

Projeto Qualidade do Software Embarcado em Aplicações Espaciais

**Coordenadora: Maria de Fátima Mattiello-Francisco¹
Ricardo Costa²**

Co-executor:

¹Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE)
Caixa Postal 515 – 12.227-010 – São José dos Campos – SP – Brazil

²DBA Engenharia de Sistemas Ltda
Av. Presidente Vargas 3131, 3º Andar, CEP 20210-030 – RJ – Brazil
{fatima@dss.inpe.br rcosta@dba.com.br}

1. Introdução

A terceirização de TI é um Mercado crescente no mundo. Um estudo visando elaborar uma agenda estratégica para incrementar as exportações do setor de serviços de TI no Brasil mostrou que o mercado de *outsourcing* é bastante desenvolvido na América do Norte e na Europa onde se concentram demandas por serviços de maior valor agregado. Juntas, a América do Norte e a Europa representam quase 78% da demanda por *outsourcing* de serviços de TI. Em 2004, o mercado global de *outsourcing* de serviços de TI totalizou US\$ 607 bilhões e a perspectiva de crescimento é de 6% ao ano até 2008. [Governo Federal, BRASSCOM 2004].

Esta tendência é claramente observada no setor espacial pela particular atenção dada na última década ao software em normas do tipo *European Cooperation for Space Standardization* – ECSS. Fruto de um esforço conjunto entre as Agências Espaciais Europeias – ESA e a associação das indústrias Europeias, as normas ECSS foram criadas nos anos 90 com o propósito de facilitar a relação cliente/fornecedor no desenvolvimento de projetos na área espacial. A preocupação das agências espaciais mundiais com a qualidade dos projetos de satélites, veículos lançadores, operação de missões em solo, entre outros, se estende para qualidade do software de forma crescente. A evolução dos sistemas computacionais tem permitido a implementação de funcionalidades por software tornando o item de software mais complexo e, portanto sujeito a erros. Soma-se a inserção do setor industrial na área espacial demandando grandes investimentos na melhoria dos processos adotados para o desenvolvimento de softwares críticos, o que especialmente envolve a aplicação de metodologias e técnicas da qualidade na gestão de projeto de software.

Com o propósito de envolver a indústria Brasileira no processo de desenvolvimento de missões de satélites como fornecedores de subsistemas e serviços para a área espacial, o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE tem adotado as normas ECSS para o desenvolvimento de vários subsistemas. Porém esforços orientados à aplicação das normas específicas de software (ECSS-E-40 e ECSS-Q-80) para o desenvolvimento de software embarcado pela indústria nacional nunca havia sido feitos de forma sistemática de modo a avaliar a aderência dos processos seguidos pela indústria de software aos requisitos recomendados pelas normas ECSS.

Neste contexto, o projeto Qualidade do Software Embarcado em Aplicações Espaciais – QSEE, financiado pela FINEP, foi concebido visando dois objetivos complementares: experimentar o modelo de Fábrica de Software no fornecimento de software embarcado em aplicações espaciais para o INPE através do uso das normas ECSS; e desenvolver um processo de aceitação de software para o INPE apoiado na abordagem Verificação e Validação Independente de Software preconizado pela ECSS. Caracterizado como um projeto de transferência tecnológica do INPE para a indústria brasileira do setor de software DBA Engenharia de Sistemas LTDA, o projeto QSEE iniciou em Janeiro de 2005.

2. Objetivos e Justificativa

No período correspondente ao ciclo 2006, as atividades do projeto QSEE estavam orientadas a conduzir a produção de um software embarcado piloto na Fábrica de Software da DBA aplicando os requisitos das normas ECSS da qualidade [ECSS-Q-80] e engenharia de software [ECSS-E-40] cuja adequação (*tailored form*) havia sido feita no primeiro ano do projeto.

O maior desafio do projeto neste período era analisar em tempo de execução (durante o desenvolvimento do software) a aderência dos processos de desenvolvimento de software já estabelecidos na Fábrica de Software da DBA, uma empresa formalmente avaliada CMMI nível 3, mas não familiarizada com a tecnologia de desenvolvimento de software crítico embarcado em aplicações espaciais, aos requisitos impostos pelo cliente INPE.

A escolha de uma empresa do setor de software não envolvida no domínio da aplicação espacial deve-se ao desafio de o INPE experimentar *outsourcing* para um fornecedor que segue o modelo Fábrica de Software. Dois fatores sustentaram esta decisão: o fato de uma empresa CMMI 3 garantir que seus processos são aderentes às áreas chaves de gestão de requisitos, planejamento de projeto, supervisão e acompanhamento de projeto e garantia da qualidade de software, bem como gerencia de configuração de software e engenharia de produto de software. Soma-se o fato da gestão de projetos instituída na empresa ser orientada “por projeto”. Bibliotecas de planos de projetos entregues, por domínio da aplicação, são mantidas na empresa, estabelecendo uma base de conhecimento da organização nas tecnologias dominadas. Assim, a organização é capaz de sistematizar de forma menos burocrática seu envolvimento em projetos que requerem novas tecnologias, capturando e memorizando as peculiaridades do novo domínio de aplicação. Desta forma, os riscos de os investimentos do governo e esforços do INPE em um trabalho de transferência de tecnologia para a empresa brasileira serem perdidos com o tempo, dada a baixa demanda por projetos desta natureza, foram minimizados.

3. Metodologia de Execução

A metodologia de execução do projeto QSEE compreendeu cronologicamente as três fases abaixo relacionadas:

- Fase 1: constituição, treinamento das equipes, estudo das normas ECSS e processo de adequação (*tailored form*)
- Fase 2: especificação do projeto piloto (software SWPDC), concepção do processo de aceitação do software pelo INPE aplicando Verificação e Validação Independente.
- Fase 3: desenvolvimento do software SWPDC e validação das duas versões do projeto piloto usando a metodologia de aceitação.

Durante o período do ciclo 2006, foram cumpridas as fases dois e três integralmente. Elas serão relatadas a seguir, destacando-se as atividades realizadas e os produtos gerados.

3.1 Fase 2 : especificação do projeto piloto e concepção do método de aceitação

Esta fase compreendeu a definição de escopo do software piloto SWPCD, uma simplificação do software embarcado em instrumento a bordo de satélite científico. No caso, o instrumento caracteriza-se como carga útil do satélite MIRAX – uma missão científica de astronomia cujo objetivo é o imageamento do centro da galáxia em raios X. O software SWPDC embarcado neste instrumento, carga útil do MIRAX, foi especificado como o software piloto do projeto QSEE e desenvolvido em duas versões pelas equipes INPE e Fábrica de software da DBA. O software SWPDC constituiu um “case” para a realização da transferência tecnológica da qualidade em software embarcado para a indústria nacional, na figura da interveniente, seguindo as recomendações das normas ECSS. Basicamente, nesta fase foram executadas as seguintes atividades:

1. Elaboração do documento de requisitos do software SWPDC
2. Concepção da metodologia de aceitação e ajustes à abordagem de Verificação e validação Independente adotada pelo projeto QSEE
3. Definição do cronograma de desenvolvimento do software piloto incluindo as revisões do projeto
4. Definição do processo de verificação
5. Revisão dos Requisitos Base do software SWPDC – **SSR** – Software Specification Review
6. Especificação Técnica do SWPDC pela DBA;
7. Especificação Técnica do SWPDC pelo INPE;
8. Revisão **PDR** – Preliminar Design Review

3.2 Fase 3 : desenvolvimento do software piloto SWPDC

Esta fase compreendeu o projeto, implementação e testes do software piloto SWPCD em duas versões. Um desenvolvida no INPE por especialistas da área espacial em engenharia de software embarcado, por uma equipe liderada por um engenheiro pleno do Laboratório de Altas Energias do INPE. A outra versão desenvolvida na Fábrica de Software da DBA Engenharia de Sistemas LTDA seguindo os processos do ciclo de vida de desenvolvimento de software da empresa avaliada CCMI 3. Basicamente, nesta fase foram executadas as seguintes atividades:

9. Projeto do software SWPDC, versão DBA, na Fábrica de Software, sob a liderança de Benhur Barbosa Lima;
10. Projeto do software SWPDC, versão INPE, no laboratório da CEA sob a liderança de Valdivino Santiago Jr.;
11. Revisão **DDR** - Detailed Design Review
12. Desenvolvimento e Testes do SWPDC, versão DBA, na Fábrica de Software, sob a liderança de Benhur Barbosa Lima;
13. Desenvolvimento e Testes do SWPDC, versão INPE, no laboratório da CEA sob a liderança de Valdivino Santiago Jr.;
14. Revisão **CDR** - Critical Design Review realizada em outubro de 2006
15. Aceitação do software no INPE seguindo o planejamento de Validação Independente.

Os seguintes documentos foram gerados e revisados ao longo das duas fases descritas acima:

1. RB - Requisitos base (preparado pelo cliente INPE)
2. Protocolo de comunicação PDC-OBDAH (preparado pelo cliente INPE)
3. Protocolo de comunicação PDC-EPP (preparado pelo cliente INPE)
4. PDS - Plano de Desenvolvimento de Software (duas versões)
5. PVVIS – Plano de Verificação e Validação Independente (preparado pela equipe de IVV)
6. Relato da revisão SRR;
7. ETS - Especificação Técnica do Software (duas versões)
8. DPS – Documento de Projeto do Software (duas versões)
9. PTS – Plano de Teste do Software (duas versões)
10. Relatos das revisões PDR e DDR;
11. DET – Documento de especificação dos Testes (duas versões)
12. DRT – Documento de Relato de Testes (duas versões)
13. MUS – Manual do Usuário do Software (duas versões)
14. ETIVV – Especificação dos Testes de IVV (preparado pela equipe de IVV)
15. Relato da revisão CDR.

Os seguintes produtos foram entregues:

1. **Código Fonte:** Duas versões do Software Piloto **SWPDC** entregue pelos fornecedores INPE e DBA
2. **Código Fonte:** Duas versões dos simuladores **EPPs** entregue pelos fornecedores INPE e DBA

3. **Ferramenta de apoio á execução dos testes QSEE-TAS** desenvolvida no INPE e disponibilizada para os fornecedores INPE e DBA para os testes e aceitação do software SWPDC.

Artigos publicados, disponibilizados no site do projeto: <http://www.das.inpe.br/~qsee/>

Verificação e Validação na terceirização de software embarcado em aplicações espaciais - Mattiello-Francisco, M.F. (INPE) ; Santiago, V. A. (INPE). ; Ambrosio, A.M. ; Costa, R. (DBA), Jogaib, L. (DBA). SBQS2006 – V Simpósio Brasileiro de Qualidade de Software – Apresentação Oral, Vila Velha - ES, Brasil – 29 Maio a 03 Junho 2006 – pp. 367- 374.

Safety in a Web-based Satellite Flight Plan Supporting System - Mattiello-Francisco, M.F. ; Sakugawa, B.M. ; Yano, E.T. SpaceOPS2006 – Oral Presentation – Session 41-OS-19 – Planning Tools II - AIAA International Conference, Rome, Italy – 19-23 June 2006

An Evolutionary Operational Profiles Approach for Integration Tests - Mattiello-Francisco, M.F. – Supplement Proceedings of the 2006 International Conference on Dependable Systems and Networks – DSN 2006 – 25 - 28 June 2005 – Philadelphia, PA, USA, pp 210.

A Practical Approach for Automated Test Case Generation using Statecharts - Santiago, V. A. ; Amaral, A.S.M.; Vijaykumar, N.L.; Mattiello-Francisco, M.F.; Martins E.; Lopes, O.C. . COMPSAC2006 – 30th Annual International Computer Software and Applications Conference – Apresentação Oral, Chicago, Illinois, USA – 17-21 Setembro 2006 – Vol. II, pp. 183- 188.

QSEE-TAS: Uma Ferramenta para Execução e Relato Automatizados de Testes de Software para Aplicações Espaciais – Silva, W.; Santiago, V. A.; Mattiello-Francisco, M.F. ; Passos, D. - Em: XX Simpósio Brasileiro de Engenharia de Software – SBES2006 - Sessão de Ferramentas, 16 – 20 de Outubro/2006, Florianópolis, Santa Catarina

Método desenvolvido:

Método de Aceitação de software pelo cliente usando a abordagem de Verificação e Validação Independente encomendada a uma terceira parte. Aplicação de técnicas Model-based Testing para a especificação de Testes de Conformidade e Injeção de Falhas, usando a metodologia CoFI combinada à geração automática de casos de testes usando a ferramenta CONDADO desenvolvida no IC/Unicamp.

Recursos Humanos capacitados:

2 estagiários com mestrado concluído, absorvidos pela Fábrica de Software DBA
2 estagiários com graduação concluída em Engenharia da Computação e Ciência da Computação;
1 técnico em computação.
1 Líder da Fábrica de Software

4. Aplicabilidade dos Resultados

Os resultados obtidos no projeto QSEE durante o período correspondente ao Ciclo 2006 foram extremamente positivos, pois o objeto de desenvolvimento, o software SWPDC, foi efetivamente produzido no modelo Fábrica de Software através da transferência de tecnologia proposta e realização de todo o processo de desenvolvimento planejado. Assim a meta fundamental para a avaliação da aderência dos processos da Fábrica de Software da DBA aos requisitos das normas ECSS foi atingido. Conseguiu-se que o processo fosse totalmente realizado, com extensão de 20% do prazo inicialmente estimado para o desenvolvimento do software.

A maturidade da empresa DBA permitiu identificar a sistemática de Revisão Formal recomendada pela ECSS e adotada no projeto como um mecanismo efetivo de interação com o cliente para a fase de análise

dos requisitos. Observou-se que este procedimento evitou interpretações equivocadas do fornecedor em relação à especificação entregue pelo cliente, mitigando os riscos de eventuais problemas na entrega do produto do software e consequente retrabalho. Constatou-se a incorporação da Revisão de Requisitos de Software - SSR no processo de desenvolvimento da Fábrica de Software da DBA

Adicionalmente, o projeto contribuiu para melhorias no processo de testes existente na Fábrica de Software. Um checklist para software embarcado foi criado para guiar a revisão por pares praticada pela empresa e, maior atenção foi dada ao planejamento dos testes de integração de componentes e testes de sistema, complementando a revisão por pares.

5. Características Inovadoras

As seguintes características do projeto QSEE podem ser citadas como inovadoras:

- Adaptação das normas ECSS para um projeto de software embarcado em aplicações espaciais terceirizado a uma Fábrica de Software Brasileira;
- Desenvolvimento e aplicação de um processo de aceitação de software em um caso real de terceirização de software embarcado;
- Aplicação da abordagem Verificação e Validação Independente de Software recomendada pela ECSS para o desenvolvimento de aplicações críticas;
- Transferência de tecnologia da área espacial para uma empresa brasileira do setor de software.

6. Conclusão e Perspectivas Futuras

O nível de maturidade 3 CMMI da Fábrica de Software da DBA permitiu à equipe da Garantia da Qualidade do Software identificar, de forma relativamente simples, as necessidades requeridas pelo cliente INPE para o produto de software embarcado. Em função do engajamento deste produto no ciclo de vida da missão espacial, as exigências de revisões formais ao longo do desenvolvimento do software foram compreendidas pelo fornecedor. Os mecanismos existentes nos processos da qualidade da empresa facilitaram a implantação das adequações que se mostraram necessárias como, por exemplo, a elaboração do conjunto de documentos exigidos pelo cliente nas revisões formais de projeto, seguindo os padrões ECSS.

Adicionalmente, o treinamento em desenvolvimento de software embarcado dado no INPE, por seis meses, para a equipe do projeto QSEE (2 analistas de sistemas pleno com mestrado) posteriormente absorvida pela Fábrica de Software da DBA, facilitou a instanciação dos processos da Fábrica de Software para a produção de software embarcado em aplicações espaciais. A experiência da DBA no modelo de Fábrica de Software para produtos de software embarcado em celulares ajudou muito na correlação dos conceitos “modelo de engenharia”, adotado em projetos espaciais, com “ambiente alvo”, domínio da DBA. As especificidades do domínio espacial contribuíram com a implantação de melhorias nos sub-processos do processo de Teste da Fábrica.

A continuidade do projeto após a revisão CDR caracterizou-se como **Fase de Aceitação** compreendendo a validação independente das duas versões do software piloto e a consolidação da metodologia de aceitação desenvolvida no projeto. O processo de aceitação desenvolvido e experimentado neste projeto será adotado pelo INPE na terceirização de futuros desenvolvimentos de software para aplicações espaciais.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP) pelo suporte dado ao projeto Qualidade do Software Embarcado em Aplicações Espaciais (QSEE).