



## CONTROLE DE PROJETOS DE ENGENHARIA ATRAVÉS DO MODELO DE ANÁLISE DE VALOR AGREGADO. UMA APLICAÇÃO A PROJETOS DE TELECOMUNICAÇÃO

**Tiago M. Ávila**

Universidade do Estado de Santa Catarina - UDESC  
tiago.m.avila@brturbo.com.br

**Lucival Malcher**

Universidade de Brasília - UnB  
malcher@unb.br

**Resumo:** Neste trabalho, efetuou-se um estudo sobre o modelo de análise de valor agregado - EVA, aplicado ao controle de projetos de engenharia. Durante os estudos, fez-se uma breve revisão sobre os principais conceitos aplicados ao gerenciamento de projetos e ao modelo de análise de valor agregado. O modelo EVA foi testado durante a implantação de um projeto de telecomunicação - estação rádio base. Verificou-se ao final, que através dos índices de controle fornecidos pelo modelo, é extremamente viável se gerenciar e controlar projetos de engenharia, onde o principal foco de controle está voltado para o escopo, cronograma e orçamento do projeto.

**Palavras-chave:** análise de valor agregado, projetos de engenharia, gestão de projetos

### 1. INTRODUÇÃO

No passado costumava-se chamar de projeto bem sucedido àquele que apenas conseguia encerrar, independentemente do prazo, custo ou qualidade. Este conceito foi evoluindo e no mundo dos negócios atual as empresas estão cada vez mais preocupadas com o gerenciamento de seus projetos seja ele simples ou complexo. A necessidade das empresas obterem previsões precisas faz com que elas busquem conhecimento na medição de desempenho e resultados nos projetos a serem realizados.

O ambiente dinâmico e de elevado grau de incerteza dos projetos requer um gerenciamento eficaz e procedimentos avançados de planejamento e controle. O planejamento e o controle devem estar em harmonia pois, não é possível controlar algo que não tenha sido previamente planejado e por outro lado de nada adianta planejar se não houver um controle eficaz.

Prever, organizar, comandar, coordenar e controlar são essenciais para integrar os vários setores envolvidos no planejamento de um projeto. Este planejamento estratégico é um processo prático e foi desenvolvido para o sucesso do projeto. Com ele, podem-se controlar os índices de avaliação dos prazos e recursos que deverão interagir com o planejamento da empresa.

A complexidade das empresas modernas provocou um aumento considerável na quantidade de fatores necessários para que seus projetos sejam executados com eficiência, reduzindo as incertezas e avaliando os riscos. Os projetos devem ser administrados com o máximo de responsabilidade, planejamento e controle integrados do início ao fim. Uma das ferramentas utilizadas pelo gerente de projeto é a Análise de Valor Agregado (Earned Value Analysis) ainda pouco utilizada no Brasil.

Neste trabalho, objetivou-se estudar o modelo de análise de valor agregado e sua aplicação ao controle de projetos de engenharia. Durante os estudos, utilizou-se o projeto de implantação de uma estação rádio base como parâmetro de teste para o modelo EVA. Os resultados encontrados ao longo do projeto, mostraram uma viabilidade na utilização desta técnica de controle.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

Grande parte das organizações realiza trabalhos que podem ser classificados como operações ou como projetos. Estes termos compartilham algumas características comuns, como por exemplo: são executados por pessoas, possuem recursos limitados e são planejados, executados e controlados. Operações e projetos também possuem diferenças, principalmente no que se refere a: operações são atividades contínuas e repetitivas, já segundo Vargas, um projeto é um conjunto de esforços temporários para criar um produto ou serviço único.

Para Vargas, um projeto é classificado como temporário porque possui datas de início e fim bem definidos, e é dito único porque o produto ou serviço final apresentado possui características próprias que o diferencial de todos os outros existentes. Segundo Dinsmore, projetos são desenvolvidos em todos os níveis de uma organização e podem envolver um único recurso ou apresentar uma equipe multidisciplinar. Um projeto pode ter duração de dias ou até mesmo de anos. Frequentemente projetos são itens críticos na estratégia de negócio de uma empresa. Os projetos de uma organização devem retratar todo o planejamento estratégico estabelecido pelos níveis mais altos da empresa.

Com um cenário bastante competitivo apresentado em todas as áreas produtivas, as empresas que trabalham no desenvolvimento de projetos, buscam otimizar suas atividades no intuito de economizar recursos e apresentar ainda um produto de qualidade ao mercado. Desta forma, as organizações buscam utilizar metodologias consagradas para planejar, executar e controlar seus projetos.

O gerenciamento de projetos, segundo Ribeiro, busca exatamente aplicar conhecimentos, habilidades, ferramentas e técnicas na elaboração e execução das atividades de um projeto objetivando atender ou exceder as necessidades e expectativas do cliente ou da empresa.

Para se chegar a um projeto bem sucedido é necessário se equilibrar as demandas de escopo, prazo, custo, risco e qualidade. É necessário também se levantar as verdadeiras necessidades de recursos humano e material do projeto, bem como as diferentes exigências e expectativas dos clientes e dos envolvidos no projeto.

Uma metodologia de gerenciamento de projetos pode ser aplicada a diferentes tipos de projetos, seja na construção civil, implantação de um rede de telecomunicação, implantação de uma planta industrial ou desenvolvimento e lançamento de um novo serviço no mercado.

Para aplicar os princípios de gerenciamento de projetos em uma organização são necessários tempo, empenho, disciplina e técnicas. No início de cada projeto, tem-se muito trabalho e poucos benefícios imediatos, mas os resultados são compensadores a médio e longo prazo.

Quando apropriadamente aplicado, os benefícios podem ser bastante compensadores, como: menor custo e prazo, resultados mais otimizados, ganhos antecipados para organização, menor perda de tempo, entre outros. O gerenciamento de projetos agrega valor de diversos modos, por exemplo: maximiza os resultados, pois concentra os esforços dos envolvidos na obtenção de mais benefícios; antecipa os ganhos, minimizando o tempo gasto no projeto; otimiza os recursos, garantindo que todos os envolvidos no projeto saibam o que devem fazer; minimiza custos, garantindo que somente o trabalho essencial seja corretamente executado e que não precise ser refeito; evita perda de tempo através de intensa comunicação e de reuniões eficientes.

### 2.1 O ciclo de vida de um projeto

Um processo pode ser definido como uma série de ações que provocam um resultado. Os processos voltados para o gerenciamento de projetos podem ser divididos em sub-processos onde aplicação de técnicas adequadas permitirá a maximização dos resultados.

Segundo o PMBOK, os grupos de processos ocorrem nas etapas cronológicas do projeto e podem ser definidas como:

- Iniciação – constatação/reconhecimento de que o projeto ou fase deve começar e quais compromissos devem ser assumidos;

- Planejamento – criação e manutenção dos planos viáveis para execução visando atender às necessidades do negócio para o qual o projeto está direcionado;
- Execução – coordenação das pessoas e de outros recursos para executar o que foi planejado;
- Controle – assegurar que os objetivos do projeto serão atingidos através de acompanhamento e medições dos progressos e tomar medidas corretivas quando necessário;
- Encerramento – formalização da aceitação/recebimento do projeto ou fase e condução do seu adequado encerramento.

Existem dois ciclos de vida relacionados a projetos: o ciclo de vida do projeto e o ciclo de vida do gerenciamento do projeto. O ciclo de vida do projeto consiste no conjunto das diversas fases de um projeto. Para facilitar a elaboração progressiva do projeto e o controle do seu gerenciamento os projetos são divididos em fases. Estas fases são determinadas pelas características específicas e necessidades de cada projeto, ou seja, descrevem o que se precisa fazer no projeto. Por exemplo, são fases do ciclo de vida de um projeto do setor de telecomunicação: Viabilidade Técnica, Planejamento, Especificação, Implantação e Aceitação.

Já o ciclo de vida do gerenciamento do projeto descreve o conjunto de processos que devem ser seguidos para que o projeto seja bem gerenciado. De acordo com o Project Management Institute, os processos de gerenciamento de projetos podem ser classificados em cinco grupos: Iniciação, Planejamento, Execução, Controle e Encerramento. A Figura 1(a) mostra o nível de atividade em cada fase do projeto em relação ao tempo. É importante destacar que os processos não seguem uma seqüência linear, como mostrado na Figura 1(a), ou seja, eles se sobrepõem conforme o andamento do projeto, como mostrado na Figura 1(b).

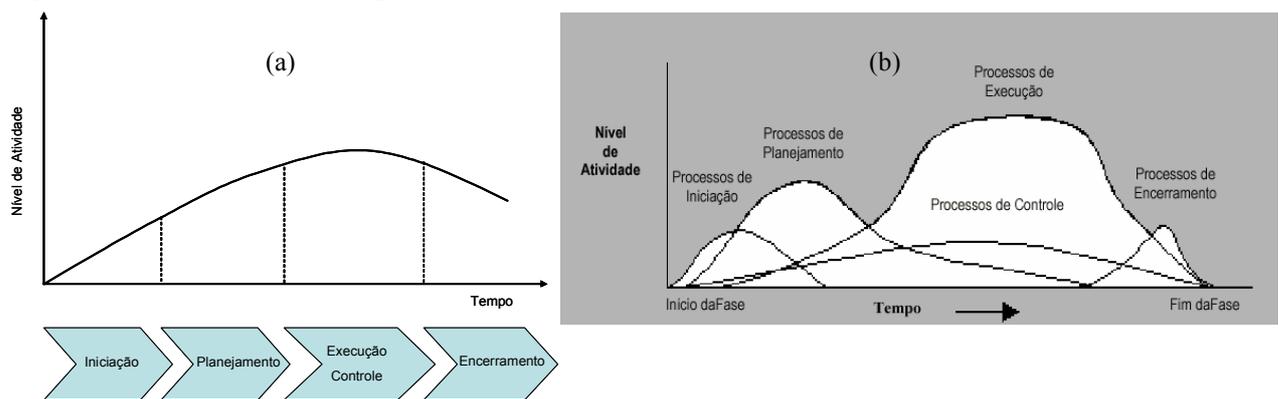


Figura 1: (a) Classificação dos processos de gerenciamento de projetos. (b) Os processos de gerenciamento de projetos sobrepostos

## 2.2. As Principais Áreas de Conhecimento do Gerenciamento de Projetos

De acordo com o PMI (Project Management Institute), os processos citados na figura 1, abordam nove áreas de conhecimento e contemplam fases que vão desde o planejamento do projeto até o encerramento dos contratos. A fase de integração do projeto inclui todos os processos necessários para assegurar que os vários elementos do projeto estão adequadamente coordenados. Ela se aplica tanto ao desenvolvimento do Plano de Ação do Projeto como à sua execução e ao controle de alterações: Elaboração do Plano do Projeto; Execução do Plano do Projeto; Controle do Plano do Projeto. O escopo do projeto inclui os processos necessários para assegurar que o projeto inclui todo o trabalho necessário, e somente o trabalho necessário, para completar o trabalho com sucesso. Por escopo se entende o que será feito, relativamente ao trabalho e ao produto, e esta área trata tanto da definição do escopo e do seu controle durante a execução do projeto. A principal técnica para definição do escopo é a confecção da Estrutura de Decomposição do Projeto – EDT. O gerenciamento do tempo do projeto inclui os processos necessários para assegurar o planejamento e execução do projeto em um prazo adequado. Esta área engloba o levantamento das atividades do projeto, o agendamento do projeto e seu controle. O principal documento gerado durante estes processos é o cronograma do projeto.

O gerenciamento do custo do projeto inclui os processos necessários para assegurar que o projeto possa ser executado dentro do orçamento aprovado. Esta área engloba o planejamento de recursos, as estimativas de custos dos recursos, a confecção do orçamento e o controle de custos. O principal documento gerado durante estes processos é o orçamento do projeto. A qualidade do projeto inclui os processos necessários para assegurar que o projeto vai satisfazer as necessidades para o qual foi concebido. Esta área engloba o planejamento da qualidade, a garantia da qualidade e o controle da qualidade. O gerenciamento dos recursos do projeto inclui os processos necessários para que se faça o melhor uso dos recursos humanos envolvidos no projeto. Esta área engloba o planejamento organizacional, a formação e desenvolvimento da equipe do projeto. O gerenciamento da comunicação do projeto inclui os processos necessários para assegurar a adequada geração, disseminação e armazenamento de informações do projeto. Esta área engloba o planejamento e a distribuição de informações.

Os processos relacionados com a identificação e análise dos riscos do projeto englobam a identificação dos riscos, sua quantificação, estabelecimento de contramedidas e acompanhamento dos fatores de risco. Durante os processos necessários para a aquisição de bens e serviços fora da organização executora do projeto, tem-se a confecção do plano de compras, o levantamento de potenciais fornecedores, a licitação, a contratação, a administração do contrato e o fechamento do contrato.

### **2.3. O Modelo de Análise de Valor Agregado**

Valor Agregado tem foco na relação entre os custos reais incorridos e o trabalho realizado no projeto dentro de um determinado período de tempo. O foco está no desempenho obtido em comparação com o que foi gasto para obtê-lo. O conceito de Valor Agregado requer que as medidas de despesa-desempenho sejam estabelecidas dentro de um cronograma físico do projeto, dando maior precisão ao controle do que apenas a controles financeiros ou de prazos isolados. Valor Agregado pode ser definido como a avaliação entre o que foi obtido em relação ao que foi realmente gasto e ao que se planejava gastar, onde se propõe que o valor a ser agregado inicialmente por uma atividade é o valor orçado para ela. Na medida em que cada atividade ou tarefa de um projeto é realizada, aquele valor inicialmente orçado para atividade passa, agora, a constituir o Valor Agregado do projeto.

#### **2.3.1. Terminologia para Orçamento, Custos Reais e Valor Agregado.**

De modo a formalizar os conceitos citados com base na norma ANSI/EIA 748 da American National Standards Institute, uma terminologia específica para os fatores anteriormente mencionados foram criados os três elementos básicos da análise são os seguintes:

BCWS (Budget Cost of Work Scheduled). Valor que indica a parcela do orçamento que deveria ser gasta, considerando o custo de linha da base da atividade, atribuição ou recurso. O BCWS é calculado como os custos de linha da base divididos em fases e acumulados até a data de status, ou data atual. É o custo proveniente do orçamento. No Brasil, a tradução usual é Custo Orçado do Trabalho Agendado ou COTA.

BCWP (Budget Cost of Work Performed ou Valor Agregado). Valor que indica a parcela do orçamento que deveria ser gasta, considerando-se o trabalho realizado até o momento e o custo de linha de base para a atividade, atribuição ou recurso. O BCWP também é denominado Valor Acumulado ou Valor Agregado. No Brasil, a tradução usual é Custo Orçado do Trabalho Realizado ou COTR.

ACWP (Actual Cost of Work Performed). Mostra os custos reais decorrentes do trabalho já realizado por recurso ou atividade, até a data de status, ou data atual do projeto, provenientes dos dados financeiros. No Brasil, a tradução usual é Custo Real do Trabalho Realizado ou CRTR.

Uma vez determinados esses três parâmetros, a análise dos resultados é obtida com base na correlação entre os valores encontrados para cada um deles.

### 2.3.2. Terminologia para Variação de Custos e Prazos

Para tratar as variações entre os parâmetros BCWS, BCWP e ACWP, o DOD (1997) definiu as seguintes variações.

CV (Cost Variance). É a diferença entre o custo previsto para atingir o nível atual de conclusão (BCWP) e o custo real (ACWP), até a data de status, ou a data atual. Se CV for positiva, o custo estará abaixo do valor previsto (ou linha de base); se for negativa, a atividade terá ultrapassado o orçamento.

$$CV = BCWP - ACWP \quad (1)$$

SV (Scheduled Variance). É a diferença, em termos de custo, entre o Valor Agregado (BCWP) e a agenda de linha de base (BCWS). Se SV for positiva, o projeto estará adiantado; se for negativa, o projeto estará atrasado.

$$SV = BCWP - BCWS \quad (2)$$

TV (Time Variance). É a diferença, em termos de tempo, entre o previsto pelo projeto e o realizado. É encontrado graficamente pela projeção da curva de BCWP. A diferença entre a data de status e essa data representa o atraso ou adiantamento do projeto.

### 2.3.3. Terminologia para índices de desempenho

Como se pode ver, a principal finalidade de se determinarem os índices de desempenho de custos e tempo é realizar métricas e previsões no que diz respeito aos custos e prazos finais do projeto (forecasting). Ao se tratar da razão entre BCWP e os parâmetros BCWS e ACWP, têm-se os seguintes índices:

SPI (Schedule Performance Index). É a divisão entre o Valor Agregado (BCWP) e o valor planejado na linha de base (BCWS). O SPI mostra a taxa de conversão do valor previsto em Valor Agregado.

$$SPI = \frac{BCWP}{BCWS} \quad (3)$$

Por exemplo, um SPI = 0,87 indica que 87% do tempo previsto no orçamento foi convertido em trabalho e que houve uma perda de 13% no tempo disponível. CPI (Cost Performance Index). É a divisão entre o Valor Agregado (BCWP) e o custo real (ACWP). O CPI mostra a conversão entre os valores reais consumidos pelo projeto e os valores agregados no mesmo período.

$$CPI = \frac{BCWP}{ACWP} \quad (4)$$

Por exemplo, um CPI = 0,87 indica que, para cada \$ 1 de capital realmente consumido, apenas \$ 0,87 estão sendo convertidos fisicamente em produto e que existe uma perda de \$ 0,13 por \$ 1 gasto. Um CPI igual a 1 indica que o valor gasto pelo projeto foi integralmente agregado ao projeto (projeto dentro do orçamento). Se o CPI for menor que 1, indica que o projeto está gastando mais do que o previsto. Se o CPI for maior que 1, indica que o projeto está custando abaixo do orçamento. Se o CPI for igual a 1, indica que o projeto está conforme o orçamento.

### 2.3.4. Determinação de previsões estatísticas para custo de duração final do projeto

Os dados de CPI e SPI são empregados diretamente na determinação de previsões estatísticas para o custo e a duração final do projeto, EAC que é a projeção atual para o custo final do projeto.

$$EAC = \frac{BAC}{CPI} \quad (5)$$

Outros indicadores também são determinados para se ter uma visão do fim do projeto, como o custo faltante para o fim do projeto ETC.

$$ETC = EAC - ACWP \quad (6)$$

A variação entre o custo orçado e a nova projeção para custo final do projeto pode ser determinada através da equação:

$$VAC = BAC - EAC \quad (7)$$

Para se prever a duração final do projeto (TAC), com base no índice de desempenho do tempo SPI, toma-se mão da duração prevista para o projeto aqui chamada de PAC. Assim, através da equação 8 determinação o TAC como:

$$TAC = \frac{PAC}{SPI} \quad (8)$$

Similarmente ao custo, a diferença entre o tempo previsto e a projeção estatística para a duração do projeto é chamada de “delay” ou DAC e pode ser determinada através da equação a seguir.

$$DAC = PAC - TAC \quad (9)$$

Através da figura 3, podem-se observar todos os parâmetros utilizados no modelo de análise de valor agregado, bem como a correção entre os mesmos.

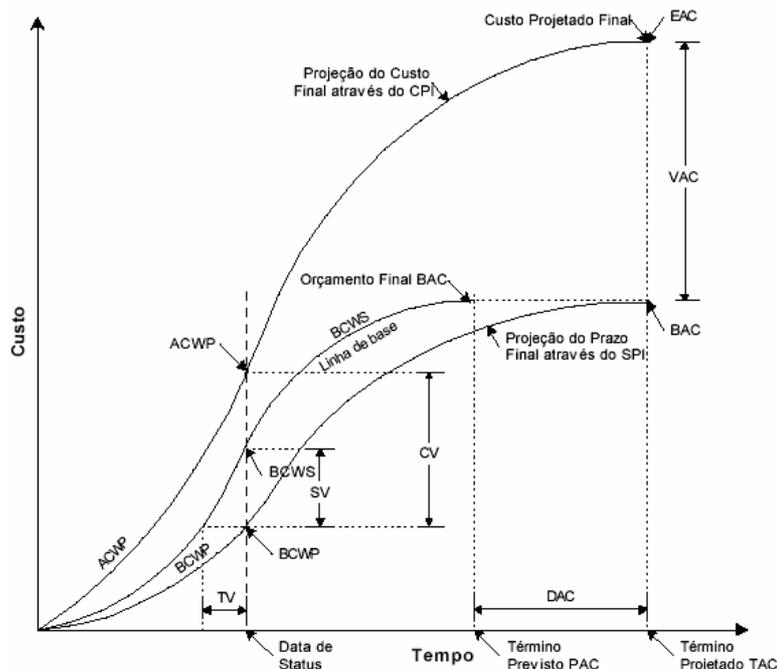


Figura 3: Modelo EVA com todos seus elementos.

### 3. ESTUDO DE CASO

Para que um projeto seja controlado através do modelo de análise de valor agregado, ele precisa ser planejado através de princípios gerenciais básicos, mostrado anteriormente. Desta forma, foram apresentadas a seguir as etapas de definição do projeto, programação e orçamentação e por fim as etapas de medição de performance com base em um cenário de progresso físico-econômico do projeto de uma estação rádio base (ERB).

Na elaboração do escopo do projeto de uma estação radio base, busca-se inicialmente levantar todos os requisitos necessários para implantação do mesmo. Desta forma, através de um levantamento de requisitos se elaborou a estrutura de decomposição do trabalho (EDT). Identificaram-se cinco principais subprodutos, como: Projeto de Engenharia, Equipamentos de RF, Infra-estrutura, Transmissão e Implantação. Para cada subproduto destacado, buscou-se decompor até um nível onde se possibilitasse estabelecer boas estimativas de tempo e de custo.

Com base na EDT definida, busca-se obter a lista de atividade para o projeto. A lista de atividade deve conter todo o trabalho necessário para implantação da ERB. Caso alguma atividade não esteja contemplada na listagem, a mesma não deverá ser executada ou o mapeamento dos pacotes de trabalho não foi executado de maneira satisfatória. Para o projeto estabelecido, observa-se na tabela 1 a lista de atividades definida, contendo todos os pacotes de trabalho necessários.

Montada a estrutura de decomposição do trabalho e por fim, obtida a lista de atividades para o projeto, deve-se partir para as etapas de elaboração do cronograma do projeto. Na etapa de elaboração do cronograma do projeto, deve-se partir da lista de atividades obtida durante a definição do escopo do projeto. Após esta definição, tem-se que se estabelecer a duração de todos os pacotes de trabalho mapeados e por fim organizar o seqüenciamento dos mesmos, de acordo com uma logística de implantação. A correlação de todos os pacotes de trabalho é a etapa fundamental para obtenção do cronograma do projeto.

Fazer estimativas realistas de tempo para cada atividade é importante para se obter a data mais provável de conclusão do projeto. De posse da lista de atividades, estimativa de tempo e seqüenciamento das atividades, utilizou-se um programa para auxiliar na elaboração do cronograma para o projeto.

Para este trabalho, toma-se o MS-Project como ferramenta de apoio na elaboração do cronograma e controle físico do projeto. Desta forma, pode-se observar na tabela 1 o cronograma do projeto obtido através da utilização do MS-Project. São apresentados somente os subprodutos do projeto.

Concluída a etapa de elaboração do cronograma do projeto, parte-se para as etapas necessárias na elaboração do orçamento do mesmo, etapa esta final para se iniciar o controle do projeto através do modelo de análise de valor agregado. Nesta etapa, busca-se fazer um planejamento de custo onde se faz a definição de toda a lista de recursos materiais e recursos humanos disponíveis e necessários para implantação de uma ERB. De acordo com a lista de atividades, podem ser estabelecer todas as etapas de contratação de equipamentos para o projeto. O custo de cada equipamento definido será considerado como custo fixo do projeto, visto que a contratação de um equipamento é previamente negociada com o seu respectivo fornecedor a um valor pré-definido (fixo). Como a duração de cada pacote de trabalho pode sofrer alterações, devido a atrasos na execução da obra e até mesmo devido a estimativas não realistas de tempo, o custo de toda mão-de-obra do projeto será considerada como o custo variável do projeto. Ao se lançar o custo de cada equipamento e alocar cada recurso a seus respectivos pacotes de trabalho, tem-se como resultado final o orçamento do projeto, como pode ser verificado na tabela 1.

Tabela 1: Cronograma e orçamento do projeto de uma ERB.

| Id  | Nome da tarefa  | Duração  | Início      | Termino      | Custo total   | Linha de base | Varição         | Real         | Restante      |
|-----|---|----------|-------------|--------------|---------------|---------------|-----------------|--------------|---------------|
| 0   | ERB Monografia  | 144 dias | Seg 25/7/05 | Qui 9/2/06   | R\$645.752,00 | R\$745.848,00 | (R\$100.096,00) | R\$12.224,00 | R\$633.528,00 |
| 1   | 1 PROJETO DE ENGENHARIA                                 | 47 dias  | Seg 25/7/05 | Ter 27/9/05  | R\$13.424,00  | R\$11.888,00  | R\$1.536,00     | R\$12.224,00 | R\$1.200,00   |
| 2   | 1.1 Estudo de Capacidade                                | 2 sems   | Seg 25/7/05 | Sex 5/8/05   | R\$2.505,00   | R\$2.800,00   | (R\$295,00)     | R\$2.505,00  | R\$0,00       |
| 3   | 1.2 Site Survey/RF Survey                               | 1 sem    | Seg 8/8/05  | Sex 12/8/05  | R\$810,00     | R\$800,00     | R\$10,00        | R\$810,00    | R\$0,00       |
| 4   | 1.3 Escolha do Site Ideal                               | 2 dias   | Seg 15/8/05 | Ter 16/8/05  | R\$481,00     | R\$480,00     | R\$1,00         | R\$481,00    | R\$0,00       |
| 5   | 1.4 Negociação do Site Escolhido                        | 3 sems   | Qua 17/8/05 | Ter 6/9/05   | R\$3.800,00   | R\$3.600,00   | R\$200,00       | R\$3.800,00  | R\$0,00       |
| 6   | 1.5 Obtenção de Liberação da Prefeitura (Alvará)        | 3 sems   | Qua 7/9/05  | Ter 27/9/05  | R\$3.300,00   | R\$1.800,00   | R\$1.500,00     | R\$2.100,00  | R\$1.200,00   |
| 7   | 1.6 Definição das Necessidades de Infra-Estrutura       | 2 dias   | Qua 7/9/05  | Qui 8/9/05   | R\$513,00     | R\$480,00     | R\$33,00        | R\$513,00    | R\$0,00       |
| 8   | 1.7 Definição das Necessidades de Transmissão           | 2 dias   | Qua 7/9/05  | Qui 8/9/05   | R\$623,00     | R\$528,00     | R\$95,00        | R\$623,00    | R\$0,00       |
| 9   | 1.8 Elaboração e Aprovação do Projeto de RF             | 5 dias   | Qua 7/9/05  | Ter 13/9/05  | R\$1.392,00   | R\$1.400,00   | (R\$8,00)       | R\$1.392,00  | R\$0,00       |
| 10  | 2 EQUIPAMENTOS DE RF                                    | 85 dias  | Seg 8/8/05  | Sex 2/12/05  | R\$332.160,00 | R\$430.960,00 | (R\$98.800,00)  | R\$0,00      | R\$332.160,00 |
| 11  | 2.1 ERB   | 85 dias  | Seg 8/8/05  | Sex 2/12/05  | R\$252.920,00 | R\$319.200,00 | (R\$66.280,00)  | R\$0,00      | R\$252.920,00 |
| 21  | 2.2 Sistema Irradiante                                  | 71 dias  | Seg 8/8/05  | Seg 14/11/05 | R\$56.360,00  | R\$56.640,00  | (R\$12.280,00)  | R\$0,00      | R\$44.360,00  |
| 31  | 2.3 Material de Instalação e Cabearmento                | 60 dias  | Seg 8/8/05  | Sex 28/10/05 | R\$25.600,00  | R\$37.520,00  | (R\$11.920,00)  | R\$0,00      | R\$25.600,00  |
| 41  | 2.4 Serviços de Instalação e Comissionamento RF         | 35 dias  | Seg 8/8/05  | Sex 23/9/05  | R\$9.280,00   | R\$17.600,00  | (R\$8.320,00)   | R\$0,00      | R\$9.280,00   |
| 48  | 3 INFRA-ESTRUTURA                                       | 97 dias  | Sex 9/9/05  | Seg 3/1/06   | R\$276.800,00 | R\$278.240,00 | (R\$1.440,00)   | R\$0,00      | R\$276.800,00 |
| 49  | 3.1 Site em Negociação                                  | 97 dias  | Sex 9/9/05  | Seg 23/1/06  | R\$800,00     | R\$1.520,00   | (R\$720,00)     | R\$0,00      | R\$800,00     |
| 57  | 3.2 Serviços de Execução de Obra de Infra-Estrutura e U | 35 dias  | Sex 9/9/05  | Qui 27/10/05 | R\$22.680,00  | R\$23.400,00  | (R\$720,00)     | R\$0,00      | R\$22.680,00  |
| 64  | 3.3 3.2 - Energia CA                                    | 53 dias  | Sex 16/9/05 | Ter 29/11/05 | R\$33.000,00  | R\$33.000,00  | R\$0,00         | R\$0,00      | R\$33.000,00  |
| 73  | 3.4 3.3 - Energia CC (fonte, bateria)                   | 91 dias  | Sex 16/9/05 | Sex 20/1/06  | R\$39.400,00  | R\$39.400,00  | R\$0,00         | R\$0,00      | R\$39.400,00  |
| 84  | 3.5 3.4 - Container Climatizado/Ar-Condicionado         | 81 dias  | Sex 16/9/05 | Sex 6/1/06   | R\$88.600,00  | R\$88.600,00  | R\$0,00         | R\$0,00      | R\$88.600,00  |
| 94  | 3.6 3.5 - Torre/Poste/Suporte                           | 90 dias  | Sex 16/9/05 | Qui 19/1/06  | R\$92.320,00  | R\$92.320,00  | R\$0,00         | R\$0,00      | R\$92.320,00  |
| 109 | 4 TRANSMISSÃO   | 100 dias | Sex 9/9/05  | Qui 26/1/06  | R\$20.408,00  | R\$21.800,00  | (R\$1.392,00)   | R\$0,00      | R\$20.408,00  |
| 110 | 4.1 Elaboração e Aprovação de Projeto de Rádio Enlace   | 1 sem    | Sex 9/9/05  | Qui 15/9/05  | R\$528,00     | R\$1.320,00   | (R\$792,00)     | R\$0,00      | R\$528,00     |
| 111 | 4.2 TX Própria Disponível                               | 95 dias  | Sex 16/9/05 | Qui 26/1/06  | R\$16.120,00  | R\$16.120,00  | R\$0,00         | R\$0,00      | R\$16.120,00  |
| 123 | 4.3 TX EILD   | 100 dias | Sex 9/9/05  | Qui 26/1/06  | R\$3.760,00   | R\$4.360,00   | (R\$600,00)     | R\$0,00      | R\$3.760,00   |
| 127 | 5 IMPLANTACÃO   | 24 dias  | Seg 9/1/06  | Qui 9/2/06   | R\$2.960,00   | R\$2.960,00   | R\$0,00         | R\$0,00      | R\$2.960,00   |
| 128 | 5.1 Montagem dos Equipamentos de RF no Container/Arrm   | 1 sem    | Seg 9/1/06  | Sex 13/1/06  | R\$800,00     | R\$800,00     | R\$0,00         | R\$0,00      | R\$800,00     |
| 129 | 5.2 Transporte e Instalação do Container no Site        | 2 dias   | Seg 16/1/06 | Ter 17/1/06  | R\$400,00     | R\$400,00     | R\$0,00         | R\$0,00      | R\$400,00     |
| 130 | 5.3 Container Energizado (CA, CC e AR)                  | 1 dia    | Seg 23/1/06 | Seg 23/1/06  | R\$200,00     | R\$200,00     | R\$0,00         | R\$0,00      | R\$200,00     |
| 131 | 5.4 Instalação e Teste do Sistema Irradiante            | 5 dias   | Sex 27/1/06 | Qui 2/2/06   | R\$600,00     | R\$600,00     | R\$0,00         | R\$0,00      | R\$600,00     |
| 132 | 5.5 Ativação da ERB                                     | 3 dias   | Sex 3/2/06  | Ter 7/2/06   | R\$720,00     | R\$720,00     | R\$0,00         | R\$0,00      | R\$720,00     |
| 133 | 5.6 Integração da ERB                                   | 1 dia    | Qua 8/2/06  | Qua 8/2/06   | R\$240,00     | R\$240,00     | R\$0,00         | R\$0,00      | R\$240,00     |
| 134 | 5.7 ERB em Tráfego                                      | 1 dia    | Qui 9/2/06  | Qui 9/2/06   | R\$0,00       | R\$0,00       | R\$0,00         | R\$0,00      | R\$0,00       |

Obtido o cronograma do projeto, bem como o seu orçamento, faz-se necessário guardar estas informações de planejamento para que se faça um controle do que foi planejado com o que realmente se executou no projeto. Desta forma, utilizando o MS-Project, é obtida a chamada linha de base para o tempo e custo do projeto. A seguir, fez-se uma simulação da realização físico-econômica do projeto e através do modelo de análise de valor agregado, foram determinadas as métricas de desempenho. Para se iniciar o controle do projeto através do modelo de análise de valor agregado, faz-se necessário se determinar o custo previsto para o projeto ou o custo real do trabalho agendado (BCWS). A BCWS pode ser representada tanto em tabela, quanto na forma gráfica. Ao se salvar a linha de base de tempo e de custo do projeto, pode-se determinar o plano do projeto ou BCWS. Utilizou-se 27/07/2005 como a data inicial do projeto e através da elaboração do cronograma do projeto, obteve-se a data de 09/02/2006 como a data estimada de conclusão do projeto. Este período foi dividido em vinte pontos de medição, pontos estes que serão utilizados para se determinar o real desempenho do projeto com base nas métricas definidas pelo modelo EVA.

O custo final do projeto ficou estabelecido em R\$ 745.848,00 que foi considerado o investimento total necessário para o projeto ou BAC (Budget at completion). Utilizando o MS-Project, é determinada a curva de referencia ou curva "S" do projeto. Através da tabela 2, pode-se observar a BCWS do projeto em cada ponto de medição definido.

Durante os vinte pontos de medição, foi-se calculando através do MS-Project o custo orçado do trabalho agendado ou linha de base para o custo do projeto (BCWS), o custo orçado do trabalho real ou valor agregado (BCWP) e o custo real do trabalho real ou quanto foi o custo real do que se agregou (ACWP). Foram obtidos os dados apresentados na tabela 2.

O BCWS, BCWP e o ACWP são os parâmetros mestres para se calcular as métricas de desempenho do projeto em cada ponto de medição. De acordo com as equações definidas no item 2, foram determinadas as variações no custo e tempo do projeto (CV e SV), bem como os índices de desempenho de custo de tempo (CPI e SPI), ver tabela 2.

Tabela 2: Análise dos vinte pontos de medição adotados.

| Ponto | Data       | CPI  | SPI  | CV          | SV         | Tempo     | Custo           | BCWS (COTA) | BCWP (COTR) | ACWP (CRTR) |
|-------|------------|------|------|-------------|------------|-----------|-----------------|-------------|-------------|-------------|
| 0     | 25/7/2005  | 1,00 | 1,00 | 0,00        | 0,00       |           |                 | 0,00        | 0,00        | 0,00        |
| 1     | 3/8/2005   | 0,80 | 0,90 | -504,00     | -224,00    | Atrasado  | Gastos elevados | 2.240,00    | 2.016,00    | 2.520,00    |
| 2     | 13/8/2005  | 0,92 | 0,85 | -650,43     | -1.320,00  | Atrasado  | Gastos elevados | 8.800,00    | 7.480,00    | 8.130,43    |
| 3     | 23/8/2005  | 0,90 | 0,85 | -1.519,42   | -2.413,20  | Atrasado  | Gastos elevados | 16.088,00   | 13.674,80   | 15.194,22   |
| 4     | 2/9/2005   | 0,82 | 0,80 | -4.207,61   | -4.792,00  | Atrasado  | Gastos elevados | 23.960,00   | 19.168,00   | 23.375,61   |
| 5     | 12/9/2005  | 0,78 | 0,85 | -17.682,53  | -11.063,40 | Atrasado  | Gastos elevados | 73.756,00   | 62.692,60   | 80.375,13   |
| 6     | 22/9/2005  | 0,70 | 0,88 | -144.682,56 | -46.035,36 | Atrasado  | Gastos elevados | 383.628,00  | 337.592,64  | 482.275,20  |
| 7     | 2/10/2005  | 0,81 | 0,97 | -98.950,44  | -13.046,64 | Atrasado  | Gastos elevados | 434.888,00  | 421.841,36  | 520.791,80  |
| 8     | 12/10/2005 | 0,84 | 1,03 | -90.637,65  | 13.859,64  | Adiantado | Gastos elevados | 461.988,00  | 475.847,64  | 566.485,29  |
| 9     | 22/10/2005 | 1,00 | 1,07 | 0,00        | 39.263,56  | Adiantado | Como planejado  | 560.908,00  | 600.171,56  | 600.171,56  |
| 10    | 1/11/2005  | 1,01 | 0,88 | 6.068,24    | -83.576,16 | Atrasado  | Economizando    | 696.468,00  | 612.891,84  | 606.823,60  |
| 11    | 11/11/2005 | 1,02 | 0,87 | 12.496,07   | -95.228,64 | Atrasado  | Economizando    | 732.528,00  | 637.299,36  | 624.803,29  |
| 12    | 21/11/2005 | 1,05 | 0,90 | 31.459,20   | -73.404,80 | Atrasado  | Economizando    | 734.048,00  | 660.643,20  | 629.184,00  |
| 13    | 1/12/2005  | 0,98 | 0,92 | -13.821,18  | -58.890,24 | Atrasado  | Gastos elevados | 736.128,00  | 677.237,76  | 691.058,94  |
| 14    | 11/12/2005 | 0,98 | 0,93 | -14.001,78  | -51.640,96 | Atrasado  | Gastos elevados | 737.728,00  | 686.087,04  | 700.088,82  |
| 15    | 21/12/2005 | 1,01 | 0,96 | 7.023,47    | -29.557,12 | Atrasado  | Economizando    | 738.928,00  | 709.370,88  | 702.347,41  |
| 16    | 31/12/2005 | 1,02 | 0,98 | 14.205,16   | -14.784,96 | Atrasado  | Economizando    | 739.248,00  | 724.463,04  | 710.257,88  |
| 17    | 10/1/2006  | 0,98 | 0,98 | -14.814,56  | -14.814,56 | Atrasado  | Gastos elevados | 740.728,00  | 725.913,44  | 740.728,00  |
| 18    | 20/1/2006  | 0,96 | 0,98 | -30.347,66  | -14.864,16 | Atrasado  | Gastos elevados | 743.208,00  | 728.343,84  | 758.691,50  |
| 19    | 30/1/2006  | 0,94 | 0,99 | -47.047,83  | -7.445,28  | Atrasado  | Gastos elevados | 744.528,00  | 737.082,72  | 784.130,55  |
| 20    | 9/2/2006   | 0,92 | 0,99 | -64.207,78  | -7.458,48  | Atrasado  | Gastos elevados | 745.848,00  | 738.389,52  | 802.597,30  |
|       | 14/2/2006  | 0,91 | 1,00 | -73.765,19  | 0,00       |           |                 | 745.848,00  | 745.848,00  | 819.613,19  |

Como se pode observar na tabela 2, os índices de desempenhos de tempo e custo podem ser maiores, menores ou iguais a um. Quando menores que um, implica em atraso no tempo do projeto, no caso do SPI e gastos elevados, no caso do CPI. Para as métricas associadas à variação de tempo e custo, as mesmas podem assumir valores positivos, negativos ou iguais a zero. Caso sejam menores que zero implicam em atraso no tempo do projeto, no caso do SV e gastos elevados, no caso do CV. A mesma analogia pode ser feita para valores maiores que um, valores maiores que zero ou iguais a um e iguais à zero. Para as métricas relacionadas ao tempo do projeto (SV e CPI), os pontos que indicam atraso, implicam em um maior tempo utilizado para execução das atividades do projeto. Já os pontos que indicam adiantamento, mostram uma execução mais rápida do que a planejada para as atividades do projeto. Analisando as métricas relacionadas ao custo do projeto (CV e CPI), os pontos que indicam gastos elevados, implicam em um desembolso maior que o planejado no orçamento do projeto. Nos pontos que indicam economizando, implicam em um menor desembolso para o projeto. No ponto de medição 9, tem-se o custo real igual ao custo planejado, tendo o CPI igual a um e o CV igual a zero.

Com base nos índices de performance, pode-se projetar, a cada ponto de medição, o custo final do projeto (EAC) e a duração final do projeto em dias (TAC), através das equações mencionadas no item 2. Na tabela 3, pode-se observar a projeção estatística do tempo e custo do projeto. Os parâmetros BAC, EAC e VAC estão em R\$ e os parâmetros PAC TAC e DAC estão em dias.

Tabela 3: Projeção do custo final do projeto - EAC e do tempo final do projeto – TAC

| Ponto | Data       | BAC        | EAC          | VAC         | PAC | TAC | DAC |
|-------|------------|------------|--------------|-------------|-----|-----|-----|
| 0     | 25/7/2005  | 745.848,00 | 745.848,00   | 0,00        | 200 | 200 | 0   |
| 1     | 3/8/2005   | 745.848,00 | 932.310,00   | -186.462,00 | 200 | 222 | -22 |
| 2     | 13/8/2005  | 745.848,00 | 810.704,35   | -64.856,35  | 200 | 235 | -35 |
| 3     | 23/8/2005  | 745.848,00 | 828.720,00   | -82.872,00  | 200 | 235 | -35 |
| 4     | 2/9/2005   | 745.848,00 | 909.570,73   | -163.722,73 | 200 | 250 | -50 |
| 5     | 12/9/2005  | 745.848,00 | 956.215,38   | -210.367,38 | 200 | 235 | -35 |
| 6     | 22/9/2005  | 745.848,00 | 1.065.497,14 | -319.649,14 | 200 | 227 | -27 |
| 7     | 2/10/2005  | 745.848,00 | 920.800,00   | -174.952,00 | 200 | 206 | -6  |
| 8     | 12/10/2005 | 745.848,00 | 887.914,29   | -142.066,29 | 200 | 194 | 6   |
| 9     | 22/10/2005 | 745.848,00 | 745.848,00   | 0,00        | 200 | 187 | 13  |
| 10    | 1/11/2005  | 745.848,00 | 738.463,37   | 7.384,63    | 200 | 227 | -27 |
| 11    | 11/11/2005 | 745.848,00 | 731.223,53   | 14.624,47   | 200 | 230 | -30 |
| 12    | 21/11/2005 | 745.848,00 | 710.331,43   | 35.516,57   | 200 | 222 | -22 |
| 13    | 1/12/2005  | 745.848,00 | 761.069,39   | -15.221,39  | 200 | 217 | -17 |
| 14    | 11/12/2005 | 745.848,00 | 761.069,39   | -15.221,39  | 200 | 215 | -15 |
| 15    | 21/12/2005 | 745.848,00 | 738.463,37   | 7.384,63    | 200 | 208 | -8  |
| 16    | 31/12/2005 | 745.848,00 | 731.223,53   | 14.624,47   | 200 | 204 | -4  |
| 17    | 10/1/2006  | 745.848,00 | 761.069,39   | -15.221,39  | 200 | 204 | -4  |
| 18    | 20/1/2006  | 745.848,00 | 776.925,00   | -31.077,00  | 200 | 204 | -4  |
| 19    | 30/1/2006  | 745.848,00 | 793.455,32   | -47.607,32  | 200 | 202 | -2  |
| 20    | 9/2/2006   | 745.848,00 | 810.704,35   | -64.856,35  | 200 | 202 | -2  |
|       | 14/2/2006  | 745.848,00 | 819.613,19   | -73.765,19  | 200 | 200 | 0   |

Desta forma, verifica-se que o projeto teve um custo final de R\$ 819.613,19, valor este R\$ 73.765,19 maior que o custo orçado para o projeto, que foi de R\$ 745.848,00. Observa-se também que através do modelo EVA, o custo final projetado para o projeto chegou a um valor máximo de R\$ 1.065.497,14. Como esta projeção foi apontada pelo modelo no início do projeto, houve tempo para se corrigir os custos do projeto.

Com relação ao tempo do projeto, observa-se que a data para conclusão estava fixada em 09/02/2005. Porém, houve um atraso no projeto e o mesmo só foi concluído em 14/02/2005. Verifica-se também que a projeção para o tempo final do projeto chegou a 250 dias, 50 dias a mais que o planejado. Como o modelo EVA, mostrou tal desvio logo no quarto ponto de medição, houve tempo suficiente para correção no cronograma do projeto.

Ressalta-se que apesar do projeto ter sido concluído fora do orçamento e do cronograma previsto, os desvios encontrados para o custo e tempo foram toleráveis, como 9,89 % para o custo e 2,5 % para o tempo. A figura 4, mostra o progresso dos parâmetros mestres BCWS, BCWP e ACWP e aponta dos desvios mencionados anteriormente.

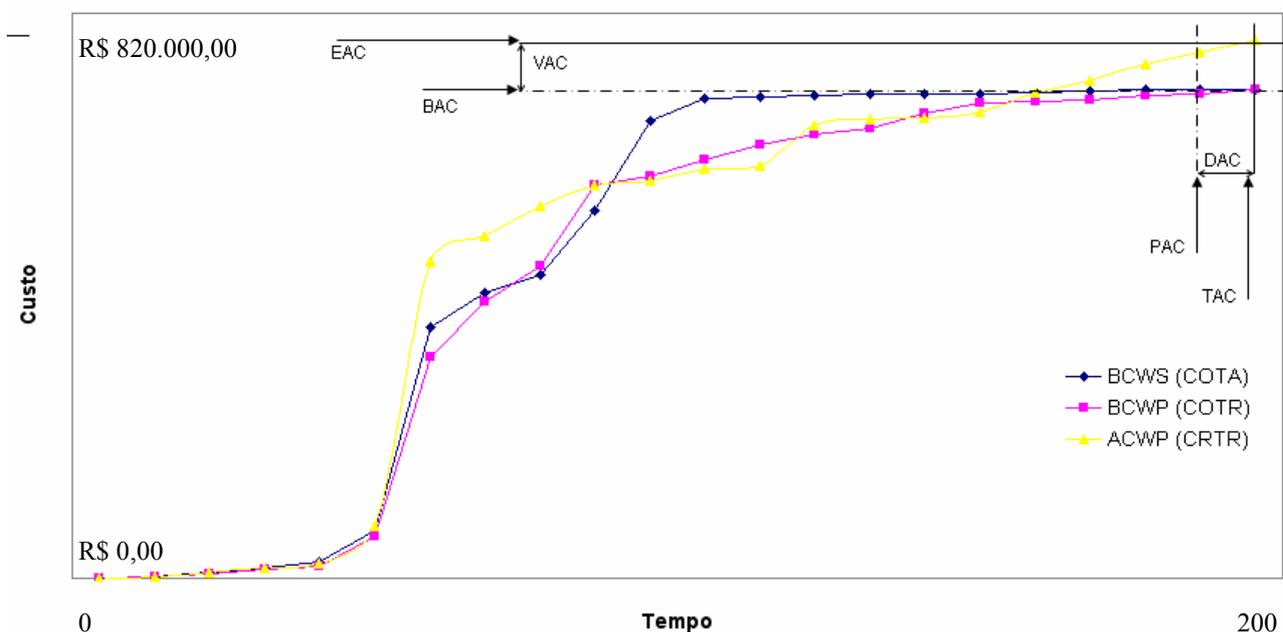


Figura 4: Progresso físico-econômico do projeto.

#### 4. CONCLUSÕES

Durante o desenvolvimento de um projeto passou-se por diversas fases, como: planejamento, execução e controle. Talvez a última, seja a fase mais difícil de se executar durante a gestão do projeto. Utilizar um método adequado de controle de projeto é fundamental para se ter bons indicadores de desempenho e se prever desvios indesejados ao projeto. O modelo de análise de valor agregado mostrou-se bastante satisfatório no controle de projetos de telecomunicações, indicando métricas voltadas para o escopo, tempo e custo do projeto, como os indicadores de variação no tempo e custo (SV e CV) e índices de desempenhos de tempo e custo (SPI e CPI).

É importante ressaltar que através do modelo EVA, buscaram-se, a cada ponto de medição, fazer estimativas estatísticas para conclusão do projeto, projeções estas tanto voltadas para o tempo como o custo do projeto (EAC e TAC). Tais estimativas podem ser obtidas logo no início do projeto, isto se faz importantes pelo fato de que alterações feitas no início do projeto são mais bem sucedidas que alterações no final do projeto.

A utilização de uma ferramenta adequada de planejamento e controle de projetos é fundamental para auxiliar no desenvolvimento e execução do mesmo. O MS-Project, como ferramenta utilizada neste trabalho, mostrou-se bastante satisfatório na determinação do escopo, cronograma e orçamento do projeto e principalmente na obtenção dos parâmetros mestres para o modelo de análise de valor agregado.

## 5. REFERÊNCIAS

- Vargas, Ricardo. Microsoft project 2002: Professional & server. Rio de janeiro: Brasport, 2002. 553 p.;
- Vargas, Ricardo Viana. Analise de valor agregado (EVA) em projetos. Rio de janeiro: Brasport, 2002. 99 p.;
- Vargas, Ricardo Viana. Gerenciamento de projetos: Estabelecendo diferenciais competitivos. 5. ed. Rio de janeiro: Brasport, 2003. 308 p.;
- Vargas, Ricardo Viana. Manual pratico do plano de projeto: Utilizando o pmbok 2000. Rio de janeiro: Brasport, 2003. 210 p.;
- Menezes, Luis Cesar de Moura. Gestão de Projetos - 2ª Edição: Atlas, 2003. 277 p.;
- Possi, Marcus. Capacitação em Gerenciamento de Projetos - 2ª Edição: Brasport, 2004. 520 p;
- Dinsmore, Paul Campbell; Cavalieri, Adriane. Como Se Tornar um Profissional em Gerenciamento de Projetos - 2ª Edição: Qualitymark, 2005. 384p;

## ENGINEERING PROJECTS CONTROL THROUGH THE EARNED VALUE ANALYSIS MODEL. AN APPLICATION THE TELECOMMUNICATION PROJECTS

**Tiago M. Ávila**

State University of Santa Catarina - UDESC  
tiago.m.avila@brturbo.com.br

**Lucival Malcher**

University of Brasília – Brasília - DF  
malcher@unb.br

**Abstract:** *In this work, EVA was applied to the control of engineering projects objectified itself to effect a study on the earned value analysis model. During the studies, one brief revision became on the main concepts applied to the projects management and the earned value analysis model. The model EVA was tested during the implementation of a telecommunication project - radio station base. It was verified the end, that through the indices of control supplied by the model, is extremely viable if to manage and to control engineering projects, where the main focus of control is the scope, time and cost.*

**Keywords:** *earned value analysis model, engineering projects, project management*