

RF-961

## ARCHITECTURAL SPECIFICATION OF AN OPEN SOURCE EARNED VALUE ANALYSIS SYSTEM IN PROJECT MANAGEMENT

Wellington B. C. Durães (Instituto de Pesquisas Tecnológicas, São Paulo, Brasil)

[wellington.duraes@gmail.com](mailto:wellington.duraes@gmail.com)

Reginaldo Arakaki (Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil)

[reginaldo.arakaki@poli.usp.br](mailto:reginaldo.arakaki@poli.usp.br)

Project managers face in their daily activities challenges of growing complexity projects and deal with many variables to keep them under control. Earned value analysis is one way to control the project progress, by accurately measuring work accomplished against a baseline. However, researches show that earned value analysis isn't widely adopted and characteristics, such as, price of commercial tools, limitations imposed by either no access to source code or lack of desired functionalities, as well as lack of managerial culture on using earned value data, could justify this low adoption. This paper shows the architectural specification of an open system to earned value analysis and the mapping of these concepts as requirements of a system using the PMBOK practices and software quality development attributes like ISO/IEC9126. The architecture design aims to make viable implementations of tools to complement other project management tools by adding earned value information.

Keywords: Earned Value, Project Management, Earned Value Management System, PMI, *Software* Architecture.

## ESPECIFICAÇÃO ARQUITETURAL DE UM SISTEMA ABERTO PARA ANÁLISE DE VALOR AGREGADO NO GERENCIAMENTO DE PROJETOS

Os gerentes de projetos enfrentam no seu dia-a-dia os desafios de projetos cada vez mais complexos e de lidar com muitas variáveis para mantê-los sob controle. A análise de valor agregado é uma das formas de se controlar o andamento do projeto mensurando o trabalho realizado frente ao planejamento. Entretanto, pesquisas mostram que esta técnica não é extensamente utilizada e características como o custo das ferramentas comerciais, limitações funcionais impostas e a falta de cultura de gestão podem justificar essa baixa utilização. Este artigo apresenta a especificação arquitetural de um sistema aberto para análise de valor agregado e o mapeamento destes conceitos como requisitos de um sistema utilizando práticas do PMBOK e padrões de qualidade na geração de produtos de *software* como a norma NBR ISO/IEC 9126. O desenho da arquitetura tem como foco complementar as funcionalidades de *softwares* para gerenciamento de projetos com a geração de informações de valor agregado.

Palavras-chave: Análise de valor agregado, Gerenciamento de Projetos, Sistema de Gerenciamento de Valor Agregado, PMI, Arquitetura de *Software*.

## 1. Introdução

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). 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 afirmaram 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.

## 2. Objetivo

O objetivo deste artigo 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).

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.

### 3. Organização do Trabalho

O restante deste artigo está organizado da seguinte forma:

Na seção 4 são introduzidos os aspectos conceituais relacionados à análise de valor agregado e a ligação destes conceitos com as áreas de conhecimento e processos do PMBOK.

Na seção 5 são apresentados os fatores de mudança que a análise de valor agregado requer de uma organização para sua utilização efetiva.

A seção 6 traz a especificação arquitetural de um sistema aberto para análise de valor agregado.

Na seção 7 é apresentada uma consolidação das visões arquiteturais.

A seção 8 traz as conclusões deste artigo.

### 4. Análise de valor agregado e Gerenciamento de Projetos

#### 4.1. Histórico da Análise de valor agregado

De acordo com Fleming e Koppelman (2005) a análise de valor agregado surgiu como parte do então chamado C/SCSC (*Cost/Schedule Control System Criteria*) ou Sistema para Controle de Critérios de Custo e Cronograma que era constituído de 35 padrões de aceitação (também chamados de critérios) necessários para o controle e gerenciamento de projetos visando assegurar a consistência nas informações acerca do desempenho em grandes projetos para o governo dos Estados Unidos.

Utilizados pela USAF (*United States Air Force* – Força Área Americana) desde 1965 esses critérios foram liberados pelo Departamento de Defesa dos Estados Unidos em dezembro de 1967 tendo sido consistentemente utilizados e aprovados como método para o gerenciamento de custos nos novos sistemas desenvolvidos. Desde então foi adotado por agências 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 1995 e por uma normatização em 1998 quando a norma ANSI/EIA<sup>1</sup> Standard 748 (1998) foi formalmente liberada.

---

<sup>1</sup> ANSI (American National Standards Institute) - 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 na indústria apesar do reconhecimento de seus benefícios.

#### 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 1. 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 1 – Restrições dos Projetos (Budd, 2005)

	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?

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. Tais conceitos concentram-se na disciplina de gerenciamento de custos do projeto (PMI, 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.

#### 4.2.1. Análise de valor agregado e o PMBOK

Os indicadores da análise de valor agregado foram então mapeados frente aos processos apresentados no PMBOK e o resultado encontra-se na tabela 2. Dessa forma, é possível identificar o relacionamento entre os processos de gerenciamento de projetos e os indicadores da análise de valor agregado.

Como mostra a tabela 2, os seguintes processos do PMBOK foram relacionados com os indicadores de análise de valor agregado.

Tabela 2 – Mapeamento dos indicadores de análise de valor agregado 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

#### Integração - 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 desse 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 do Desempenho do Trabalho.

### **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, dessa forma, 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, a WBS organiza e define o escopo total do projeto. Cada nível descendente representa um detalhamento maior na descrição dos elementos do projeto, sendo que o nível mais baixo da 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.

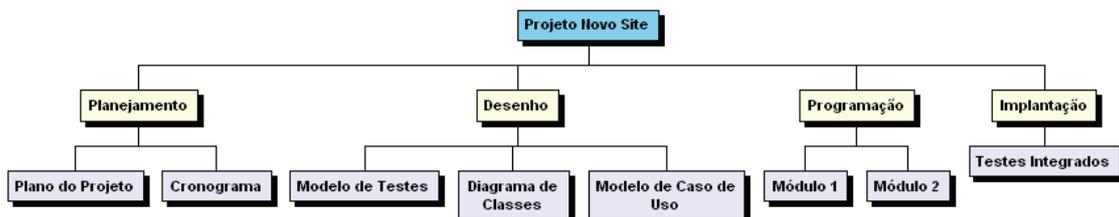


Figura 1 – WBS - Estrutura analítica do projeto.

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).

### **Tempo - 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 do projeto visando a produção do SPI e da SV 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 requerer 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.

Neste ponto é importante notar que, de acordo com Flemming e Kopelman (2005) a análise de valor agregado não considera a análise de caminho crítico – CPM (*Critical Path Method*), no entanto ressalta a necessidade de se ter um sistema de controle das tarefas / cronograma.

### **Custo - 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. Essa tarefa 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.

### **Custo - 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 do projeto.

### **Custo - 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 efetivamente consumido.

**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.

### **Comunicações - 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.

#### **4.2.2. Elementos da análise de valor agregado**

##### **Valor Planejado**

O Valor Planejado (*Planned Value*) 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 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 é conhecido como Valor Orçado do Trabalho Agendado (BCWS – *Budgeted Cost of Work Scheduled*) e é geralmente mostrado em um gráfico que mostra de forma cumulativa os recursos orçados no decorrer do cronograma.

A figura 2 apresenta o valor planejado e os demais elementos da análise de valor agregado.

## Valor Agregado

O Valor Agregado (EV – *Earned Value*) representa uma fotografia do progresso do trabalho em um determinado ponto no tempo. Também é conhecido como Custo Orçado do Trabalho Realizado (BCWP – *Budgeted Cost of Work Performed*) 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 e que esteja 50% concluída na data de verificação do índice, agregará R\$ 500,00 de valor ao projeto.

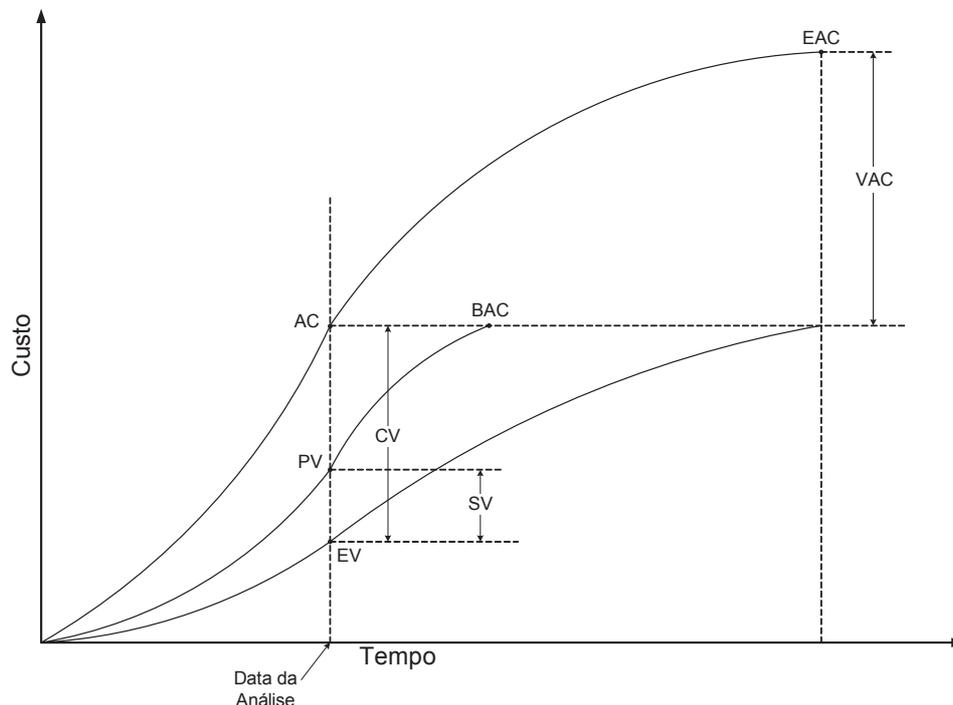


Figura 2 – Elementos da Análise de valor agregado (adaptado de VARGAS, 2002)

## Custo Real

O Custo Real (AC – *Actual Cost*), também conhecido como Custo Real do Trabalho Executado (ACWP – *Actual Cost of Work Performed*), 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.

## 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.

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 3 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 3 – 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

**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. Fórmula para o cálculo de SV:  $SV = EV - PV$

**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. Fórmula para o cálculo de SPI:  $SPI = EV / PV$

**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. Fórmula para o cálculo de CV:  $CV = EV - AC$

**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. Fórmula para o cálculo de CPI:  $CPI = EV / AC$

**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. Fórmula para o cálculo de EAC:  $EAC = BAC / CPI$

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.

**Varição ao Completar:** A Varição 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. Fórmula para o cálculo de VAC:  $VAC = BAC - EAC$

**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. Fórmula para o cálculo de ETC:  $ETC = EAC - AC$

## 5. 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 e 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 é 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.

Tabela 4 – 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		

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 e 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. 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 atualizar o *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.

## **6. Especificação arquitetural de um sistema aberto para análise de valor agregado**

Conforme mencionado na introdução, a utilização de ferramentas para o controle e acompanhamento dos projetos é necessária, frente a sua crescente complexidade e aliada ao fato de que a rapidez na obtenção de informações pode fazer a diferença entre o sucesso e o fracasso de um projeto.

Dessa forma, este artigo propõe a especificação arquitetural de um sistema aberto que possibilite a um gerente de projetos o acesso aos dados de análise de valor agregado de forma simples – ou mesmo transparente – e que tenha uma interface fortemente desacoplada para maximizar o reuso de sua lógica interna.

## 6.1. Requisitos de uma arquitetura

Na seção 4 foram apresentados os 11 indicadores de análise de valor agregado definidos pelo PMI (PMI, 2005). A partir desses indicadores, um gerente de projetos pode verificar a situação do projeto – atual e futura – e tomar decisões fundamentadas nessas informações. Estes indicadores formam a base para os requisitos funcionais do sistema para análise de valor agregado proposto uma vez que o mesmo deve endereçar cada um deles.

A arquitetura não se baseia, no entanto, apenas em requisitos funcionais. Complementando sua fundação, foram acrescentados requisitos não funcionais oriundos da norma de qualidade NBR ISO/IEC 9126 (2003) 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 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.

## 6.2. 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, conforme apresentados na tabela 5.

Tabela 5 – Requisitos Funcionais

Requisito	Descrição
RF01 – Calcular AC	O sistema deverá ser capaz de efetuar o cálculo do custo real (AC - <i>Actual Cost</i> ) do cronograma apresentado.
RF02 – Calcular BAC	O sistema deverá ser capaz de efetuar o cálculo do orçamento do projeto (BAC - <i>Budget at Completion</i> ) referente ao cronograma apresentado.
RF03 – Calcular CPI	O sistema deverá ser capaz de efetuar o cálculo do índice de desempenho de custos (CPI - <i>Cost Performance Index</i> ) do cronograma apresentado. Para isso existe a dependência de que os valores de AC e EV já tenham sido calculados.
RF04 – Calcular CV	O sistema deverá ser capaz de efetuar o cálculo da variação de custo (CV - <i>Cost Variance</i> ) 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 - <i>Estimate at Completion</i> ) 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 - <i>Estimate to Complete</i> ) 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 - <i>Earned Value</i> ) referente ao cronograma apresentado.
RF08 – Calcular PV	O sistema deverá ser capaz de efetuar o cálculo do valor planejado para gasto com o projeto até a data atual ( <i>Planned Value</i> ) 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 - <i>Schedeuled Performance Index</i> ) referente ao cronograma apresentado. Para isso existe a dependência de que os valores de PV e EV já tenham sido calculados.
RF010 – Calcular SV	O sistema deverá ser capaz de efetuar o cálculo da variação do cronograma do projeto (ETC - <i>Estimate to Complete</i> ) 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 - <i>Variance at Completion</i> ) referente ao cronograma apresentado. Para isso existe a dependência de que os valores de EAC e BAC já tenham sido calculados.

### 6.3. 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.

**Funcionalidade - 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 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 do conjunto de requisitos não funcionais gera subconjunto de requisitos que não serão atendidos. Seja por estarem fora da alçada dessa solução, seja por se tratarem de itens que, caso atendidos, causariam conflitos com os requisitos já atendidos (*tradeoffs*).

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

#### 6.4. Casos de Uso

Os casos de uso (abreviados como UC) descritos na tabela 6 representam as regras de negócio extraídas dos requisitos funcionais e não funcionais e formam a base para a criação do sistema. A figura 3 ilustra o diagrama de casos de uso da arquitetura.

Tabela 6 – 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

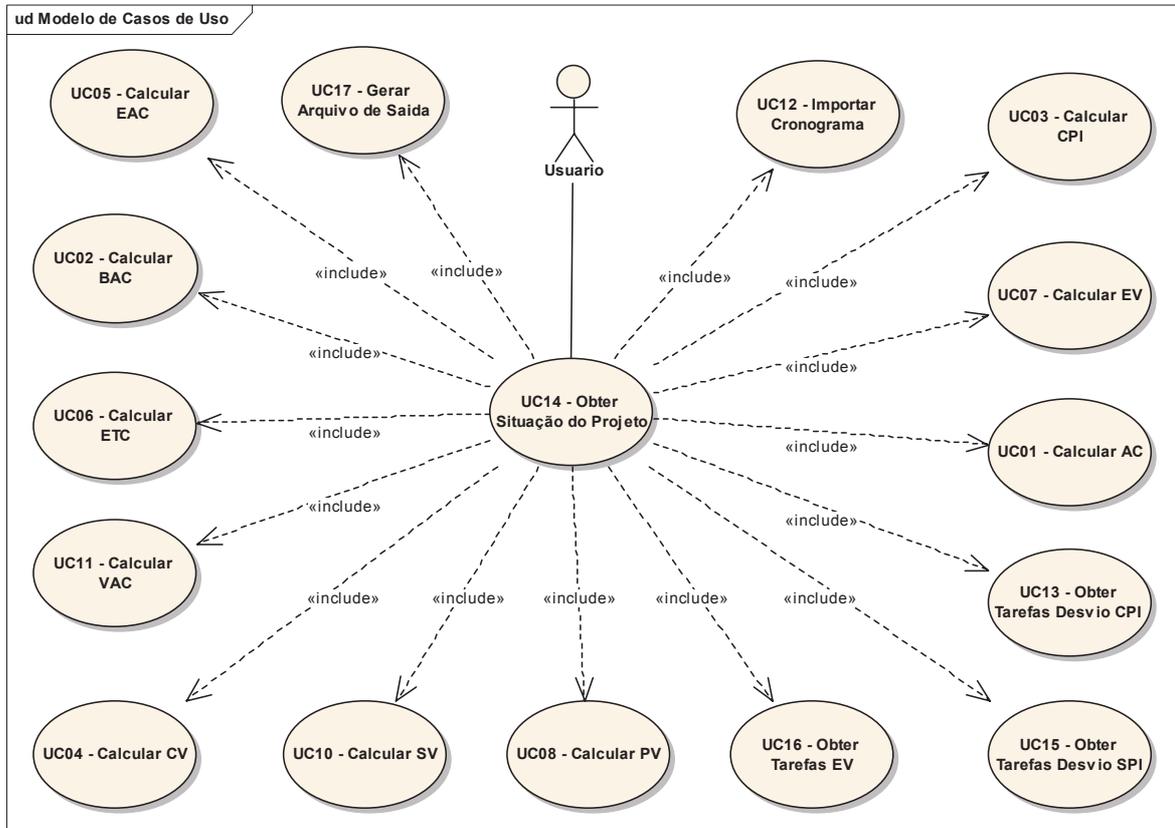


Figura 3 – Diagrama de Casos de Uso da Arquitetura

## 6.5. 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 4 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 abstrata 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 das classes desse modelo.

## 6.6. 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 5.

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.

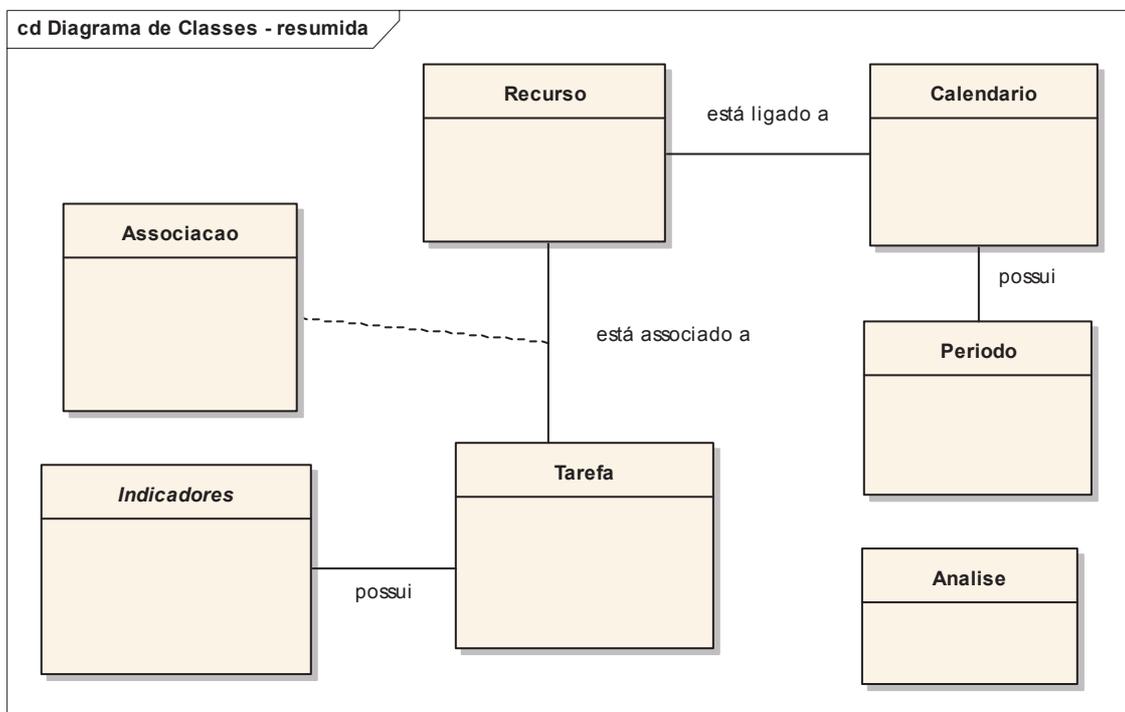


Figura 4 – Diagrama de Classes que mantém os dados de análise de valor agregado e do projeto sob análise

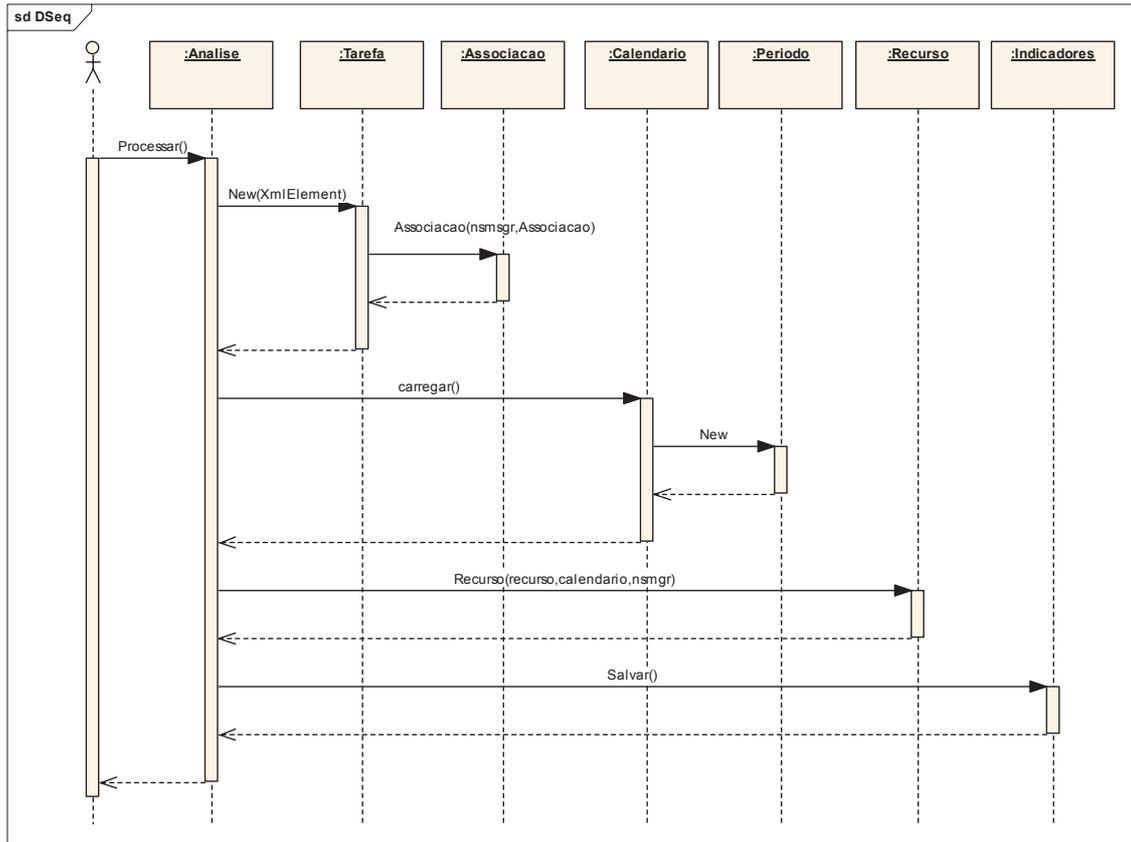


Figura 5 – Diagrama de Seqüência – fluxo das informações entre os módulos que compõem a solução

## 6.7. 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.

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.
- Lista com as tarefas que impactaram o cronograma;
- Lista com as tarefas que impactaram o custo;
- 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.

## 6.8. Possíveis Cenários de Implementação

As possibilidades de uso de uma implementação do sistema para análise de valor agregado, conforme ilustra a organização de seus componentes e módulos na figura 6, incluem os seguintes cenários:

**Cenário 1:** 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.

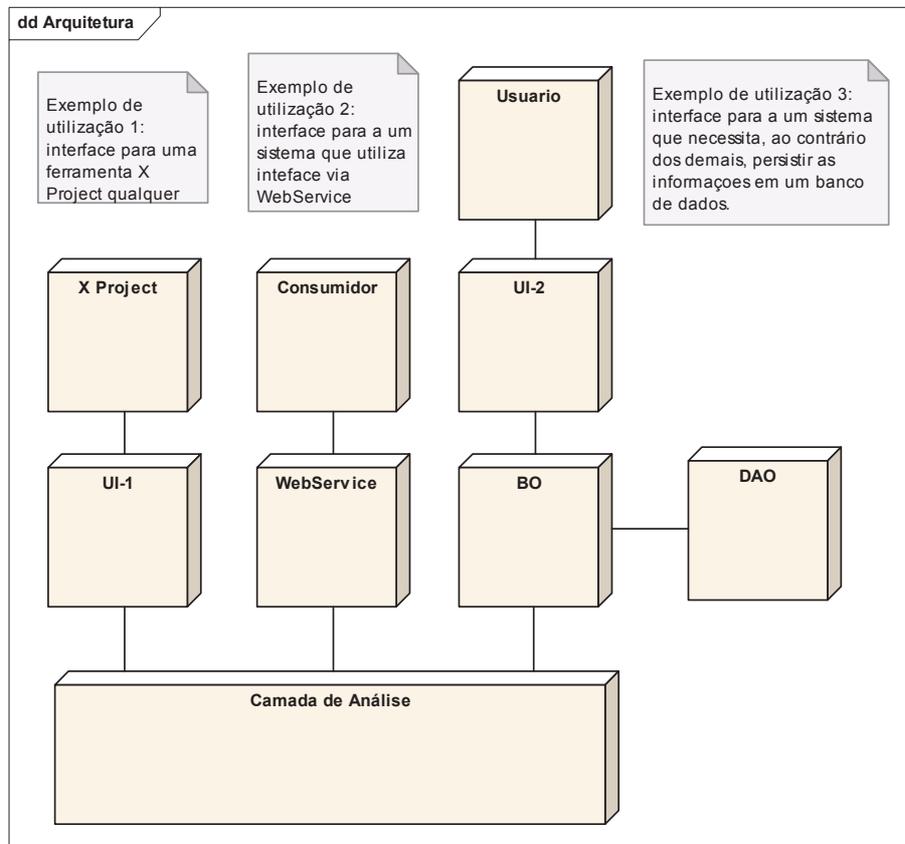


Figura 6 – Organização dos componente e módulos

**Cenário 2:** Disponibilização da arquitetura na forma de um serviço *Web* (*WebService*): neste cenário, as funcionalidades da arquitetura seriam disponibilizadas por meio de um *WebService* que recebe como entrada o arquivo XML (já no padrão da arquitetura) e retorna também um arquivo XML. 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).

**Cenário 3:** 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 o 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, acumulando em um banco de dados os valores referentes à análise em vários momentos do projeto, viabiliza-se a geração de relatórios com o gráfico da evolução do projeto (a exemplo do apresentado na figura 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 na seção 4.2.1. 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 na seção 6.4) e dinâmica, na forma do diagrama de seqüência (conforme apresentado na seção 6.5). 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 na seção 6.7. 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 na seção 6.4. 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 na seção 6.8. 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.

## 8. Conclusões

Este trabalho procurou abordar 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 as informações de custo dos projetos.

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.

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.

Alguns dos indicadores qualitativos resultantes deste trabalho são: a elaboração de uma dissertação de mestrado, a especificação de um portal para prestação de serviços de análise de valor agregado, o engajamento dos autores 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.

Quanto a sua utilização prática, acredita-se que dois pontos ainda devam ser analisados: sua aderência às ferramentas *open-source* mais utilizadas no mercado e sua adaptação às mesmas e a verificação quanto à maturidade das informações recebidas nos cronogramas, que podem se refletir nos problemas de planejamento mencionados na seção 5.

## 9. 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.

American National Standards Institute **ANSI/EIA Standard 748**, Earned Value Managements System, 1998.

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

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

\_\_\_\_\_. **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.

ERIKSSON, Hans-Erik; PENKER, Magnus; LYONS, Brian; FADO, David. **UML 2 Toolkit.** Indianapolis: Wiley Publizhing, 2004.

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

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

\_\_\_\_\_. **Start with simple Earned Value on all your projects.** Crosstalk, the journal of defense *software* engineering. 2006.

\_\_\_\_\_. **'If EVM is so good...Why it isn't used on all projects?'** PMI's College of Performance, Spring 2004.

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.

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

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

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.

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.

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

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

VARGAS, R. V. **Gerenciamento de projetos**. 2. ed. 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.

**Anexo A – Ferramentas Avaliadas**

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