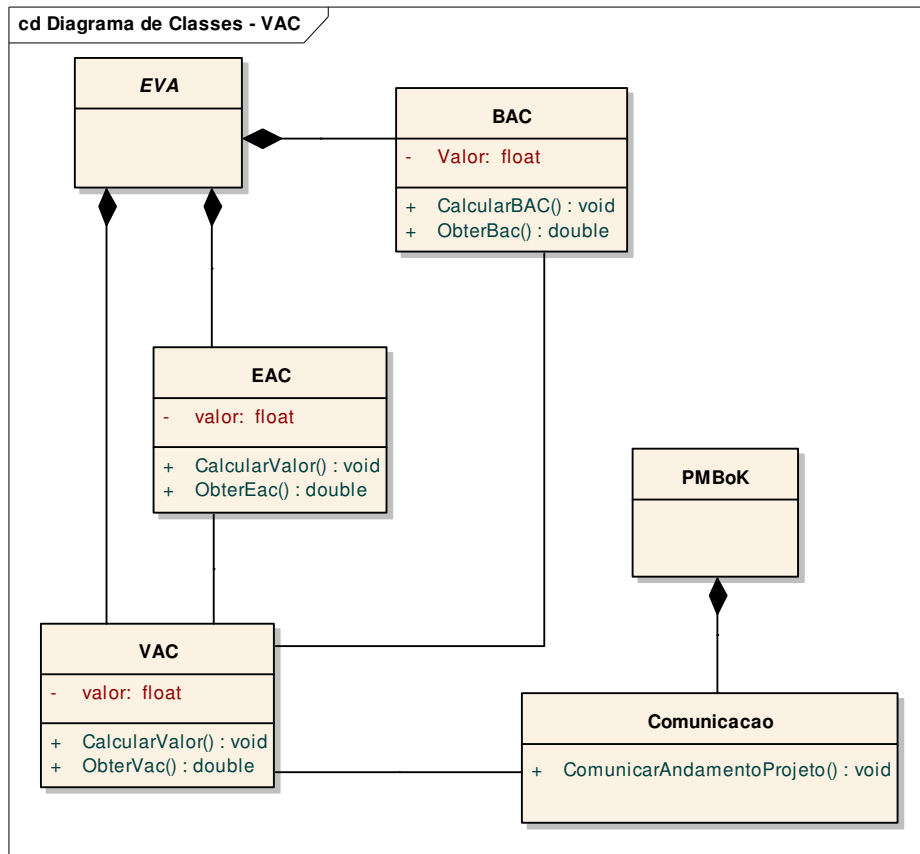


Figura 15 – Diagrama de classes conceitual de VAC

2.4.3.11 Estimativa para Completar

A estimativa para completar (ETC – *Estimate to Complete*) mostra o quanto irá custar o trabalho remanescente do projeto, a partir do ponto de verificação, e pode ser calculada através da subtração da estimativa ao completar do custo real.

$$ETC = EAC - AC$$

No contexto do exemplo do projeto de construção do muro citado anteriormente, a estimativa para completar é calculada com: $EAC - AC$ ou $4.479 - 2800 = 1679$. Esse número indica que, em se mantendo o desempenho atual, serão necessários R\$1.679,00 para completar o projeto.

De acordo com a tabela 4, a estimativa para completar relaciona-se com as áreas de conhecimento de custo e comunicações conforme representadas no diagrama de classes conceitual da figura 16 pelas classes de análise de valor agregado dos indicadores previamente calculados.

Nessa figura, para o cálculo da estimativa para completar e de acordo com a fórmula apresentada, a classe ETC obtém o valor de AC na classe AC e o valor de EAC na classe EAC. Após isso pode ser calculada a estimativa para completar do projeto e disponibilizada essa informação para a classe Comunicação que é a responsável pela divulgação desses dados. Nota-se, ainda, que a classe Comunicação possui relacionamento de composição com a classe PMBoK (é parte dela) e as classes ETC, EAC e AC são parte da classe EVA.

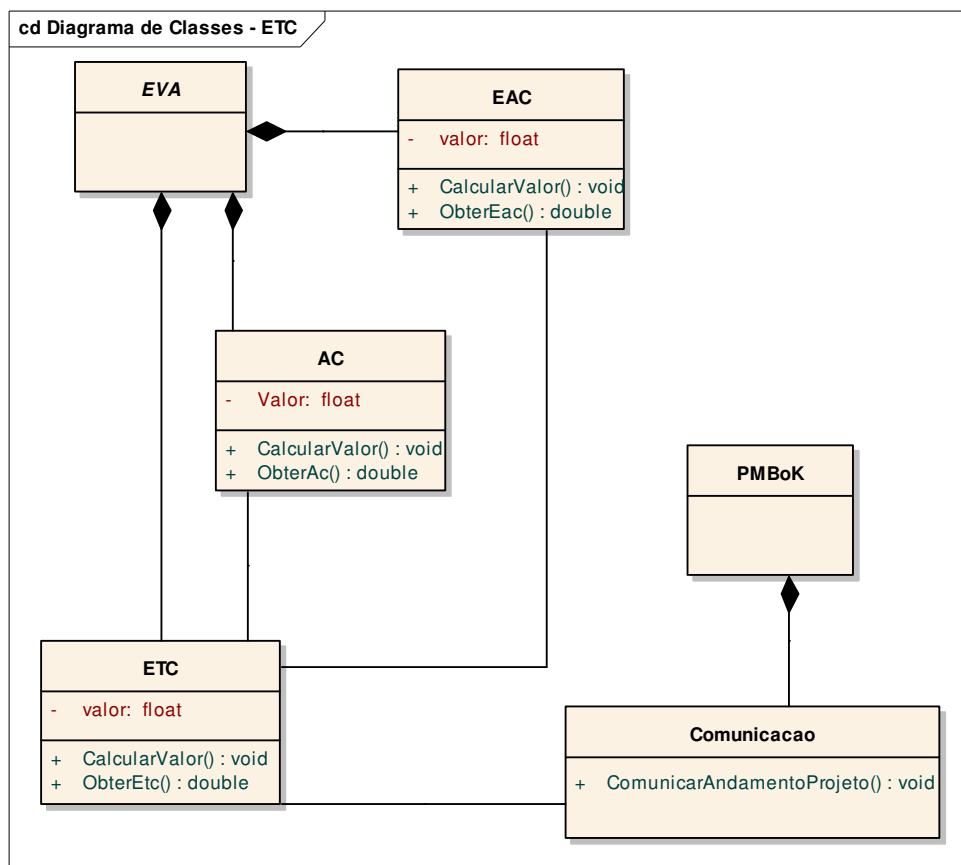


Figura 16 – Diagrama de classes conceitual de ETC

2.4.4 Técnicas para medição do trabalho realizado

O valor agregado indica o progresso físico do trabalho realizado contra o planejamento efetuado (linha de base). Técnicas para a medição desse trabalho são selecionadas durante o planejamento e serão utilizadas no controle e execução do projeto. Essas técnicas devem ser selecionadas com base em fatores como a tangibilidade do produto e a duração do esforço.

O trabalho é medido em uma base periódica que pode ser, por exemplo, semanal ou mensal e a técnica de medida selecionada dependerá do número de períodos de tempo que a tarefa possui. A fórmula fixa é freqüentemente utilizada para as tarefas que tem um ou dois períodos de trabalho onde um percentual fixo do desempenho de trabalho é creditado no início da tarefa e o restante será creditado apenas ao término da mesma. Esforços superiores a dois períodos de tempo são, geralmente, medidos com outras técnicas como percentual completo e marco medido.

A tabela 7 apresenta as técnicas de medição do trabalho realizado de acordo com tipo de produto de trabalho.

Tabela 7 – Formas de medição do trabalho realizado

Produto do Trabalho	Duração do esforço	
	1-2 períodos de medida	>2 períodos de medida
Tangível	Fórmula Fixa	Marco Medido Percentual Completo
Intangível	Esforço Particionado Nível de Esforço	

2.4.4.1 Fórmula Fixa

O exemplo mais comum de fórmula fixa é a técnica 50/50. Por meio dessa técnica 50% do trabalho é creditado logo no início da tarefa, não importa o quanto tenha sido realmente efetuado. Os 50% restantes serão creditados ao final da tarefa. Existem, ainda, algumas variações desse padrão que são 25/75 e 0/100. Esses exemplos são utilizados preferencialmente em tarefas pequenas e de curta duração.

2.4.4.2 Marco Medido

A técnica de marco medido divide as tarefas em segmentos menores onde cada um termina com um marco de resultado visível sendo então atribuído um valor ao término de cada marco. Essa técnica é melhor utilizada em tarefas maiores com resultados intermediários tangíveis.

2.4.4.3 Percentual Completo

A técnica de percentual completo é uma das mais simples formas de se determinar o valor agregado de uma tarefa, mas também pode ser a mais subjetiva caso não haja indicadores objetivos para fornecer suporte. Nesse caso, em cada período de medição do desempenho, os responsáveis pela tarefa realizam uma estimativa e atribuem a mesma o percentual completado até o momento.

Essa técnica é utilizada para comparações do andamento das tarefas contra o planejamento realizado. Se houverem indicadores precisos do andamento (por exemplo, unidades produzidas) essa técnica pode ser a mais útil de todas.

2.4.4.4 Esforço Particionado

No caso de uma tarefa possuir um relacionamento de suporte direto à outra tarefa que tem seu próprio valor agregado, o valor para a tarefa agregada pode ser determinada

pelo valor da tarefa base. Exemplos dessas tarefas são a verificação de qualidade e atividades de inspeção.

2.4.4.5 Nível de Esforço

A técnica de nível de esforço é utilizada nos casos em que tarefas do projeto não produzem resultados tangíveis, no entanto, consomem recursos do projeto de forma que devem ter sua porção de valor agregado atribuída de forma automática. Esse valor leva em consideração o tempo de duração da tarefa de forma que, ao final do prazo, seu percentual de conclusão esteja completo.

2.5 Ferramentas para gerenciamento de projetos

A seleção de uma ferramenta para gerenciamentos de projetos envolve a análise de uma série de características que devem ser levadas em consideração para a efetivação da escolha. Dentre elas destacam-se suas funcionalidades, a facilidade de uso e o custo.

Na pesquisa de ferramentas para gerenciamento de projetos efetuada neste trabalho, foram consideradas duas dessas características: funcionalidade e custo. Assim as ferramentas deveriam possuir funcionalidades que permitissem ao gerente de projetos a análise de valor agregado e sua forma de licenciamento deveria ser *open-source*, sem custo para a utilização e aquisição.

Dentre os resultados desta pesquisa, sumarizados no anexo A – Ferramentas Avaliadas, chegou-se a um cenário onde nenhuma das ferramentas *open-source* avaliadas possuía características de análise de valor agregado. Duas das ferramentas comerciais mais amplamente utilizadas (Liberatore et.al.,2001) possuem a análise de valor agregado, mas seu custo pode limitar sua utilização na prática.

Destacam-se no resultado desta pesquisa o fato de que, se por um lado nenhuma das ferramentas *open-source* possuía características de análise de valor agregado, por outro lado a imensa maioria delas também não apregoava essa funcionalidade. Exceção feita a duas delas: GanttPV e OpenProj. A primeira anuncia em seu endereço eletrônico que possui algumas funcionalidades para análise de valor agregado, mas em testes efetuados neste trabalho, tais funcionalidades não foram encontradas.

A ferramenta OpenProj, por outro lado, além de ser uma ferramenta com uma grande facilidade de uso (pela similaridade de sua interface de usuário com a do MS Project, ferramenta comercial amplamente utilizada), possuía também algumas funcionalidades que auxiliariam na análise de valor agregado. Nos testes efetuados, no entanto, esta ferramenta mostrou-se instável e com resultados errôneos quanto aos indicadores de análise de valor agregado, tendo sido classificada, dessa forma, como ma ferramenta que não possui funcionalidade para análise de valor agregado.

2.6 Arquitetura de Software

De acordo com Bass et al. (2003) arquitetura de software são as estruturas que incluem componentes, suas propriedades externas e os relacionamentos entre eles, constituindo uma abstração do sistema. Esta abstração suprime detalhes de componentes que não

afetam a forma como eles são usados ou como eles usam outros componentes, auxiliando o gerenciamento da complexidade.

O termo arquitetura de software é usado para definir duas coisas distintas: o processo e o produto arquitetural.

O processo de arquitetura de software compreende as atividades complementares que são necessárias para a construção do software, entendendo que tais atividades servirão para realizar o projeto (design), implementar e evoluir o sistema. O produto arquitetural representa o resultado final das atividades que acontecem em cada etapa do processo de definição de uma arquitetura de software.

O processo de arquitetura de software compreende muitas atividades, dentre as quais é possível destacar (BASS, 2003):

1. Elaboração do modelo de negócio para o sistema: o arquiteto deve contribuir com o seu conhecimento para analisar o custo do sistema, o tempo de desenvolvimento, as restrições de mercado (público-alvo) e interfaces com outros sistemas para que a arquitetura possa alcançar os objetivos do negócio.
2. Entendimento dos requisitos: o arquiteto deve contribuir com as técnicas de levantamento de requisitos a fim de obter o modelo do domínio.
3. Criação ou seleção de uma arquitetura, considerando:
 - Identificação dos componentes e suas interações;
 - Identificação das dependências de construção;
 - Escolha de tecnologias que suportem a implementação.
4. Representação da arquitetura e divulgação: os participantes envolvidos precisam entender a arquitetura. Os desenvolvedores e testadores precisam entender o trabalho que lhes foi atribuído e o gestor deve entender as implicações do planejamento estratégico sugerido pelo arquiteto.
5. Implementação do sistema baseado na arquitetura: os desenvolvedores devem se restringir às estruturas e protocolos definidos na arquitetura.
6. Análise ou avaliação da arquitetura: os arquitetos devem supervisionar e verificar a adequação da arquitetura, registrando impactos, riscos e dificuldades. Estas informações contribuem para a evolução da arquitetura em versões posteriores do sistema.

A partir destas atividades, pode-se observar que produtos tais como modelo do negócio, modelo do domínio de aplicação, modelo dos componentes computacionais e relacionamentos entre eles e a infra-estrutura tecnológica são considerados modelos de arquitetura. Estes produtos devem refletir e justificar as decisões arquiteturais.

2.7 Norma NBR ISO/IEC 9126

A Associação Brasileira de Normas Técnicas por meio de sua norma de qualidade NBR ISO/IEC 9126 (2003) descreve um modelo de qualidade do produto de software, composto de duas partes: a) qualidade interna e qualidade externa e b) qualidade em uso.

O modelo de qualidade interna reúne a totalidade das características do produto de software do ponto de vista interno. As métricas internas podem ser aplicadas a produtos

de software não executáveis tais como uma especificação ou código fonte, respectivamente durante o projeto e a codificação.

Qualidade externa é a totalidade das características do produto de software do ponto de vista externo. As métricas externas utilizam medidas de um produto de software derivadas de medidas do comportamento do sistema do qual o software é uma parte, através de testes, operação e observação do software executável ou do sistema.

Qualidade em uso é a visão da qualidade do produto de software do ponto de vista do usuário, quando esse produto é utilizado em um ambiente e contexto de uso especificado. As métricas de qualidade em uso medem o quanto um produto atende as necessidades de usuário especificados para que se atinjam as metas especificadas com eficácia, produtividade, segurança e satisfação.

2.7.1 Modelo de qualidade para qualidade interna e externa

O modelo de qualidade para qualidade interna e externa categoriza os atributos de qualidade de software em seis características as quais são, por sua vez, subdivididas em sub-características, conforme pode ser observado na figura 17.

2.7.1.1 Funcionalidade

É a capacidade de um produto de software de prover funções que atendas às necessidades implícitas e explícitas do usuário dentro de um contexto de uso. Essa característica é subdividida nas seguintes subcaracterísticas:

- Adequação: é a capacidade de um produto de software de prover um conjunto adequado de funções para cumprir as tarefas e objetivos do usuário.
- Acurácia: é a capacidade de um produto de software de prover com o grau de precisão necessária, resultados ou efeitos corretos, ou conforme acordados.
- Interoperabilidade: é a capacidade de um produto de software de interagir com um ou mais sistemas especificados.
- Segurança de acesso: é a capacidade de um produto de software de proteger informações e dados de forma que pessoas ou sistemas não autorizados, não possam lê-los e/ou modificá-los, não devendo, ainda, negar acesso às pessoas autorizadas.

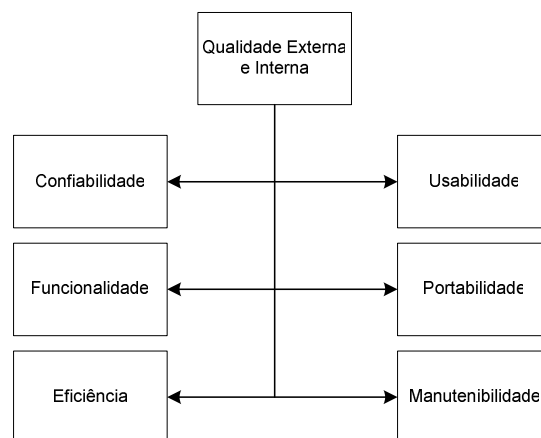


Figura 17 – Modelo de qualidade para qualidade interna e externa (ABNT, 2003)

2.7.1.2 Confiabilidade

É a capacidade de um produto de software de manter um nível de desempenho especificado. Essa característica é subdividida nas seguintes subcaracterísticas:

- **Maturidade:** é a capacidade de um produto de software de evitar falhas decorrentes de defeitos no software.
- **Tolerância a falhas:** capacidade de um produto de software de manter um nível de desempenho especificado em caso de defeitos no software ou de violação de sua interface especificada.
- **Recuperabilidade:** capacidade de um produto de software de restabelecer seu nível de desempenho e recuperar os dados diretamente afetados em caso de falhas.

2.7.1.3 Usabilidade

É a capacidade de um produto de software de ser compreendido, aprendido, operado e de ser atraente ao usuário. Essa característica é subdividida nas seguintes subcaracterísticas:

- **Inteligibilidade:** é a capacidade de um produto de software de possibilitar ao usuário compreender se o software é apropriado e como ele pode ser utilizado para tarefas específicas.
- **Apreensibilidade:** é a capacidade de um produto de software em possibilitar ao usuário aprender sua aplicação.
- **Operacionalidade:** é a capacidade de um produto de software de possibilitar ao usuário operar e controlar o software.
- **Atratividade:** é a capacidade de um produto de software de ser atraente ao usuário.

2.7.1.4 Eficiência

É a capacidade de um produto de software de apresentar o desempenho apropriado relativo à quantidade de recursos utilizados. Essa característica é subdividida nas seguintes subcaracterísticas:

- **Comportamento em relação ao tempo:** é a capacidade de um produto de software de fornecer tempo de resposta e processamento, bem como taxas de transferência adequadas, quando o software executa suas funções.
- **Utilização de recursos:** é a capacidade de um produto de software de usar tipos e quantidade apropriados de recursos quando o software executa suas funções.

2.7.1.5 Manutenibilidade

É a capacidade de um produto de software de ser modificado. Modificações incluem correções, melhorias e/ou adaptações no software devido a mudanças no ambiente, requisitos ou especificações funcionais. Essa característica é subdividida nas seguintes subcaracterísticas:

- **Analisabilidade:** é a capacidade de um produto de software de permitir o diagnóstico de deficiências, causas de falhas ou a identificação de partes a serem modificadas.
- **Modificabilidade:** é a capacidade de um produto de software de permitir que uma modificação especificada seja implementada.
- **Estabilidade:** é a capacidade de um produto de software de evitar defeitos inesperados decorrentes de modificações no software.
- **Testabilidade:** é a capacidade de um produto de software de que, quando alterado, seja validado.

2.7.1.6 Portabilidade

É a capacidade de um produto de software de ser transferido de um ambiente² para outro. Essa característica é subdividida nas seguintes subcaracterísticas:

- **Adaptabilidade:** é a capacidade de um produto de software de ser adaptado para diferentes ambientes sem a necessidade de aplicações de outras ações.
- **Capacidade para ser instalado:** é a capacidade de um produto de software de ser instalado em um ambiente especificado.
- **Coexistência:** é a capacidade de um produto de software de coexistir com outros softwares em um ambiente comum, compartilhando recursos comuns.
- **Capacidade para substituir:** é a capacidade de um produto de software de ser utilizado em substituição a outro software com o mesmo propósito e mesmo ambiente.

² O ambiente pode ser organizacional, de *hardware* ou de *software*.

2.7.2 Modelo de qualidade para qualidade em uso

O modelo de qualidade para qualidade em uso categoriza os atributos de qualidade de software em quatro características as quais são, por sua vez, subdivididas em subcaracterísticas, conforme pode ser observado na figura 18.

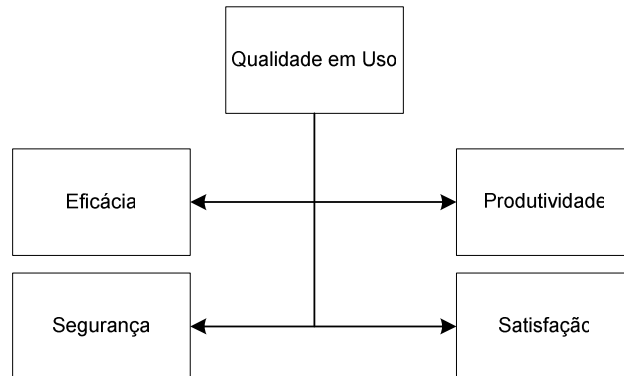


Figura 18 – Modelo de qualidade para qualidade em uso (ABNT, 2003)

2.7.2.1 Eficácia

É a capacidade de um produto de software de permitir que os usuários atinjam metas especificadas com acurácia e completude.

2.7.2.2 Produtividade

É a capacidade de um produto de software de permitir que seus usuários empreguem quantidades apropriadas de recursos em relação à eficácia obtida.

2.7.2.3 Segurança

É a capacidade de um produto de software de apresentar níveis aceitáveis de riscos de danos a pessoas, negócio, software, propriedade ou ambiente.

2.7.2.4 Satisfação

É a capacidade de um produto de software de satisfazer os usuários. Satisfação, nesse caso, refere-se a resposta do usuário à interação com o produto e inclui atitudes relacionadas ao uso do produto.

2.8 Conceitos de UML

A linguagem de modelagem unificada é uma ferramenta de desenho que os desenvolvedores podem usar para modelar o comportamento de um determinado sistema (Stephens, 2007). Diagramas UML provêm uma visão comum à toda equipe de desenvolvimento, de forma que todos entendam a partir deles como o sistema deve se comportar, dessa forma o trabalho pode ser feito separadamente com a segurança de que todos estarão atuando rumo a um mesmo objetivo.

2.8.1 Requisitos

Os **requisitos funcionais** especificam ações que um sistema deve ser capaz de executar, sem levar em consideração restrições físicas (RUP, 2002). Geralmente, isso é melhor descrito em um modelo de casos de uso e em casos de uso. Os requisitos funcionais especificam, portanto, o comportamento de entrada e saída de um sistema.

Características do produto de software como funcionalidade, usabilidade, confiabilidade, desempenho, requisitos de suporte, requisito de design, requisito de implementação (baseado no RUP, mas que diferem dos requisitos não funcionais apresentados neste trabalho, pois estes são baseados na norma ISO 9126), são chamados de **requisitos não funcionais**. Vários requisitos não são funcionais e descrevem apenas atributos do sistema ou atributos do ambiente do sistema. Embora alguns deles possam ser capturados em casos de uso, aqueles que não puderem talvez estejam especificados em Especificações Suplementares.

2.8.2 Casos de Uso

Um caso de uso (Pressman, 2006) é um roteiro para uma ação que os usuários irão realizar com o sistema. Ele descreve os passos que o usuário (ator) seguirá para executar uma tarefa específica em cada cenário. Deve especificar o que deve ser feito, sem entrar no detalhe de como fazê-lo.

2.8.3 Diagramas de Classe e de Seqüência

Os diagramas de classe (Eriksson et.al., 2004) são uma visão estática do sistema que apresenta as relações entre os objetos no sistema sem considerar seus fluxos de informação ou seqüência de chamada de métodos. As classes podem se relacionar umas com as outras de várias maneiras: Associação – onde uma classe está conectada a outra, Dependência – uma classe depende ou usa outra classe, Especialização – uma classe é a especialização de outra classe. Todos esses relacionamentos são mostrados no diagrama de classes juntamente com a estrutura interna das classes (atributos e métodos). O diagrama de classes é considerado estático, pois a estrutura por ele descrita é sempre válida, em qualquer ponto do ciclo de vida do sistema.

A UML provê diagramas que mostram a interação entre os objetos durante a execução do *software*. Um diagrama de seqüência mostra a colaboração dinâmica entre objetos por meio de troca de mensagens.

2.9 Fatores de mudança com a implantação da análise de valor agregado

A utilização da análise de valor agregado vai além da geração e acompanhamento de relatórios com indicadores com os dados do projeto. Embora essa técnica seja sugerida pelo PMI como ferramenta de controle de custos, sua utilização requer uma grande organização por parte das empresas para que sua utilização seja possível.

De acordo com o PMI, os projetos podem ser divididos em cinco grupos de processos: Iniciação, Planejamento, Execução, Controle e Encerramento. Uma análise dos processos que contém alguma relação com a análise de valor agregado foi representada pela tabela 4, de onde se conclui que essa técnica está mais fortemente ligada aos

processos de planejamento e controle (ambos com 03 processos) com apenas um processo de execução.

O atendimento aos 32 critérios da norma referente a análise de valor agregado, de acordo com Fleming e Koppelman (2006), gera uma carga de trabalho que pode não compensar o esforço para a grande maioria dos projetos em face de seu tamanho. Cabe lembrar que a análise de valor agregado foi desenvolvida para uso em projetos de aquisição do governo dos EUA, dessa forma um modelo simplificado para a adoção da análise de valor agregado, contendo apenas 10 critérios foi desenvolvida por esses autores e representam os fatores de mudança necessários à utilização da análise de valor agregado. Esta técnica também é conhecida como EVMS (*Earned Value Management System*) Compacto (Morelli, 2007). São eles:

1. Deve ser definido o escopo (objetivo e entregáveis) do projeto.
2. Deve ser determinado o responsável por cada pacote de trabalho, incluindo as subcontratações.
3. O trabalho definido deve ser planejado e distribuído no tempo (cronograma).
4. Devem ser estimados os recursos necessários (humanos e materiais) e o orçamento deverá ser formalmente aprovado.
5. Devem ser definidas métricas para converter valor planejado em valor agregado.
6. Deve haver uma linha de base para medida de desempenho baseada na linha de base (*baseline*).
7. Todos os custos incorridos no projeto devem ser registrados.
8. Monitorar continuamente o desempenho do Valor Agregado para detectar variações no custo (CV) ou prazo (SV).
9. Usar os dados de valor agregado para fazer projeções, tomando as medidas necessárias quando cabíveis.
10. Gerenciar o escopo aprovando ou rejeitando mudanças (se forem aprovadas devem ir para a linha de base (*baseline*)).

Observando os 10 passos, nota-se que os passos 1, 2, 3, 4, 5 e 6 estão ligados às atividades de planejamento, enquanto que os passos 7, 8, 9 e 10 são parte do controle do projeto.

Dessa forma, tomando-se como base os 10 critérios para a análise de valor agregado, os processos de planejamento tornam-se mais numerosos que os processos de controle ou execução, o que evidencia a grande necessidade da aplicação de conceitos de planejamento nos projetos onde se pretende utilizar a análise de valor agregado.

De fato, sem uma cuidadosa e criteriosa fase de planejamento, a análise de valor agregado pode gerar dados incorretos ou mesmo impossibilitar seu uso. Os processos de planejamento criam a linha de base (*baseline*) contra a qual todo o andamento do projeto é medido e podem ser assim considerados os mais significativos fatores de mudança em uma empresa antes da utilização efetiva da análise de valor agregado.

2.10 Conclusão

Nesse capítulo foram apresentados diversos conceitos sobre gerenciamento de projetos e, mais especificamente, sobre a análise de valor agregado. Os indicadores de análise de

valor agregado foram relacionados de forma conceitual com o PMBOK e seus processos.

Na seqüência, foi apresentado o planejamento de um projeto especificamente no tocante à geração de uma linha de base do projeto – PMB e ao WBS que é a base do cronograma.

Em conjunto com cada indicador de análise de valor agregado foi apresentada sua fórmula (quando existente), seu conceito, um exercício de cálculo para um projeto fictício e um diagrama de classes conceitual que mostra sua relação com os processos de negócio do PMBOK.

Foi apresentada a norma de qualidade para geração de produtos de *software* NBR ISO/IEC 9126 com a descrição de suas características e subcaracterísticas e os conceitos de UML utilizados na criação da documentação da ferramenta para análise de valor agregado.

Destaca-se a importância dos fatores de mudança necessários a implantação da análise de valor agregado, onde tanto pela comparação do relacionamento com as áreas de conhecimento, quanto verificando-se a utilização dos 10 critérios, encontra-se uma forte necessidade da existência dos processos de planejamento do projeto antes que a análise de valor agregado possa ser utilizada de forma efetiva.

O capítulo a seguir traz o detalhamento da arquitetura da ferramenta para análise de valor agregado de forma a tornar os conceitos apresentados nesse capítulo aplicáveis na prática. São definidos os formatos de entrada e saída de informações, o detalhamento dos requisitos e dos casos de uso, a criação dos diagramas de seqüência e de classes bem como a tecnologia do motor de análise de valor agregado.

3 Arquitetura da ferramenta para análise de valor agregado

3.1 Introdução

Esse capítulo apresenta a solução arquitetural da ferramenta para análise de valor agregado, sua origem, seus requisitos, casos de uso e fluxo das informações. São apresentados os possíveis cenários onde implementações da arquitetura podem atuar, a definição dos arquivos de entrada e de saída do processamento, bem como as transformações necessárias.

3.2 Modelagem Utilizada na Arquitetura

A modelagem adotada é a análise orientada a objetos que, de acordo com Pressman (PRESSMAN,2006), examina um domínio de problema definido com um conjunto de casos de uso e um esforço para extrair deles as classes que definam o problema. Cada classe tem atributos e operações e estão relacionadas entre si por uma variedade de modos, sendo modelados por meio de diagramas UML. São utilizados no desenvolvimento da arquitetura para análise de valor agregado:

- Modelo baseado em cenário (visão estática): representam os requisitos de software sob o ponto de vista do usuário. O principal elemento da modelagem, o caso de uso, é uma descrição narrativa de uma interação entre um ator e o sistema. Ele define os passos-chave para uma função ou interação específica e é basicamente derivado durante a extração dos requisitos.
- Modelo baseado em classe (visão estática): utiliza elementos baseados em cenário para identificar as classes de análise. Uma ampla gama de notações de modelagem UML pode ser aplicada para a definição de hierarquias, relacionamentos, associações, agregações e dependências entre classes.
- Modelo comportamental (visão dinâmica): utiliza elementos baseados em cenário e em classes para representar os estados das classes de análise e do sistema como um todo. Nos diagramas de estado e seqüência (notação UML) são identificados os eventos e ações que fazem com que a classe transite de um estado para outro.

3.3 Requisitos de uma Arquitetura

No capítulo 2 foram apresentados os 11 indicadores de análise de valor agregado definidos pelo PMI (PMI2, 2005). A partir desses indicadores, um gerente de projetos pode verificar a situação do projeto – atual e futura – e tomar decisões fundamentadas nessas informações. Esses indicadores são a base para os requisitos funcionais da ferramenta para análise de valor agregado uma vez que a mesma deve endereçar cada um deles.

A arquitetura não se baseia, no entanto, apenas em requisitos funcionais. Complementando a fundação da arquitetura, foram acrescentados requisitos não funcionais oriundos da norma de qualidade NBR ISO/IEC 9126 que apresenta a qualidade na geração de produtos de software.

O conjunto de requisitos funcionais e não funcionais, partindo de duas fontes distintas – o compêndio de boas práticas no gerenciamento de projetos (PMI2, 2005) e em uma norma de qualidade – faz com que a arquitetura proposta nesse trabalho coloque em prática os conceitos de gerenciamento de projetos sem perder o foco na qualidade que um produto de software deve possuir.

3.3.1 Requisitos Funcionais

Os requisitos funcionais (abreviados como RF) apresentam as funcionalidades básicas da arquitetura e se resumem em calcular e apresentar o resultado de cada um dos onze indicadores de análise de valor agregado, a saber:

RF01 – Calcular AC

O sistema deverá ser capaz de efetuar o cálculo do custo real (*AC - Actual Cost*) do cronograma apresentado.

Além do cálculo, esse requisito requer que as tarefas do cronograma que tiverem seu custo real acima do planejado (*baseline*) sejam identificadas para retorno desses dados de forma separada (essas tarefas poderão compor um relatório específico de tarefas que ultrapassaram o valor planejado).

RF02 – Calcular BAC

O sistema deverá ser capaz de efetuar o cálculo do orçamento do projeto (*BAC - Budget at Completion*) referente ao cronograma apresentado.

RF03 – Calcular CPI

O sistema deverá ser capaz de efetuar o cálculo do índice de desempenho de custos (*CPI - Cost Performance Index*) do cronograma apresentado. Para isso existe a dependência de que os valores de AC e EV já tenham sido calculados.

Além do cálculo, esse requisito requer que as tarefas do cronograma que tiverem seu custo real acima do planejado (*baseline*) sejam identificadas para retorno desses dados de forma separada (essas tarefas poderão compor um relatório específico de tarefas que ultrapassaram o valor planejado). Uma vez que para o cálculo de CPI é necessário que antes o cálculo de AC tenha sido realizado, o mesmo conjunto de tarefas poderá ser reutilizado, não sendo necessária nova consulta.

RF04 – Calcular CV

O sistema deverá ser capaz de efetuar o cálculo da variação de custo (*CV - Cost Variance*) referente ao cronograma apresentado. Para isso existe a dependência de que os valores de AC e EV já tenham sido calculados.

RF05 – Calcular EAC

O sistema deverá ser capaz de efetuar o cálculo da estimativa de custo ao final do projeto (EAC - *Estimate at Completion*) referente ao cronograma apresentado. Para isso existe a dependência de que os valores de BAC e CPI já tenham sido calculados.

RF06 – Calcular ETC

O sistema deverá ser capaz de efetuar o cálculo da estimativa de custo para completar/terminar o projeto (ETC - *Estimate to Complete*) referente ao cronograma apresentado. Para isso existe a dependência de que os valores de AC e EAC já tenham sido calculados.

RF07 – Calcular EV

O sistema deverá ser capaz de efetuar o cálculo do valor agregado (EV - *Earned Value*) referente ao cronograma apresentado.

Além do cálculo, esse requisito requer o retorno de todas as tarefas do cronograma acompanhadas do valor que cada uma agregou ao projeto para retorno desses dados de forma separada (essas tarefas poderão compor um relatório específico do valor agregado item a item).

RF08 – Calcular PV

O sistema deverá ser capaz de efetuar o cálculo do valor planejado para gasto com o projeto até a data atual (*Planned Value*) referente ao cronograma apresentado.

RF09 – Calcular SPI

O sistema deverá ser capaz de efetuar o cálculo do índice de desempenho do cronograma do projeto (SPI - *Schedeuled Performance Index*) referente ao cronograma apresentado. Para isso existe a dependência de que os valores de PV e EV já tenham sido calculados.

Além do cálculo, esse requisito requer que as tarefas do cronograma que tiverem desvios no prazo de conclusão sejam identificadas para retorno desses dados de forma separada (essas tarefas poderão compor um relatório específico de tarefas que atrasaram).

RF010 – Calcular SV

O sistema deverá ser capaz de efetuar o cálculo da variação do cronograma do projeto (SV - *Schedule Variance*) referente ao cronograma apresentado. Para isso existe a dependência de que os valores de EV e PV já tenham sido calculados.

RF011 – Calcular VAC

O sistema deverá ser capaz de efetuar o cálculo da variação no valor final do projeto (VAC - *Variance at Completion*) referente ao cronograma apresentado. Para isso existe a dependência de que os valores de EAC e BAC já tenham sido calculados.

3.3.2 Requisitos Não Funcionais

Os requisitos não funcionais (abreviados como RNF) apresentam as características de qualidade que a ferramenta deve possuir e foram baseados na norma de qualidade ISO 9126. As definições arquiteturais e a seleção de requisitos não funcionais mostraram os requisitos mais importantes e os que não seriam da alçada da solução proposta.

A seguir são apresentadas as características e sub-características de qualidade:

Funcionalidade

RNF01 – Acurácia

Segundo a definição dada pela norma NBR ISO/IEC 9126, acurácia é a capacidade de um produto de software de prover, com o grau de precisão necessária, resultados ou efeitos corretos, ou conforme acordados.

No caso da solução apresentada, a capacidade de lidar de forma precisa com os valores monetários e resultados de indicadores é uma característica imprescindível na implementação do sistema.

RNF02 – Interoperabilidade

Segundo a definição dada pela norma NBR ISO/IEC 9126, interoperabilidade é a capacidade de um produto de software de interagir com um ou mais sistemas especificados.

Tanto a entrada quanto a saída de dados da estrutura definida nesse trabalho devem seguir o formato XML (*eXtensible Markup Language*) que provê uma interface universal, compatível com diversas linguagens de programação e ambientes operacionais. Além disso, o formato XML simplifica a integração da arquitetura proposta com as ferramentas de controle de projeto que a utilizarão.

Portabilidade

RNF03 – Adaptabilidade

Segundo a definição dada pela norma NBR ISO/IEC 9126, adaptabilidade é a capacidade de um produto de software de ser adaptado para diferentes ambientes de hardware ou software sem a necessidade de aplicações de outras ações.

Esse requisito é necessário, pois essa arquitetura poderá ser implementada em conjunto com uma gama de possibilidades que vão desde a implementação da mesma como um webservice, uma aplicação cliente servidor, entre outras.

Eficiência:

RNF04 – Comportamento em relação ao tempo - Desempenho

Segundo a definição dada pela norma NBR ISO/IEC 9126, comportamento em relação ao tempo é a capacidade de um produto de software de fornecer tempo de resposta e processamento, bem como taxas de transferência adequadas, quando o software executa suas funções.

O tráfego de informações entre os métodos das classes do sistema foi desenvolvido para minimizar o número de acessos e quantidade de vezes em que cada classe é instanciada. Somando-se a essa característica o fato que essa arquitetura não armazena o estado de suas operações, não há tráfego de dados a não ser pela interface de entrada e saída em XML, o que pretende assegurar a melhor relação de tempo de resposta possível.

Requisitos não funcionais não atendidos

A definição de um conjunto de requisitos não funcionais gera um outro conjunto de requisitos que não são atendidos seja por estarem fora da alçada dessa arquitetura, ou por se tratarem de itens que, caso atendidos, prejudicariam o atendimento uns dos outros (*tradeoffs*).

Usabilidade

Atendimento de características como Atratividade e Inteligibilidade deixadas a cargo das implementações da Arquitetura (que não possui interface).

3.3.3 Casos de Uso da Arquitetura

Os casos de uso (abreviados como UC) descritos na tabela 8 representam as regras de negócio extraídas dos requisitos funcionais e não funcionais e formam a base para a criação do sistema. A figura 19 ilustra o diagrama de casos de uso da arquitetura.

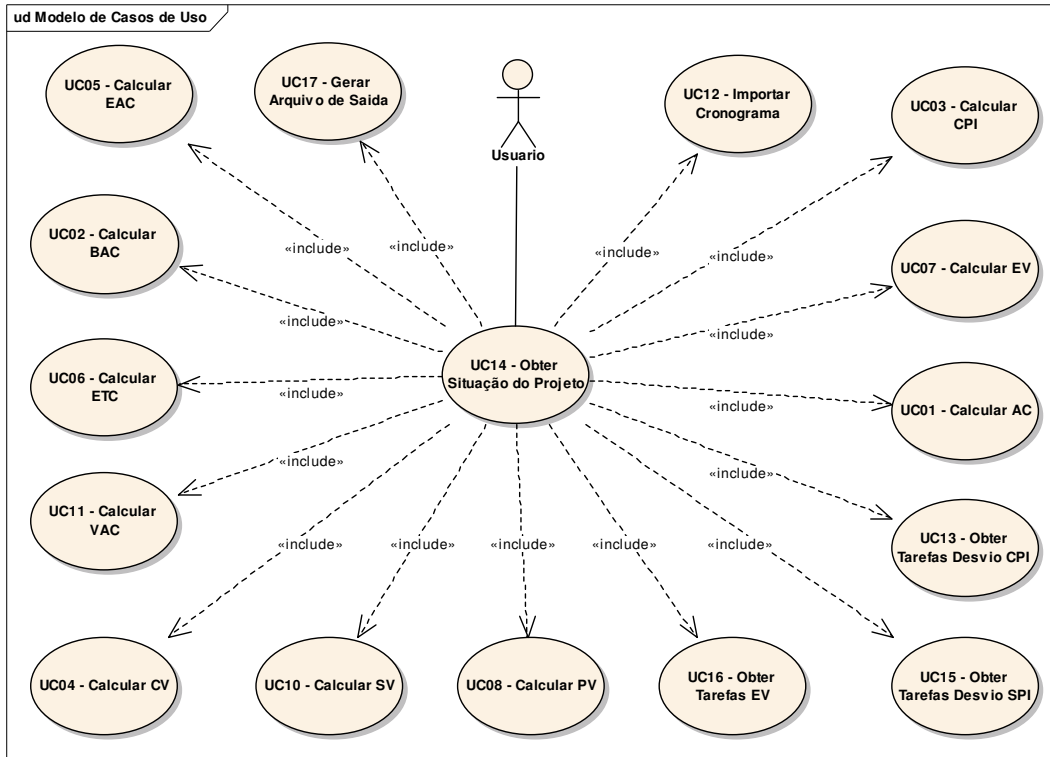


Figura 19 – Diagrama de Casos de Uso da Arquitetura

Tabela 8 – Relação dos casos de uso

Número	Caso de Uso	Descrição
UC01	Calcular AC	Esse caso de uso efetua o cálculo do valor real do projeto
UC02	Calcular BAC	Esse caso de uso calcula o orçamento do projeto
UC03	Calcular CPI	Esse caso de uso calcula o índice de desempenho de custos do projeto
UC04	Calcular CV	Esse caso de uso calcula a variação no custo do projeto
UC05	Calcular EAC	Esse caso de uso calcula a estimativa de custo do projeto ao término do mesmo
UC06	Calcular ETC	Esse caso de uso calcula a estimativa de custo para a finalização do projeto, ou quanto será necessário para finalizá-lo
UC07	Calcular EV	Esse caso de uso calcula o valor agregado do projeto
UC08	Calcular PV	Esse caso de uso calcula o valor planejado para gasto do projeto até a presente data
UC09	Calcular SPI	Calcular SPI: Esse caso de uso calcula o índice de desempenho do cronograma do projeto
UC010	Calcular SV	Esse caso de uso calcula a variação do cronograma do projeto
UC011	Calcular VAC	Esse caso de uso calcula a variação de custo no final do projeto
UC012	Importar Cronograma	Esse caso de uso dispara a importação dos dados do projeto

UC013	Obter Tarefas Desvio CPI	Esse caso de uso gera uma lista com as tarefas que estiverem causando desvios no valor de CPI (quando o índice estiver abaixo de zero)
UC014	Obter situação do Projeto	Esse caso de uso controla e determina a execução de todos os demais casos de uso do sistema, sendo acionado por uma entidade externa para a geração dos dados de valor agregado
UC015	Obter Tarefas Desvio SPI	Esse caso de uso gera uma lista com as tarefas que estiverem causando desvios no valor de SPI (quando o índice estiver abaixo de zero)
UC016	Obter Tarefas EV	Esse caso de uso gera uma lista com as tarefas já iniciadas do projeto, indicando para cada uma delas sua contribuição para o valor agregado do projeto
UC017	Gerar Arquivo de Saída	Esse caso de uso gera o arquivo de saída com as informações de valor agregado do projeto

3.4 A lógica computacional do processo de negócio

Para atender aos requisitos mencionados, a arquitetura para análise de valor agregado deve receber um cronograma (de acordo com o UC-12 Importar Cronograma) válido. As informações do cronograma serão a base para todos os cálculos de análise de valor agregado.

Dessa forma, é necessário que a arquitetura integre uma estrutura para manter essas informações em tempo de execução permitindo o acesso às mesmas. Características comuns a todos os projetos como dados sobre o projeto, tarefas, recursos, linha de base (*baseline*) e calendário foram consideradas no desenho dessa estrutura.

A figura 20 mostra o diagrama de classes criado para atender as características de projeto e de análise de valor agregado na arquitetura.

A classe Análise mantém os dados do cronograma recebido e seu detalhamento na forma de listas de recursos e tarefas. Esta classe possui os métodos responsáveis pela carga de tarefas, recursos e calendários, necessários ao processamento.

A classe Indicadores mantém os valores dos 11 indicadores da análise de valor agregado. Os quatro indicadores primários são atributos públicos, já os demais (que são calculados com base nos 04 primeiros) são atributos privados utilizados pelo processamento na criação do arquivo de saída. Essas funcionalidades são herdadas pelas classes Tarefa e Associação.

A classe Tarefa mantém os dados necessários ao processamento das tarefas do projeto. Seus métodos retornam informações sobre as tarefas.

A classe Recurso mantém os dados dos recursos do projeto e seus métodos retornam informações sobre os mesmos.

A classe Associação mantém os dados referentes à associação entre um recurso e uma tarefa. Seus métodos retornam informações sobre as associações.

A classe Calendário mantém os dados dos calendários dos recursos do projeto e seus métodos realizam a carga dos períodos regulares (em que há expediente) e os irregulares (onde não há expediente) e retornam informações como a quantidade de horas úteis entre uma data e outra.

A classe Período mantém os dados dos períodos que compõem os dias de trabalho de um calendário. Seus métodos retornam informações sobre os períodos.

Na realização dos casos de uso (criados na forma de diagramas de seqüência) são identificadas a ordem de criação e de acionamento de cada classe desse modelo. As realizações na íntegra encontram-se na documentação anexa a esse trabalho em CD.

3.5 Fluxos de Informação

O primeiro caso de uso a tratar com os dados na arquitetura para análise de valor agregado é a importação de cronograma. Por não envolver a utilização de nenhuma classe para essa função, esse processo não é mostrado no diagrama de seqüência. A importação de um cronograma em um formato XML específico se dá por meio de transformação com XSLT (*Extensible Stylesheet Language Transformations*). A partir desse momento as informações do cronograma passam a trafegar por entre as classes do sistema de forma a gerar os indicadores desejados.

Os fluxos serão descritos em diagramas de seqüência que ilustram (LARMAN, 2007) os eventos gerados pelos atores, sua ordem e os eventos de sistema, conforme ilustra a figura 21.

É conveniente notar que tanto a entrada quanto a saída de informações deste modelo são feitas por meio de um padrão aberto de arquivos XML. Essa padronização faz com que haja livre acesso à documentação do formato para que seja possível a criação de interfaces que permitam a integração das diversas ferramentas livres para gerenciamento de projetos com essa arquitetura.

Embora a criação de uma interface para a utilização de forma manual seja possível, o desenho da solução foi criado de forma a facilitar a implementação das interfaces de entrada e saída de dados na forma de web services. Essa implementação facilita o acesso direto de aplicações e permite a interoperabilidade entre diferentes plataformas.

A classe Análise é a responsável por atuar como interface de todas as demais classes. Após seu acionamento, ela cria tantas instâncias da classe Tarefa quantas forem as tarefas no cronograma. As Tarefas, por sua vez, efetuam a carga das associações e seus dados. Na seqüência, os dados dos calendários são carregados, porém, por representarem grandes quantidades de informação existe uma consistência para avaliar se o calendário em questão está sendo utilizado (e se o mesmo já não foi carregado). Os recursos que estiverem associados a alguma das tarefas serão carregados e, finalmente, os indicadores da análise de valor agregado serão calculados tarefa a tarefa.

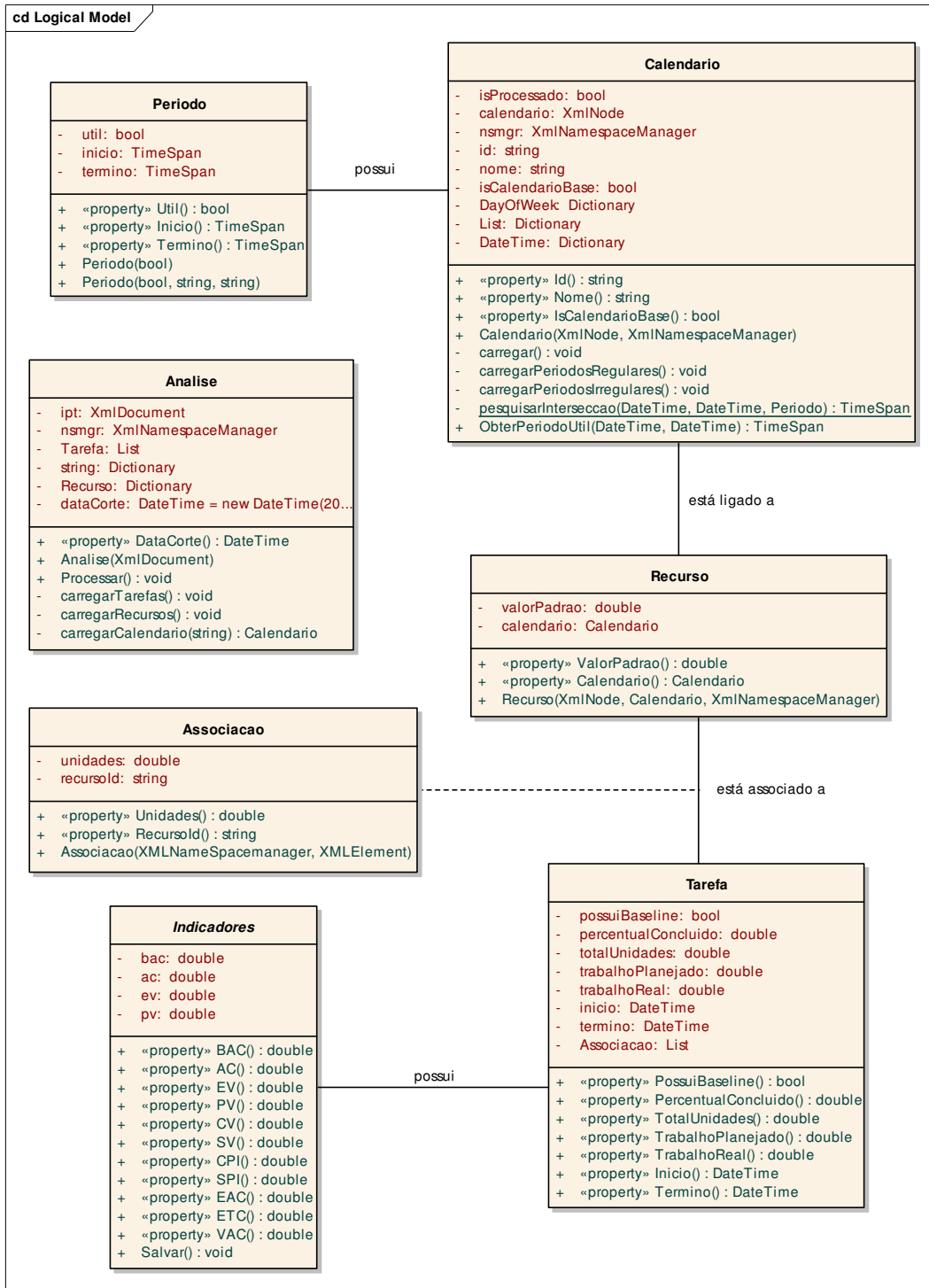


Figura 20 – Diagrama de Classes

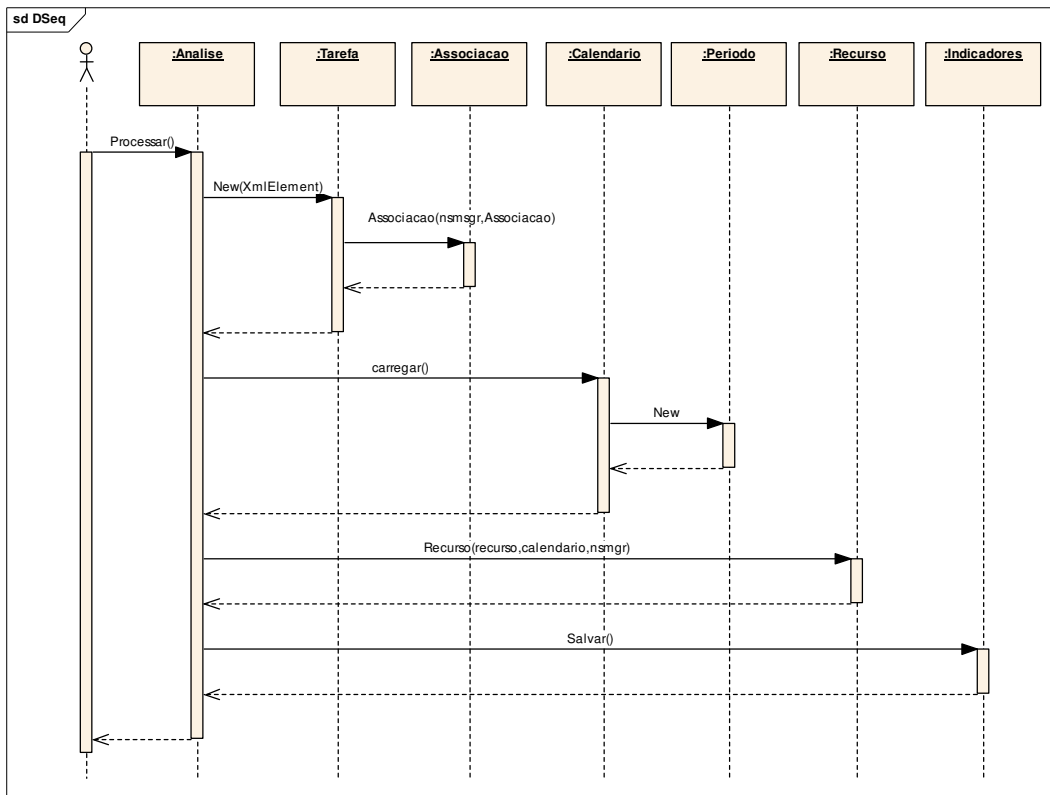


Figura 21 – Diagrama Sequência para Importação de Cronograma

3.5.1 Definição da Interface de Entrada e Saída de Dados

A entrada de dados da arquitetura para análise de valor agregado prevê a utilização de interfaces por arquivos XML (de forma a atender os requisitos não funcionais) e utiliza-se das seguintes informações:

- **Projeto:** esse nó deve conter as informações gerais do projeto como o nome da empresa, do projeto, do gerente e a data de início do projeto, entre outras.
- **Tarefa:** esse nó deve conter as informações referentes à cada tarefa, como seu nome, data de início, duração, indicador de *milestone*, percentual de conclusão, data real de início e fim e duração real, entre outras.
- **Recursos:** esse nó deve conter os dados dos recursos participantes do projeto, como seus nomes, taxas (valor hora), entre outras.
- **Atribuições:** esse nó trás as relações de participação nas tarefas dos recursos, e dados como o percentual de participação de cada recurso em cada tarefa.
- **Baseline:** esse nó traz, para cada tarefa, a data de início, término, duração e esforço estimados ao término do planejamento. Essas informações são utilizadas para a medição contra os resultados efetivamente alcançados.
- **Calendários:** esse nó traz os dados de feriados e dias úteis não padrão (seja por horários diferenciados ou finais de semana considerados como dias úteis).

Essa estrutura contempla todos os dados do projeto necessários à realização dos cálculos de análise de valor agregado e está detalhada campo a campo no Anexo B – Formato do arquivo padrão XML IPT.

A saída de dados, também no formato XML, traz todas as informações referentes aos indicadores de análise de valor agregado além das listas de tarefas, a saber:

- Valores de PV, EV, AC, BAC, SPI, SV, CPI, CV, EAC, VAC e ETC.
- Informações para a geração da lista com as tarefas que impactaram o cronograma e/ou o custo
- Informações para a geração da lista com o valor que cada tarefa agregou ao projeto.

Essas informações podem ser utilizadas na criação de relatórios ou para entrada de dados em outros sistemas que as manipulem.

3.6 Possíveis Cenários de Implementação

As possibilidades de uso da arquitetura para análise de valor agregado incluem os seguintes cenários:

- Utilização conjunta com uma das ferramentas para controle de projetos (versão *desktop*, genericamente chamada de *X Project*): neste cenário, a arquitetura interage com o *X Project* na forma de um componente que atua com a camada de interface com o usuário por meio de uma nova funcionalidade para a análise de valor agregado. O resultado desta análise poderá ser tratado na aplicação e personalizado de acordo com as exigências do cliente.
- Disponibilização da arquitetura na forma de um serviço Web (*Web Service*): neste cenário, as funcionalidades da arquitetura seriam disponibilizadas por meio de um *Web Service* que recebe como entrada o arquivo XML (já no padrão da arquitetura) e retorna também um arquivo XML (ZHANG et.al., 2004). Sua implementação permite a criação de um site que forneça o serviço de análise de valor agregado, ou podem ser utilizados conceitos de SOA (*Service-oriented Architecture*) para a composição desse serviço em conjunto com plataformas distintas de serviços (ERL, 2005).
- Utilização com diferentes regras de negócio: os dois exemplos anteriores assumem uma característica da arquitetura que é o fato de que a mesma não mantém estado das informações (*stateless*). Nesse caso, com a inclusão de uma camada de regras de negócio, os dados da análise de valor agregado são enviados à camada de apresentação, mas também são persistidos em um banco de dados pela camada de DAO (*Data Access Object*). Dessa forma viabiliza-se a geração de relatórios com o gráfico da evolução do projeto em diferentes momentos.

A figura 22 ilustra o funcionamento dos cenários listados anteriormente.

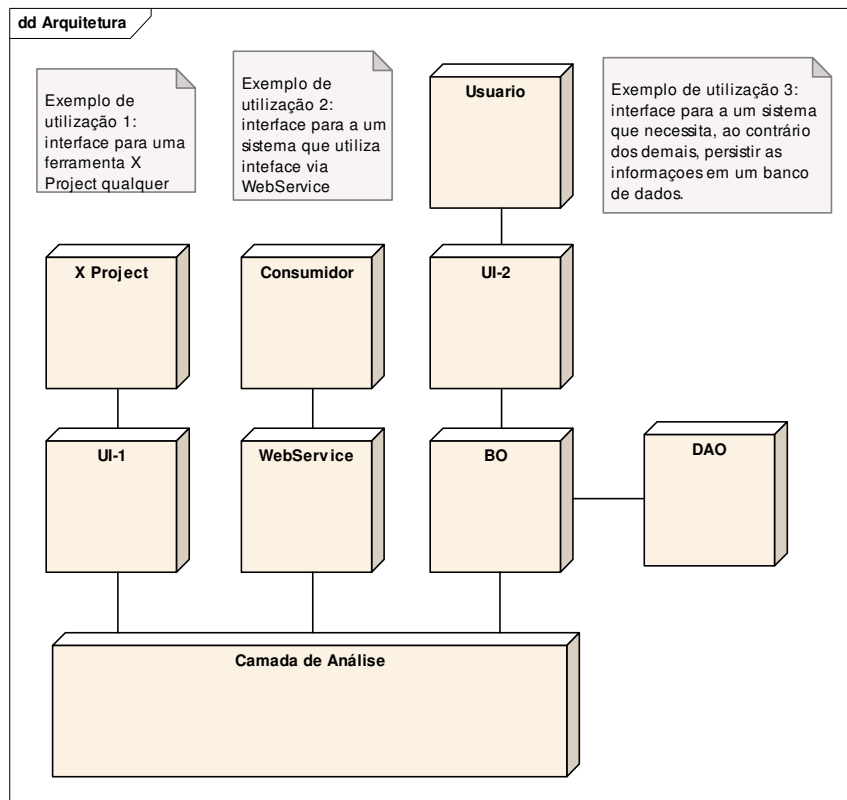


Figura 22 – Organização dos componente e módulos

3.7 Consolidação das Visões Arquiteturais

A arquitetura de um sistema de software (Eriksson, et.al. 2004) é constituída de visões que representam seus diferentes aspectos: funcionais, não funcionais e organizacionais. De acordo com Varoto (2002), cada envolvido no projeto tem uma maneira diferente de enxergar um mesmo problema, de acordo com suas experiências e sua participação no projeto, de forma que várias camadas de abstração são necessárias para que cada camada aborde uma visão específica, enfatizando um aspecto particular do sistema. A arquitetura proposta neste trabalho pode ser compreendida em cinco visões distintas:

Visão de processos de negócio: Retrata os processos de gerenciamento de projetos (PMBOK) envolvidos com a análise de valor agregado, conforme apresentado nos capítulos 2.3 e 2.4. Essa visão enfatiza o relacionamento da análise de valor agregado com o PMBOK não apenas por meio dos processos referentes ao controle de custos, mas também em outros processos das áreas de conhecimento de custo, comunicações, tempo, escopo e integração. Esse relacionamento é feito pelo mapeamento de processos frente aos onze indicadores da análise de valor agregado e o objetivo desta visão na arquitetura apresentada é evidenciar os processos de negócio de gerenciamento de projetos endereçado pelos indicadores da análise de valor agregado.

Visão lógica: Mostra as funcionalidades do sistema em termos de sua estrutura estática, na forma do diagrama de classes (conforme apresentado no capítulo 3.6) e dinâmica, na forma do diagrama de seqüência (conforme apresentado no capítulo 3.7). A estrutura estática representa a forma como as informações de projeto (cronograma) e as informações de análise de valor agregado serão mantidas e como se relacionam entre si.

A estrutura dinâmica representa a forma como a arquitetura tratará do fluxo de informações utilizando a estrutura estática como fundação. O objetivo desta visão é apresentar a solução desenvolvida para a criação do sistema para análise de valor agregado.

Visão de implementação: Utilizada para especificar a decomposição das funcionalidades, e pode ser representado por interfaces, atividades e contratos de ambiente, conforme apresentado no capítulo 3.5.1. Nessa visão as interfaces de entrada e saída foram definidas com a utilização de XML e sua estrutura criada para contemplar as informações de análise de valor agregado. O objetivo desta visão é demonstrar as possibilidades de integração do sistema com outras soluções de forma a complementá-las com informações de análise de valor agregado.

Visão de casos de uso: Apresenta as funcionalidades do sistema do ponto de vista de seus usuários, conforme apresentado no capítulo 3.6. A regra de negócio para a análise de valor agregado foi distribuída entre os casos de uso que fazem o cálculo de cada indicador, enquanto os demais casos de uso mantêm as regras para o controle e a execução do cálculo, bem como da importação, exportação e validação dos dados do cronograma. O objetivo desta visão é apresentar a forma como as regras de negócio estão sendo atendidas.

Visão de infra-estrutura: Descreve a infra-estrutura necessária para suportar a aplicação, conforme apresentado no capítulo 3.6. Esta visão auxilia a tomada de decisão a respeito da forma como o sistema pode ser utilizado na prática, e qual será o relacionamento entre os módulos existentes. O objetivo desta visão é mostrar as possibilidades de implantação do sistema na forma de módulos que podem compor a solução

3.8 Conclusão

Este capítulo apresentou a especificação arquitetural da ferramenta para análise de valor agregado: desde a definição da modelagem utilizada, os requisitos funcionais e não funcionais, os casos de uso, os modelos de classe e seqüência, a estrutura de entrada e saída de informações, possíveis cenários de implantação e as visões arquiteturais.

As visões apresentadas neste trabalho, não encerram todas as possibilidades, havendo espaço para a criação de novas visões ou de modificações nas existentes, mas definem algumas das mais importantes visões para o desenvolvimento de um sistema.

O desafio neste capítulo foi o de criar uma estrutura que atendesse a todos os requisitos funcionais e não funcionais formulados com características como a interface de entrada e saída de dados em XML. As informações contidas neste capítulo representam uma parte da documentação gerada para o projeto, sendo que os detalhes das especificações encontram-se na documentação anexa a esse trabalho em CD.

4 Implementação de um sistema para análise de valor agregado

4.1 Introdução

Esse capítulo apresenta os aspectos tecnológicos da ferramenta, de uma das possíveis implementações de um sistema para análise de valor agregado, juntamente com a visão de infra-estrutura da versão criada neste trabalho, os desafios encontrados e os testes executados bem como seus resultados.

4.2 Cenários implementados

No capítulo 3.6 foram apresentados três possíveis cenários de implantação para o sistema de análise de valor agregado. Este capítulo apresenta a implementação de dois destes cenários conforme apresentado na figura 23 – módulos e componentes implementados.

Nesta figura, o cliente faz o envio dos dados de um cronograma em formato XML podendo esse arquivo ser ou não compactado. Outra possibilidade de acesso é a utilização do Webservice para acesso direto à camada de análise, de forma que a utilização deste mecanismo para a análise, potencialmente externo, seja transparente ao usuário. De qualquer das formas de acesso, o cliente tem contato apenas com a camada de apresentação.

4.2.1 Camada de Apresentação

A camada de apresentação permite o acesso à ferramenta de duas formas: interface de usuário onde o mesmo interage com a ferramenta por meio de um navegador web qualquer. A segunda possibilidade é o acesso via Webservice para permitir que sistemas possam reutilizar a lógica para análise de valor agregado. Ambas utilizam o protocolo HTTP (*hyper text transfer protocol*).

Para o caso do acesso via interface de usuário, os dados são enviados ao servidor Web que faz o upload do arquivo do cronograma. O sistema verifica se o arquivo está compactado e, caso esteja, descompacta o arquivo para então aplicar a transformação XSLT (*Extensible Stylesheet Language Transformation*) para o formato específico IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas), que define um conjunto minimamente necessário de informações para o processamento dos dados da análise de valor agregado.

Este arquivo, no formato XML IPT, vai servir de base para a análise e a camada de análise o utilizará como sua fonte de dados, alterando-o com a inclusão dos resultados da análise de valor agregado.

Dessa forma, após a análise, o mesmo arquivo de origem conterà os resultados, onde é aplicada uma nova transformação XSLT que, dependendo do idioma selecionado no momento do upload do arquivo, utilizará um dos arquivos de transformação disponíveis. Esta transformação formata em tabelas os dados da análise de valor agregado e adiciona informações complementares que auxiliam sua interpretação.

O último passo para o acesso via interface de usuário é a renderização pelo navegador do HTML (*Hyper Text Markup Language*) dos dados da análise de valor agregado na forma de um relatório.

O acesso via Web Service possui pequenas diferenças em sua execução. Após o recebimento de um arquivo XML, o sistema verifica se o mesmo possui a estrutura XML IPT especificada por meio de uma validação via XSD (*XML Schema Definition*). O arquivo validado é então enviado à análise e o arquivo XML IPT recebido é retornado, sendo acrescido ao mesmo os dados computados na análise e, então, devolvido ao cliente para tratamento (não é aplicada nenhuma transformação XSLT neste caso).

4.2.2 Camada de Análise

A camada de análise é acionada pela camada de apresentação no momento em que um cronograma recebido já tenha sido transformado e validado. O arquivo XML IPT é a base deste processamento sendo que os dados da análise são lidos deste documento e os resultados nele gravados.

A camada de análise subdivide-se em módulos que são responsáveis pela carga em memória dos dados do cronograma necessários à análise de valor agregado. São eles:

Carga de tarefas: É verificada a existência de ao menos uma linha de base para cada tarefa que não seja sumário (agrupador) e os dados da linha de base (início, término e trabalho planejado) são armazenados em memória, bem como o trabalho já realizado caso o percentual de conclusão seja maior do que zero.

Carga de associações: Para cada tarefa é feita a carga dos recursos a ela associados bem como os percentuais desta participação e de conclusão desta tarefa.

Carga de recursos: para todos os recursos referenciados no projeto são obtidas as informações necessárias para a identificação do mesmo, bem como seu custo associado. Caso algum recurso esteja com valor padrão igual a zero, será gerado um aviso no relatório final identificando esta situação que pode gerar inconsistências nos valores produzidos, o que viria a inviabilizar a análise. Entretanto, é prática comum no mercado não atribuir valor a alguns tipos de recursos, como equipes externas ou sobre as quais não haja controle de custos e alocação pelas empresas.

Carga de calendários: os cronogramas mantêm minimamente um calendário (padrão), que traz os períodos de trabalho e os de folga. O sistema fará a carga de todos os períodos regulares (que deverão ser trabalhados) e os períodos irregulares (em que não haverá trabalho). Eventualmente um recurso pode ter um calendário diferente do padrão a ele associado, e quando o sistema detecta essa ocorrência esse novo calendário é também carregado.

Como o cálculo dos períodos úteis é uma rotina de custo de processamento alto, estes calendários só são analisados em detalhe caso seja identificado no projeto tarefas já iniciadas e que possuam término posterior à data de corte, situação que afeta o cálculo do PV (*Planned Value*).

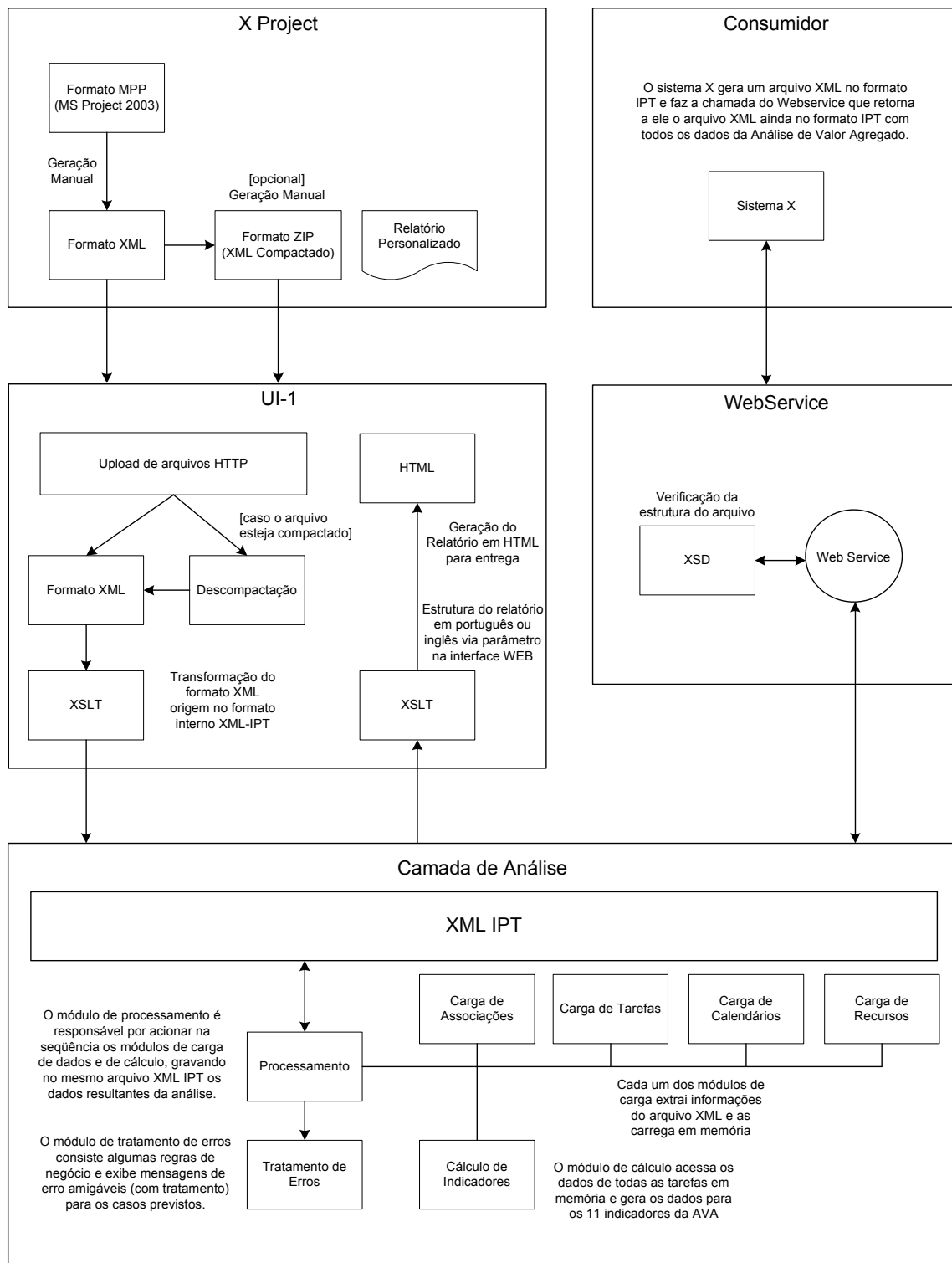


Figura 23 – Módulos e componentes implementados

Cálculo de indicadores: os indicadores são calculados tarefa a tarefa a partir das regras definidas no capítulo 2 deste trabalho e são salvos na estrutura do arquivo XML IPT.

O tratamento de erros mostra uma página customizada para os usuários com o detalhamento do problema encontrado e prevê as seguintes condições:

- Tarefa sem linha de base – para que o cálculo seja possível, todas as tarefas devem ter linha de base, ou seja, alguma referência contra a qual possam ser feitas as comparações entre o previsto e o realizado. Uma tarefa pode ter mais do que uma linha de base, sendo que o sistema considerará sempre a última linha de base salva.
- Recurso alocado e sem valor – recursos com valores zerados influenciam na precisão do cálculo, pois representam consumo de horas no projeto que não serão apontadas. Como pode existir uma lista corporativa de recursos e nem todos tenham tarefas a eles atribuídas, os recursos sem tarefas não serão carregados em memória.
- Tarefas sem recursos a ela associados – todas as tarefas devem possuir um responsável, para que seja feita a correta alocação de custos.

4.3 Visão de infra-estrutura

A figura 24 traz a ilustração da visão de infra-estrutura da solução, onde se pode notar a existência dos seguintes componentes:

Servidor WEB: neste caso, tendo em vista que o desenvolvimento da ferramenta foi feito em linguagem C#, o servidor WEB é o IIS (*Internet Information Server*). Tanto as requisições para acesso via interface de usuário, quanto as requisições para o Web Service, são realizadas pela porta 80 deste servidor. Ele mantém os componentes ASPX (extensão para os arquivos de interface com o usuário) e ASMX (extensão para os Web Services).

Servidor de Aplicação: Na presente implementação o componente de negócio e componentes associados são executados no mesmo contexto do servidor web. Entretanto, é possível implementar a distribuição de carga de processamento para outros servidores de aplicação com pequenas alterações, utilizando recursos nativos do próprio Microsoft .NET framework.

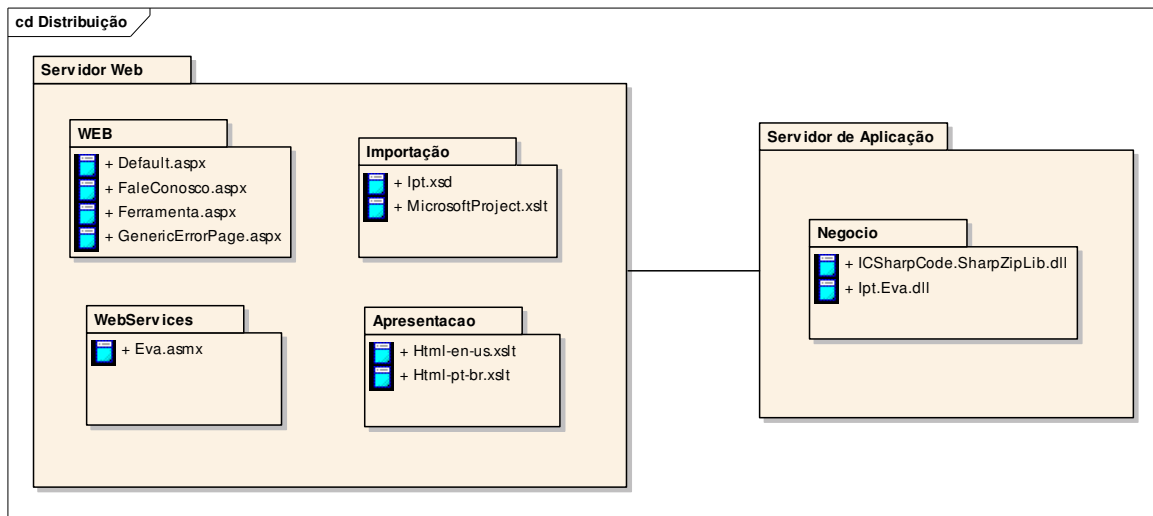


Figura 24 – Visão de infra-estrutura da solução

4.4 Utilização da Ferramenta

De acordo com a estruturação da camada de apresentação, a ferramenta pode ser utilizada por acesso via interface de usuário ou por meio de um Web Service. Para o primeiro caso, a interface de uso é ilustrada na figura 25.

Nela pode-se notar a existência de um campo para o *upload* do arquivo do cronograma, seja ele em formato XML ou XML compactado. O usuário deve selecionar o formato de saída (neste caso, o único formato de saída implementado é o HTML) e o idioma do relatório (português ou inglês). Além disso, a única ação do usuário será o clique no botão “Enviar” que dispara os eventos de *upload* do cronograma, a análise de valor agregado e a geração do relatório que é apresentado na seqüência.

A interface de usuário apresenta os seguintes campos e opções:

- Documento XML : [campo de texto] [Arquivo...]
- Formato da entrada:
 - Microsoft Project 2003 (xml, xml zipped)
- Formato da saída:
 - HTML 4.01 / XHTML 1.0
 - Microsoft Word 2007 (não implementado ainda)
 - Microsoft PowerPoint 2007 (não implementado ainda)
- Idioma:
 - Português (Brasil)
 - English (US)

Um botão "Enviar" está localizado na parte inferior da interface.

Figura 25 – Tela para acesso via interface de usuário

Para o caso do acesso via Web Service, entende-se como premissa de que haverá um sistema qualquer enviando dados em formato XML seguindo uma estrutura padronizada para a análise. A resposta deste processamento será também um arquivo XML com os dados da análise de valor agregado.

Desta forma não é necessária a existência de uma interface visual para o Web Service, mas para fins de testes, foi utilizada a interface gerada automaticamente pelo IIS

apresentada na figura 26 onde pode-se enviar um arquivo XML no padrão IPT para testes desta forma de acesso.

Eva

Click [here](#) for a complete list of operations.

Process

Test

To test the operation using the HTTP POST protocol, click the 'Invoke' button.

Parameter	Value
xmlIpt:	<input type="text"/>

Invoke

Figura 26 – Tela para acesso via Web Service

4.5 Interpretação dos dados do relatório

O relatório gerado pela ferramenta possui diversas informações úteis ao gerente de projetos, e estão divididas em 7 seções principais:

- Dados Gerais
- Resumo
- Situação Atual do Projeto
- Projeção para o Projeto
- Índice de Desempenho de Cronograma
- Índice de Desempenho de Custos
- Valor Agregado

No anexo C – interpretação dos dados do relatório são detalhados cada campo do relatório.

4.6 Testes efetuados

Após o desenvolvimento da ferramenta, foram criados diversos cenários com condições de testes para validar os valores apresentados, as listas de tarefas com impactos e testes para verificar se o sistema era capaz de detectar e tratar condições de exceção. A seguir são apresentados, como exemplo, dois dos cenários testados (os dezesseis cenários, arquivos, resultados e avaliações na íntegra encontram-se na documentação anexa a esse trabalho em CD).

Os testes foram feitos com base em arquivos do Microsoft Project 2003 que, salvos em formato XML, eram compactados e enviados à ferramenta. O resultado da ferramenta, na forma de relatório foi então comparada com os dados de uma planilha eletrônica, onde os cálculos foram realizados de forma manual e seguindo à risca as fórmulas previstas na teoria da análise de valor agregado.

4.6.1 Cenário 1

Condição Avaliada: Projeto com todos os campos obrigatórios preenchidos. A data da análise, ou data de corte, utilizada fez com que 03 tarefas estivessem ainda em

andamento o que dificulta o cálculo da ferramenta por ser a única condição em que os calendários são necessários. Todas as tarefas estão em dia, mas as tarefas da fase de iniciação têm divisões irregulares de percentual de participação dos recursos. A figura 27 mostra o detalhe do cronograma que evidencia essa situação.

Resultado do teste: Os resultados das avaliações manual e automática do cronograma da figura 27 podem ser verificados nas tabelas 09 e 10 respectivamente.

Os resultados foram idênticos, o que indica que a ferramenta fez os cálculos corretamente. Não houve tarefas nas listas de impacto em SPI e CPI o que também está correto, visto que o cronograma está em dia.

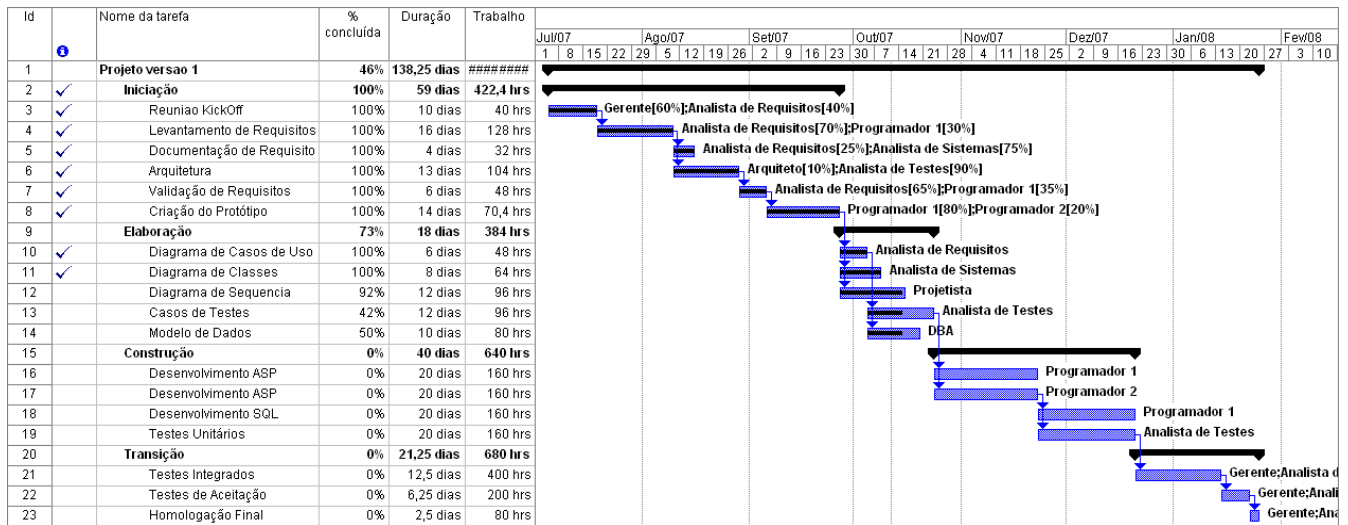


Figura 27 – Cronograma do cenário 01

Tabela 9 – Resultados dos testes do cenário 01 - manual

BAC	R\$ 71.612,00	AC	R\$ 23.137,44
EV	R\$ 23.137,44	PV	R\$ 23.116,00
CV	R\$ -	SV	R\$ 21,44
CPI	1,00	SPI	1,00
EAC	R\$ 71.612,00	ETC	R\$ 48.474,56
VAC	R\$ -		

Tabela 10 – Resultados dos testes do cenário 01 – automático

Resumo					
◆	BAC	R\$ 71,612.00	◆	AC	R\$ 23,137.44
◆	EV	R\$ 23,137.44	◆	PV	R\$ 23,116.00
◆	CV	R\$ 0.00	◆	SV	21.44
◆	CPI	1.00	◆	SPI	1.00
◆	EAC	R\$ 71,612.00	◆	ETC	R\$ 48,474.56
◆	VAC	R\$ 0.00			

4.6.2 Cenário 2

Condição Avaliada: Projeto com todos os campos obrigatórios preenchidos. A data da análise, ou data de corte, utilizada fez com que 02 tarefas estivessem ainda em andamento. Existem 07 tarefas atrasadas, e duas delas adiantadas. Uma das tarefas, com apenas 80% de conclusão, já consumiu todo o valor planejado à mesma. A figura 28 mostra o detalhe do cronograma que evidencia essa situação.

Resultado do teste: Os resultados das avaliações manual e automática do cronograma da figura 28 podem ser verificados nas tabelas 11 e 12 respectivamente.

Os resultados foram idênticos, o que indica que a ferramenta fez os cálculos corretamente. De acordo com o cenário e com os valores de SPI e CPI, existem tarefas com problemas no projeto. A tabela 13 mostra as tarefas que deveriam ter sido completadas e ainda não foram e também as tarefas que custaram mais do que deveriam.

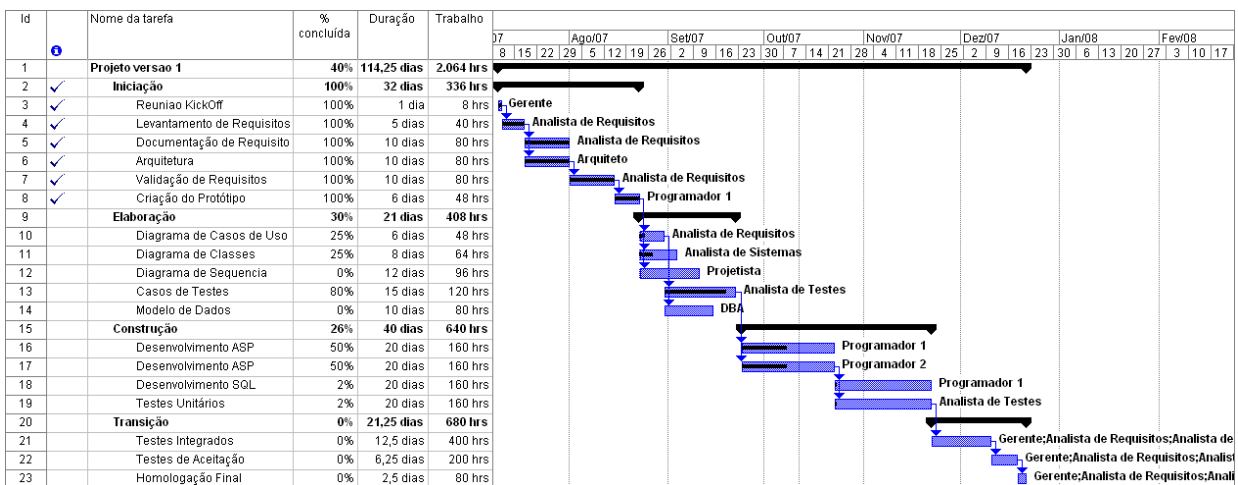


Figura 28 – Cronograma do cenário 02

Tabela 11 – Resultados dos testes do cenário 02 - manual

BAC	R\$ 69.592,00	AC	R\$ 20.252,00
EV	R\$ 19.580,00	PV	R\$ 31.592,00
CV	R\$ (672,00)	SV	R\$ (12.012,00)
CPI	0,97	SPI	0,62
EAC	R\$ 71.980,45	ETC	R\$ 51.728,45
VAC	R\$ (2.388,45)		

Tabela 12 – Resultados dos testes do cenário 02 - automático

Resumo					
◆	BAC	R\$ 69,592.00	◆	AC	R\$ 20,252.00
◆	EV	R\$ 19,580.00	◆	PV	R\$ 31,592.00
◆	CV	R\$ -672.00	◆	SV	-12,012.00
◆	CPI	0.97	◆	SPI	0.62
◆	EAC	R\$ 71,980.45	◆	ETC	R\$ 51,728.45
◆	VAC	R\$ -2,388.45			

Tabela 13 – Listas de Tarefas com problemas

Índice de Desempenho do Cronograma

Tarefas que impactaram o cronograma do projeto (tarefas atrasadas)			
Tarefa	Responsável	Data Término Prevista	% Conclusão
10. Diagrama de Casos de Uso	Analista de Requisitos	30/ago/2007 18:00	25
11. Diagrama de Classes	Analista de Sistemas	03/set/2007 18:00	25
12. Diagrama de Sequencia	Projetista	10/set/2007 18:00	0
13. Casos de Testes	Analista de Testes	21/set/2007 18:00	80
14. Modelo de Dados	DBA	14/set/2007 18:00	0
16. Desenvolvimento ASP	Programador 1	22/out/2007 18:00	50
17. Desenvolvimento ASP	Programador 2	22/out/2007 18:00	50

Índice de Desempenho de Custos

Tarefas que impactaram o custo do projeto (custaram mais do que deveriam)					
Tarefa	Responsável	Valor Estimado	Valor Consumido	% Conclusão	Previsão custo
13. Casos de Testes	Analista de Testes	3,360.00	3,360.00	80	4,200.00

4.6.3 Demais cenários avaliados

Além dos dois cenários detalhados anteriormente, diversos cenários adicionais foram considerados. Segue a listagem das demais condições verificadas:

- Cronograma sem linha de base
- Cronograma onde os recursos possuem valor de custo igual a zero
- Cronograma com tarefas atrasadas e/ou custos acima do previsto
- Cronograma com tarefas adicionadas e nova linha de base salva
- Cronograma onde tarefas não têm recursos a elas alocados
- Cronograma com tarefas que demoraram menos e outras que demoraram mais
- Cronogramas com várias das condições anteriores juntas

Deve-se considerar, no entanto, que dada a grande flexibilidade provida por algumas das ferramentas de gerenciamento de projetos, os cenários de testes podem ser extremamente numerosos e complexos. Os casos aqui apresentados e os demais que compõem a documentação em CD refletem as situações mais comuns a alguns dos casos de exceção, mas somente a sua utilização contínua poderá trazer à luz novos cenários que demandem novas formas de tratamento, ou mesmo falhas no processamento.

4.7 Considerações sobre o desempenho da ferramenta

Após o desenvolvimento da ferramenta, foram realizadas diversas baterias de testes localmente para verificar suas funcionalidades e busca por erros. Até este momento, os resultados da análise estavam sendo apresentados em tempos que não despertaram a atenção por serem considerados razoavelmente rápidos (em torno de 2 segundos).

Após as baterias iniciais de testes, a ferramenta foi colocada em um ambiente externo à máquina de desenvolvimento, em um ambiente de hospedagem de sites profissional. Foi realizado o *deployment* neste ambiente e a bateria de testes foi executada novamente.

Neste momento, os tempos de resposta passaram a ser mais de dez vezes superiores aos tempos observados no ambiente local. Após à análise do processamento associado aos casos de testes com diversos cronogramas, pudemos concluir que a demora estava diretamente associada à taxa de transferência de rede.

Desta forma, foi necessário o desenvolvimento de uma solução que possibilitasse a compactação dos arquivos XML para o envio e a descompactação automática pela ferramenta. Os tempos encontrados nestas condições, conforme apresentados na tabela 14 – tempos de execução, evidenciaram que a medida tornaria factível o uso da ferramenta mesmo em se tratando de arquivos grandes, ao custo de maior processamento no servidor de aplicações.

Os arquivos XML, apesar de possuírem uma estrutura especial, podem ser considerados para fins práticos como sendo arquivos de texto simples. Com isso, sua taxa de compressão fica em torno de 95%, o que justifica a considerável diferença nos tamanhos dos arquivos.

Tabela 14 – Tempos de Execução

Arquivo	Formato	Tamanho (kb)	Tempo (s)	Formato	Tamanho (kb)	Tempo (s)
08 tarefas	XML	237	05	ZIP	14	01
23 tarefas	XML	1.258	21	ZIP	64	02
45 tarefas	XML	3.341	57	ZIP	152	06
89 tarefas	XML	5.389	81	ZIP	236	07

4.8 Conclusão

Este capítulo apresentou uma das implementações possíveis para a arquitetura proposta de análise de valor agregado, sua divisão em camadas, sua distribuição, sua utilização prática, a interpretação dos dados do relatório que a ferramenta gera, os testes efetuados e seus resultados, bem como considerações sobre seu desempenho.

A implementação seguiu a documentação gerada no capítulo anterior, e o funcionamento da ferramenta já pode ser verificado na web, onde a ferramenta está disponível. Informações complementares a respeito da implementação podem ser obtidas no anexo D – implementação do sistema.

As informações contidas neste capítulo representam uma parte da documentação gerada para o projeto, sendo que todo o código-fonte, arquivos utilizados nos testes, e componentes compilados encontram-se na documentação anexa a esse trabalho em CD.

5 Conclusões

Este trabalho apresentou uma especificação arquitetural de um sistema aberto para análise de valor agregado e também uma de suas possíveis implementações. Espera-se que a utilização da análise de valor agregado como forma de aumentar o controle sobre os projetos (uma vez que sua principal característica é reduzir a um denominador comum às informações de custo dos projetos) seja estimulada com a possibilidade de integrar as ferramentas livres atuais que carecem dessa característica com a ferramenta aqui desenvolvida.

5.1 Ciclo de análise

De acordo com o que ilustra a figura 29, o presente trabalho percorreu um ciclo de análise que passou pelos seguintes passos:

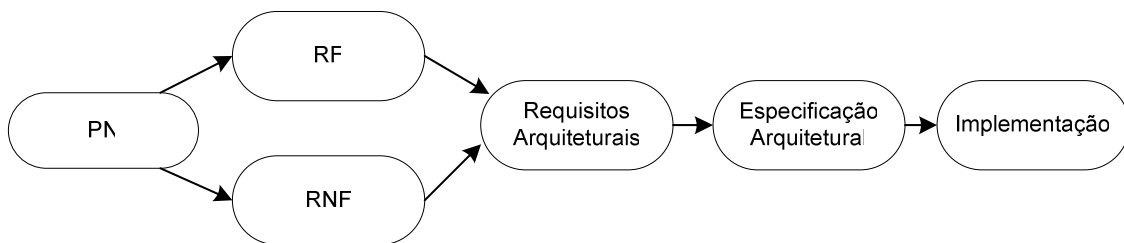


Figura 29 – Ciclo de análise

PN – Trata-se do processo de negócio que neste caso é a análise de valor agregado no gerenciamento de projetos e que foi baseado no PMBOK e em suas áreas de conhecimento, conforme apresentado no capítulo 2.

RF – São os requisitos funcionais identificados a partir do processo de negócio. Neste caso, resumem-se aos 11 indicadores da análise de valor agregado que deveriam ser endereçados pela arquitetura proposta, de acordo com o capítulo 3.

RNF – São os requisitos não funcionais ou as características de qualidade a serem atendidas pela arquitetura. Esses requisitos foram identificados e documentados de acordo com a norma NBR ISO/IEC 9126, também de acordo com o capítulo 3.

Os requisitos arquiteturais endereçam os requisitos funcionais e não funcionais e definem o desenho da arquitetura. Neste caso, soluções utilizadas como as interfaces em XML, além de todas as classes necessárias ao funcionamento da ferramenta são os requisitos da arquitetura.

A especificação arquitetural trata de todos os artefatos necessários à implementação da solução como: casos de uso, definição e diagramas de classes (modelo estático), diagrama de seqüência (modelo dinâmico) além da organização dos componentes e módulos do capítulo 3.

A implementação, de acordo com o descrito no capítulo 4, encerra o ciclo mostrando como o processo de negócio identificado por meio de requisitos e especificado pode ser transformado em uma ferramenta que o automatize.

5.2 Indicadores do trabalho

Alguns dos indicadores qualitativos resultantes deste trabalho são: a elaboração de um artigo para o Contecsi (Congresso de tecnologia e sistemas de informação) que ainda aguarda aprovação, a especificação de um portal para prestação de serviços de análise de valor agregado, o engajamento do autor no Laboratório de Medidas em Arquitetura de *Software*: Labmed-IPT, a definição da utilização do padrão XML e a adoção de *WebServices* para garantir a interoperabilidade da solução.

Com relação aos indicadores quantitativos, este trabalho endereçou a criação de uma solução arquitetural que deu origem a 07 classes de negócio, 11 requisitos funcionais e 4 requisitos não funcionais, atendidos por meio de 17 casos de uso.

5.3 Possíveis utilizações práticas para a ferramenta

A ferramenta, da forma como está sendo liberada à comunidade ao término deste trabalho, é completamente funcional e encontra-se hospedada em uma empresa nacional de forma que um acesso web é suficiente para sua utilização.

Existe a possibilidade de que seu código fonte seja obtido gratuitamente e implantado, com ou sem modificações, em diversos ambientes, sejam eles de estudo, individuais, corporativos e etc. Independente da forma como a ferramenta será utilizada, estima-se que a mesma seja útil nas seguintes circunstâncias:

- **Aprendizado:** ao prover cronogramas com exemplos de dados para a análise, o site pode ser utilizado em auto-estudo não só sobre a análise de valor agregado, mas também dos passos que compõem o planejamento e controle dos projetos. Este estudo pode ser feito tanto de forma individual, como fazer parte do currículo de cursos de extensão no gerenciamento de projetos.
- **Estudo de tecnologia:** mesmo aos leigos quanto ao gerenciamento de projetos a visualização da documentação e do código fonte pode ter utilidade para estudantes de tecnologia que pretendam estudar a solução adotada e o código fonte da ferramenta.
- **Profissionais que utilizam ferramentas livres:** com a criação e envio de cronogramas no formato XML específicos seja via Web Service ou não, estes profissionais poderão contar com uma ferramenta estável e confiável no que diz respeito as informações de análise de valor agregado fornecidas.

5.4 Restrições conhecidas

A ferramenta por tratar de uma grande quantidade de variáveis acerca do planejamento e execução dos projetos, possui algumas limitações conhecidas que são características que ela poderia endereçar, mas que em virtude de sua complexidade, foram deixadas para uma segunda revisão da mesma e foram devidamente identificadas para não gerarem falsos relatórios de erros. São elas:

- A ferramenta não trata horas extraordinárias. Assim, serão ignorados os valores de hora extra para os recursos, e serão considerados apenas os valores normais dos mesmos.

- A ferramenta não calcula os valores de tarefas que tenha recursos alterados, com valores diferentes, no decorrer do projeto.
- A ferramenta não considera custo de materiais nos projetos, apenas valores de recursos que tenham efetivamente atuado em tarefas.
- A ferramenta trata eventos de dias com trabalho extras ou folgas nos calendários dos recursos, mas não detecta essas alterações caso as mesmas estejam no calendário de tarefas.
- A ferramenta não é capaz de fazer análise de caminho crítico, assim uma tarefa atrasada ainda que não esteja no caminho crítico será apontada como problemática no relatório da análise.

5.5 Recomendações e trabalho futuros

Dentre as possíveis derivações deste trabalho estão a expansão do portal de prestação de serviços com a adição de novos serviços como a análise de caminho crítico ou a geração de gráficos com as informações de análise de valor agregado.

Além disso, a criação de novos módulos de transformação XSLT possibilitaria a utilização via interface de usuário não apenas aos possuidores de cronogramas no formato do Microsoft Project, mas também aos diversos tipos de formatos característicos de cada ferramenta livre de gerenciamento de projetos.

Da mesma forma, a criação de módulos XSLT adicionais permitiria o fornecimento do relatório resumo da situação do projeto em outros formatos, como OOXML, ODF, PDF, RTF entre outros.

6 Referências Bibliográficas

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO/IEC 9126-1: Engenharia de Software – qualidade de Produto: Parte 1: Modelo de Qualidade.** Rio de Janeiro, 2003. 21p.

ABERNETHY, Ken; PIEGARI, George. **TEACHING PROJECT MANAGEMENT: AN EXPERIENTIAL APPROACH.** 2007. 198-205p. ACM CCSC Eastern Conference.

ALMEIDA, Paulo Antonio de. **PRISMA : proposta de um modelo multidimensional para o gerenciamento de projetos de desenvolvimento de software.** 2004. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Computação) – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, São Paulo, 2004.

American National Standards Institute **ANSI/EIA Standard 748, Earned Value Managements System,** 2002.

BARROS, Ricardo José do Rego. **Análise de Valor Agregado, Montando uma Ferramenta.** MundoPM n. 10, p.14-21, ago-set 2006.

BASS, Len; CLEMENTS, Paul; KAZMAN, Rick. **Software Architecture in Practice,** Addison Wesley, 2003.

BESNER, Claude; HOBBS, Brian. **An empirical investigation of project management practice.** Proceedings of the 3rd PMI Research Conference, London, England, 2004.

BESNER, Claude; HOBBS, Brian. **An empirical investigation of project management practice. A Summary of the Survey Results.** Journal of Project Management, August 2006.

BEZERRA, Nelson Roberto de Albuquerque; FILHO, José Rodrigues de Farias. **Ferramentas para o controle do prazo de projetos.** 2005 (VII Semana de Engenharia da UFF, IV Seminário Fluminense de Engenharia)

BUDD, Charles I.; BUDD, Charlene Spoede. **A Practical Guide to Earned Value Project Management.** Vienna: Management Concepts: 2005

CARNEIRO, Margareth Fabíola dos Santos. **Indicadores: A maneira de se acompanhar progresso e medir sucesso de programas e projetos.** MundoPM n. 1, p.52-57, fev-mar 2005.

DINSMORE, Paul C.; CABANIS-BREWING, Jeannette. **The AMA Handbook of Project Management, Second Edition.** New York: Amacom, 2006

ERIKSSON, Hans-Erik. et.al. **UML 2 Toolkit.** Indianapolis: Wiley Publishing, 2004.

ERL, Thomas. **Service-Oriented Architecture: Concepts, Technology, and Design.** Upper Saddle River: Prentice Hall PTR, 2005.

FERRAZ, Alexandre de Alcântara. **MPGR : modelo pratico para gerenciamento de riscos em projetos de software**. 2004. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Computação) - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, 2004.

FLEMING, Quentin M.; KOPPELMAN, Joel M. **Earned Value Project Management**. 3a. ed. Newton Square: Project Management Institute, 2005.

FOX, Terry L.; SPENCE, J. Wayne. **The Effect of Decision Style on the Use of a Project Management Tool: An Empirical Laboratory Study**. 2005. Vol. 36, No. 2. 28-42p. ACM - The DATA BASE for Advances in Information Systems - Spring 2005

HELDMAN, Kim. **Gerência de Projetos**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2003.

KEIL, Mark. et al. **‘Why didn’t Somebody Tell Me?’: Climate, Information Asymmetry, and Bad News about Troubled Projects**. 2004. ACM SIGMIS Database, Volume 35 Issue 2.

KPMG International. **Global IT project management survey**. White paper. 2005

LARMAN, Craig. **Utilizando UML e Padrões**. 3ª ed. Porto Alegre: Bookman: 2007.

LIBERATORE, Matthew J.; POLLACK-JOHNSON, Bruce; SMITH, Colleen A. **Project Management in Construction: Software Use and Research Directions**. Villanova: 2001. 101p. (Journal of Construction Engineering and Management; Vol. 127)

MAQSOOD, Manzil-e; JAVED ,Talha. **Practicum in Software Project Management – An Endeavor to Effective and Pragmatic Software Project Management Education**. 2007. 471-479p. ACM ESEC/FSE’07, September 3–7, 2007, Cavtat near Dubrovnik, Croatia.

MENDES, Alexandre Contini. **Cálculo da eficiência do gerenciamento de projetos utilizando uma analogia com a termodinâmica**. 2006. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

MORELLI, Sergio. **Gestão de custos em projetos uma aplicação prática do uso do EVMS**. 2007. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

MULCAHY, Rita. **PMP Exam Prep.**: RMC Publications, 2002.

OLIVEIRA, Rodrigo César Franceschini. **Gerenciamento de Projetos e a Aplicação da Análise de Valor Agregado em Grandes Projetos**. 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

PMI1, PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. **Practice Standard for Work Breakdown Structures**. Newton Square: Project Management Institute, 2001.

PMI2, PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. **Practice Standard for Earned Value Management**. Newton Square: Project Management Institute, 2005.

PMI3, PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. **A Guide to Project Management Body of Knowledge - PMBOK Guide, 2003 Edition**. Newtown Square: Project Management Institute, 2003.

PRESSMAN, Roger S. **Engenharia de Software**. 6.ed. São Paulo: McGraw Hill, 2006.

RUP - RATIONAL UNIFIED PROCESS, Rational Software, Cupertino, Ca., 2002

STEPHENS, Rod. **Expert One-on-One Visual Basic 2005 Design and Development**. Indianapolis: Wiley Publishing, 2007.

VARGAS, Adrian Yoney Bevilacqua. **Automação do processo PMBOK para gestão de projetos : utilizando o paradigma OO em empresas de IT**. 2004. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Computação) – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, São Paulo, 2004

VARGAS, Ricardo Viana. **Análise de valor agregado em Projetos**. Rio de Janeiro: Editora Brasport, 2002.

VAROTO, Ane Cristina. **Visões em arquitetura de software**. 2002. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Instituto de Matemática e Estatística da Universidade de São Paulo.

ZHANG, Jia; CHUNG, Jen-Yao; CHANG, Carl K. **Migration to Web Services Oriented Architecture – A Case Study**. 2004. 1624-1628p. (ACM Symposium on Applied Computing)

Anexo A – Ferramentas Avaliadas

Ferramenta	Página	Data de análise	Possui AVA	Licença
TaskJuggler	HTTP://www.taskjuggler.org/	12/10/2007	Não	Open
Project Open	HTTP://www.project-open.com/	12/10/2007	Não	Open
Achievo	HTTP://www.achievo.org/	12/10/2007	Não	Open
AirTodo	HTTP://airtodo.sourceforge.net/	12/10/2007	Não	Open
Double Chocolate	HTTP://dcl.sourceforge.net/	13/10/2007	Não	Open
Eberom	HTTP://sourceforge.net/projects/eberom/	13/10/2007	Não	Open
Future Project Planner	HTTP://www.wolfkeeper.uklinux.net/FUTURE/	13/10/2007	Não	Open
JTodolist	HTTP://developer.gauner.org/jtodolist/	13/10/2007	Não	Open
PHPProjekt	HTTP://www.phpprojekt.com/	13/10/2007	Não	Open
MajorDojo	HTTP://majordomo.com/pmi/	13/10/2007	Não	Open
Projectory	HTTP://projectory.sourceforge.net/	13/10/2007	Não	Open
GanttProject	HTTP://ganttproject.biz/	13/10/2007	Não	Open
DotProject	HTTP://www.dotproject.net/	13/10/2007	Não	Open
WebCollab	HTTP://webcollab.sourceforge.net/	13/10/2007	Não	Open
Open Proj	HTTP://openproj.org/openproj	14/10/2007	Não	Open
GanttPV	HTTP://www.pureviolet.net/ganttpv/	14/10/2007	Não	Open
MS Project 2003	HTTP://office.microsoft.com/pt-br/project/FX100487771046.aspx	12/10/2007	Sim	Comercial
Primavera	HTTP://www.primavera.com/index.asp	12/10/2007	Sim	Comercial

Anexo B – Formato do arquivo padrão XML IPT

Para que a análise de valor agregado seja realizada é necessário um conjunto de informações que descrevam o projeto e suas características. Essas informações podem ser divididas da seguinte forma:

- Informações Gerais sobre o projeto
- Calendários (dias e horários de trabalho)
- Tarefas
- Recursos

A seguinte estrutura contempla todos os dados do projeto necessários à realização dos cálculos de análise de valor agregado:

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
<Project xmlns="urn:ipt.br/2007/eva" xmlns:eva="urn:ipt.br/2007/eva">
  <Name>Projeto_versao_12.xml</Name>
  <Title>Project para Testes</Title>
  <Subject></Subject>
  <Company>Mestrado S.A.</Company>
  <Manager>Wellington Durães</Manager>
  <CreationDate>2003-09-09T05:02:00</CreationDate>
  <LastSaved>2007-10-13T17:33:00</LastSaved>
  <StartDate>2007-07-05T09:00:00</StartDate>
  <FinishDate>2008-01-14T18:00:00</FinishDate>
  <CurrencyDigits>2</CurrencyDigits>
  <CurrencySymbol>R$ </CurrencySymbol>
  <CurrencySymbolPosition>0</CurrencySymbolPosition>
  <CalendarUID>1</CalendarUID>
  <DurationFormat>7</DurationFormat>
  <WorkFormat>2</WorkFormat>
  <WeekStartDay>0</WeekStartDay>
  <CurrentDate>2007-10-13T08:00:00</CurrentDate>
  <Calendars>
    <Calendar>
      <UID>1</UID>
      <Name>Padrão</Name>
      <IsBaseCalendar>1</IsBaseCalendar>
      <BaseCalendarUID>-1</BaseCalendarUID>
      <WeekDays>
        <WeekDay>
          <DayType>2</DayType>
          <DayWorking>1</DayWorking>
          <WorkingTimes>
            <WorkingTime>
              <FromTime>09:00:00</FromTime>
              <ToTime>12:00:00</ToTime>
            </WorkingTime>
          </WorkingTimes>
          <TimePeriod>
            <FromDate>2007-09-07T00:00:00</FromDate>
            <ToDate>2007-09-07T23:59:00</ToDate>
          </TimePeriod>
        </WeekDay>
      </WeekDays>
    </Calendar>
  </Calendars>
  <Tasks>
```

```

    <Task BAC="1680" AC="1680" EV="1680" PV="1680" CV="0" SV="0" CPI="1"
SPI="1" EAC="1680" ETC="0" VAC="0">
    <UID>4</UID>
    <ID>4</ID>
    <Name>Levantamento de Requisitos</Name>
    <Type>0</Type>
    <CreateDate>2008-01-31T15:14:00</CreateDate>
    <Start>2007-07-10T09:00:00</Start>
    <Finish>2007-07-17T18:00:00</Finish>
    <Duration>PT48H0M0S</Duration>
    <DurationFormat>7</DurationFormat>
    <Work>PT48H0M0S</Work>
    <ResumeValid>0</ResumeValid>
    <Milestone>0</Milestone>
    <Summary>0</Summary>
    <PercentComplete>100</PercentComplete>
    <ActualDuration>PT48H0M0S</ActualDuration>
    <CalendarUID>-1</CalendarUID>
    <Notes></Notes>
    <Baseline>
        <Number>0</Number>
        <Start>2007-07-10T09:00:00</Start>
        <Finish>2007-07-17T18:00:00</Finish>
        <Duration>PT48H0M0S</Duration>
        <DurationFormat>7</DurationFormat>
        <Work>PT48H0M0S</Work>
    </Baseline>
    <Assignments>
        <Assignment>
            <UID>4</UID>
            <ResourceUID>2</ResourceUID>
            <PercentWorkComplete>100</PercentWorkComplete>
            <Units>1</Units>
        </Assignment>
    </Assignments>
</Task>
</Tasks>
<Resources>
    <Resource>
        <UID>1</UID>
        <ID>1</ID>
        <Name>Gerente</Name>
        <Type>1</Type>
        <StandardRate>50</StandardRate>
        <StandardRateFormat>2</StandardRateFormat>
        <CalendarUID>3</CalendarUID>
        <BaseCalendarUID>1</BaseCalendarUID>
        <Baseline>
            <Number>0</Number>
            <Work>PT184H0M0S</Work>
            <Cost>920000</Cost>
        </Baseline>
    </Resource>
</Resources>
    <Eva BAC="6776" AC="23576" EV="23576" PV="23576" CV="0" SV="0" CPI="1"
SPI="1" EAC="66776" ETC="43200" VAC="0"/>
</Project>

```

Seguem as explicações de cada campo e o posicionamento de tais informações:

Nó Project:

É o nó padrão do arquivo XML. Traz informações gerais sobre o projeto e traz também os nós filhos que contém informações mais específicas. A tabela 15 traz os dados desse nó.

Tabela 15 – Dados do nó *Project*

Campo	Explicação
Name	Nome do projeto
Title	Título do projeto
Subject	Assunto do projeto
Company	Nome da empresa
Manager	Nome do gerente
CreationDate	Data de criação do cronograma
LastSaved	Última vez em que o cronograma foi salvo
StartDate	Data de início do projeto
FinishDate	Data de termino do projeto
CurrencyDigits	Número de dígitos da Moeda
CurrencySymbol	Símbolo da Moeda
CurrencySymbolPosition	Posição do Símbolo na Moeda
CalendarUID	Calendário padrão usado no cronograma
DurationFormat	Formato das durações no cronograma. Vide tabela 24.
WorkFormat	Formato das durações de Trabalho. Vide Tabela 25.
WeekStartDay	Dia em que a semana se inicia. Vide tabela 26.
CurrentDate	Data da análise de valor agregado

Nó: Calendar

Localização: Project/Calendars/Calendar

O nó de calendário traz todos os calendários existentes no cronograma e que podem ser relacionados a tarefas e recursos. A tabela 16 traz os dados desse nó.

Tabela 16 – Dados do nó *Calendar*

Campo	Explicação
UID	Identificador Único do Calendário
Name	Nome do Calendário
IsBaseCalendar	Valor Booleano que indica se o calendário é um calendário base
BaseCalendarUID	Referência a qual calendário base está sendo utilizado (pai)

Nó: WeekDay

Localização: Project/Calendars/Calendar/WeekDays/WeekDay

O nó de dias da semana mostra a coleção de dias da semana possíveis de trabalho dentro do calendário. É a coleção de dias do calendário. A tabela 17 traz os dados desse nó.

Tabela 17 – Dados do nó *Weekday*

Campo	Explicação
DayType	Tipo do dia. Ver tabela DayType.
DayWorking	Valor Booleano que indica se o dia é um dia de trabalho ou não.

Nó: WorkingTime

Localização:Project/Calendars/Calendar/WeekDays/WeekDayWorkingTimes/WorkingTime

O nó de períodos de trabalho é a coleção de períodos de trabalho possíveis dentro de um dia da semana. Geralmente considera o período da manhã e o período da tarde, mas pode haver mais. A tabela 18 traz os dados desse nó.

Tabela 18 – Dados do nó *WorkingTime*

Campo	Explicação
FromTime	Horário de início do período de trabalho
ToTime	Horário de término do período de trabalho

Nó: TimePeriod

Localização:Project/Calendars/Calendar/WeekDays/WeekDay/TimePeriod

O nó de período de tempo é a coleção de períodos de tempo em que não haverá trabalho, são as exceções do calendário. A tabela 19 traz os dados desse nó.

Tabela 19 – Dados do nó *TimePeriod*

Campo	Explicação
FromDate	Horário de início do período de exceção
ToDate	Horário de término do período de exceção

Nó: Task

Localização: Project/Tasks/Task

O nó de tarefas traz a coleção de tarefas que compõem o cronograma. Um nó de tarefas deve conter pelo menos uma tarefa. A tabela 20 traz os dados desse nó.

Tabela 20 – Dados do nó *Task*

Campo	Explicação
UID	Identificador único da tarefa
ID	Identificador da tarefa na lista de tarefas do cronograma
Name	Nome da Tarefa
Type	O tipo da tarefa. Ver tabela Type.
CreateDate	Data da criação da tarefa
Start	A data em que a tarefa está agendada para se iniciar
Finish	A data em que a tarefa está agendada para se concretizar
Duration	Duração da tarefa
DurationFormat	O formato utilizado para mostrar a duração das tarefas(tabela 24).
Work	O total de esforço agendado para a tarefa, considerando todos os recursos a ela assinalados.
Milestone	Indica se a tarefa é um Milestone.
Summary	Indica se a tarefa é uma tarefa resumo / sumário
PercentComplete	Percentual de conclusão da tarefa
ActualDuration	Duração de fato da tarefa.
CalendarUID	Referencia a um calendário válido do cronograma.
Notes	Anotações da Tarefa.

Nó: Baseline

Localização: Project/Tasks/Task/Baseline

O nó de Baseline traz as informações a respeito do planejamento da tarefa. Essas informações são geradas logo após o término do planejamento do projeto e são congeladas para que se possa, a qualquer tempo no projeto, comparar o que havia sido previsto com o que está se realizando.

Dessa forma, é imprescindível que a linha de base tenha sido salva no início do projeto para que seja possível mensurar seu progresso. A tabela 21 traz os dados desse nó.

Tabela 21 – Dados do nó *Baseline*

Campo	Explicação
Number	Identificador da Linha de Base salva no projeto.
Start	Data de início da tarefa quando a linha de base foi salva.
Finish	Data de término da tarefa quando a linha de base foi salva.
Duration	Duração da tarefa quando a linha de base foi salva.
DurationFormat	Formato da duração salva.
Work	Total de trabalho agendado quando a linha de base foi salva.

Nó: Resource

Localização: Project/Resources/Resource

O nó de Recursos traz a coleção de recursos que podem ser assinalados a tarefas do cronograma. A tabela 22 traz os dados desse nó.

Tabela 22 – Dados do nó *Resource*

Campo	Explicação
UID	Identificador único do Recurso
ID	Identificador do recurso na lista de recursos do cronograma
Name	Nome do Recurso
Type	Tipo do Recurso. Vide tabela de Resource Type.
StandardRate	Taxa do recurso para horário de trabalho normal.
StandardRateFormat	Formato da taxa padrão
Calendar UID	Identificador do Calendário atrelado ao recurso ³ .
BaseCalendarUID	Identificador do calendário base do recurso

³ O controle de calendário é feito também na Tarefa. Dessa forma há um CalendarID tanto para Tarefa quanto para recurso. O MSProject, no entanto, respeita o calendário do recurso.

Na prática isso significa que se uma tarefa estiver associada a um calendário de trabalho de 24x7, mas o recurso associado a essa tarefa tiver um calendário de trabalho para horário comercial, o andamento da tarefa se dará em horário comercial apenas.

Caso o calendário da tarefa e do recurso forem ambos configurados para trabalho 24x7, o prazo da tarefa será recalculado considerando esse calendário.

Nó: Assignment

Localização: Project/Task/Assignments/Assignment

O nó de Associações traz a coleção de associações que ocorrer entre as tarefas do cronograma e os recursos. A tabela 23 traz os dados desse nó.

Tabela 23 – Dados do nó *Assignment*

Campo	Explicação
UID	Identificador único da Associação
ResourceUID	Identificador Único do Recurso
PercentWorkComplete	Indica o percentual completo da tarefa
Units	Indica qual o percentual de participação do recurso na tarefa

Tabelas complementares: Essas tabelas complementam as informações contidas nas tabelas anteriores.

Tabela 24 – Duration Format

Código	Tipo
3	M - Minuto
5	H - Hora
7	D - Dia
9	W - Semana
11	Mo - Mês

Tabela 25 – Work Format

Código	Tipo
1	M - Minuto
2	H - Hora
3	D - Dia
4	W - Semana
5	Mo - Mês

Tabela 26 – WeekDayStart

Código	Tipo
0	Domingo
1	Segunda
2	Terça
3	Quarta
4	Quinta
5	Sexta
6	Sábado

Tabela 27 – PredecessorLink

Código	Tipo
FF	Término a Término
FS	Término a Início
SF	Início a Término
SS	Início a Início

Anexo C – Interpretação dos dados do relatório

Detalhamento dos dados do relatório gerado pela ferramenta.

Dados Gerais

Esta seção do relatório traz informações gerais sobre o projeto como seu nome, o arquivo que foi submetido à análise, nome do gerente, da empresa, a data inicial do projeto e a data em que a análise de valor agregado foi realizada.

Caso alguma destas informações não seja encontrada no cronograma enviado, a mensagem "não há no XML" é mostrada em seu lugar. Esta observação não se aplica aos campos de nome do arquivo XML, data inicial do projeto (informação obrigatória no conteúdo do XML) e a data da análise de valor agregado que é gerada internamente pela ferramenta.

Resumo

O quadro de resumo traz os valores calculados para os onze indicadores da análise de valor agregado, sem maiores detalhes ou explicações.

Situação Atual do Projeto

Esta seção apresenta os 08 primeiros indicadores da análise de valor agregado (EV, BAC, EV, AC, CV, CPI, SV e SPI), seus resultados calculados e uma breve explicação de seu significado.

Projeção para o Projeto

De forma similar à seção anterior, esta apresenta os dados para os indicadores que estão relacionados com as previsões para o futuro do projeto (ETC, EAC, VAC), baseado no desempenho atual do mesmo.

Índice de Desempenho do Cronograma

Conforme apresentado, o SPI (ou índice de desempenho do cronograma) indica se o projeto está ou não em dia com o que foi planejado em termos de andamento do cronograma. Caso o SPI do projeto seja inferior a 1 indica que uma ou mais tarefas estão atrasadas e impactando este indicador.

Esta lista traz a relação das tarefas que estão impactando o SPI, sejam elas tarefas que, no momento da análise, deveriam ter sido concluídas e não foram ou não tenham sido sequer iniciadas.

Cada tarefa traz o número da linha onde ela aparece no cronograma, seu nome, seu responsável, a data de término prevista, o percentual de conclusão e um indicador que mostra se ela já deveria ter sido concluída até a data da análise.

Índice de Desempenho de Custos

Conforme apresentado, o CPI (ou índice de desempenho de custos) indica se o projeto está consumindo dinheiro na medida do que foi planejado. Caso o CPI do projeto seja inferior a 1 indica que o projeto gastou mais do que havia sido planejado, impactando este indicador.

Esta lista traz a relação das tarefas que estão impactando o CPI e cada tarefa traz o número da linha onde ela aparece no cronograma, seu nome, seu responsável, seu valor estimado (planejado), o valor efetivamente consumido, o percentual de conclusão e a previsão de

custo da tarefa baseado no progresso linear considerando-se o esforço consumido até o momento e o percentual de conclusão da tarefa.

Valor Agregado

Cada tarefa realizada, ao todo ou em parte, agrega valor ao projeto. Idealmente, uma tarefa agrega em valor ao projeto exatamente o que havia sido planejado de custo para a mesma. Assim, uma tarefa que havia sido planejada em R\$ 1.000,00 ao seu término deveria agregar R\$ 1.000,00 ao projeto, mas isso nem sempre acontece.

Tarefas podem demorar mais tempo para ser concluídas e/ou consumir mais recursos do que havia sido originalmente planejado. Dessa forma uma tarefa que deveria consumir R\$ 1.000,00 pode, hipoteticamente, consumir R\$ 2.000,00 ou mais, mas ainda assim agregará apenas os R\$ 1.000,00 planejados ao projeto.

Assim, esta tabela traz a relação de todas as tarefas do cronograma que agregaram algum valor ao projeto de acordo com seu percentual de conclusão.

Anexo D – Implementação do sistema

A ferramenta, disponível para acesso público e anônimo desde janeiro de 2008, contabilizou desde janeiro até meados de maio um total de 1.993 acessos, de acordo com a figura 30, em virtude de haver sido indexada por mecanismos de busca e por sua relevância quanto ao tema de análise de valor agregado. Dessa forma, acredita-se que a comunidade esteja efetivamente encontrando utilidade tanto na ferramenta quanto na documentação disponibilizada pelo site.

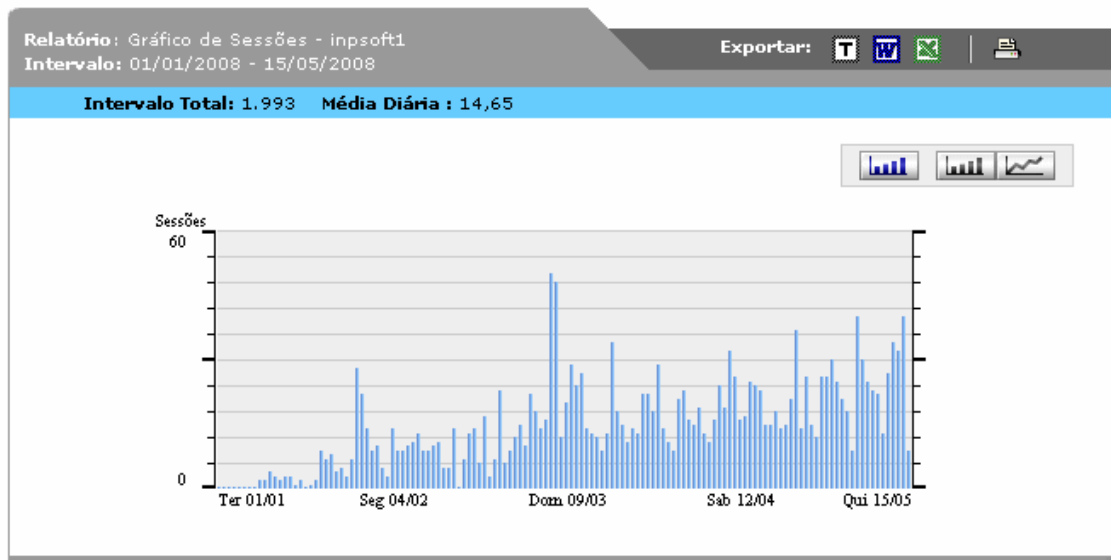


Figura 30 – Acessos ao site

A implementação seguiu a documentação gerada no capítulo 03, e o funcionamento da ferramenta já pode ser verificado na web, onde a ferramenta está disponível de forma gratuita para acesso e *download* do código fonte em <http://www.inpsft.com.br>.

Anexo E – Documentação do sistema (encarte)