

ESTUDO SOBRE EXTENSÕES DE PRAZOS E CUSTOS DO PROGRAMA CBERS

Mônica Elizabeth Rocha de Oliveira

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE/ ETE

São José dos Campos – SP, Brasil

monica.rocha@dir.inpe.br

Leonel Fernando Perondi

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE/ ETE

São José dos Campos – SP, Brasil

perondi@las.inpe.br

Resumo: *Este artigo apresenta um levantamento das extensões de custos e cronograma dos contratos nacionais do Programa CBERS, desenvolvido pelo Brasil em parceria com a China, para a fabricação de satélites de sensoriamento remoto, e compara-as com informações similares disponíveis na literatura. No âmbito deste programa, já foram desenvolvidos e lançados três satélites, os CBERS-1 e CBERS-2, lançados em 1999 e 2003, respectivamente, e o CBERS-2B, lançado em 2007 e ainda em operação. Atualmente, encontram-se em desenvolvimento os satélites CBERS-3 e CBERS-4, previstos para lançamento em 2011 e 2013, respectivamente. Para estes últimos satélites, o Brasil e a China dividiram a responsabilidade pelo desenvolvimento em 50% para cada lado, cabendo a cada parte a responsabilidade por oito subsistemas. Dentro do esforço do lado brasileiro, o governo brasileiro, através do MCT/INPE – Ministério da Ciência e Tecnologia/ Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, firmou contratos com a indústria nacional, todos ainda em pleno andamento. O objetivo deste trabalho é identificar as variações de custo e prazo nestes contratos, comparando-as com resultados disponíveis na literatura, principalmente com aqueles disponibilizados no estudo Cost Analysis Data Requirement (CADRe) da NASA.*

PALAVRAS-CHAVE: Programa espacial; gerenciamento de projetos; gerenciamento de custos e cronograma.

1 Introdução

Enquanto que em projetos comerciais de produtos com aplicação não crítica há normalmente grande ênfase no controle das variáveis custo e tempo, na área espacial a ênfase principal se encontra no controle da variável qualidade. Sistemas espaciais requerem equipamentos com grande confiabilidade, sob pena de grandes perdas, uma vez que uma única falha pode determinar o final inesperado de uma missão. O projeto e a fabricação devem ser rigorosos, garantindo a operação

correta do veículo espacial em órbita. Os diversos subsistemas e a eletrônica de bordo são analisados ao nível de componentes, de modo a garantir que a falha de um único elemento não resulte em perda da missão. Conceitos de projeto necessitam ser continuamente revisados e reavaliados quanto ao atendimento de uma variedade de requisitos. A fabricação de sistemas espaciais é exercitada com o máximo rigor, colocando, usualmente, em segundo plano questões relativas a custo e prazo. Desta forma, é normal que em projetos da área espacial ocorram extensões de prazo e custo em benefício de considerações relativas à confiabilidade, qualidade e segurança dos equipamentos em desenvolvimento.

Mesmo tendo sua importância relativa reduzida em fases do ciclo de vida de um projeto, custo e tempo continuam sendo variáveis centrais em qualquer missão, sobretudo quando se trata de avaliar a viabilidade de uma nova missão, ou de justificar junto à sociedade os recursos necessários ao seu financiamento. Encontram-se na literatura alguns trabalhos sobre custos em missões espaciais (Wertz and Larson, 1996; Wertz and Larson, 1992), mas poucos abordam a questão conjunta de custos e cronograma, sobretudo sob uma perspectiva estatística, provavelmente em razão da dificuldade em obter dados consistentes relacionados ao tema (Dubos et al., 2009).

Estudo recente elaborado por Dubos et al. (2009) avaliou missões da NASA sob a ótica de custos e cronograma, baseado em informações disponibilizadas no CADRe – *Cost Analysis Data Requirement* – conduzido pela NASA a partir de 2003. Este estudo considerou uma amostragem significativa – 15 missões para o estudo de custos e 18 missões para o estudo de cronograma – e apresentou como resultado números médios que podem servir como referência importante para avaliar o desempenho de projetos/programas da mesma natureza.

O presente trabalho objetiva avaliar contratos da indústria brasileira para o desenvolvimento de subsistemas e equipamentos para uso nos satélites CBERS-3 e CBERS-4 a fim de identificar as variações de custos e cronograma em relação ao previsto na data de assinatura de cada um destes contratos. Os resultados serão comparados com dados disponíveis na literatura, em especial os do estudo de Dubos et al., citado acima.

O trabalho encontra-se assim organizado. A Seção 2 apresenta o Programa CBERS, a divisão de responsabilidades entre Brasil e China no desenvolvimento dos satélites CBERS 3&4 e a relação dos contratos firmados pelo Brasil, através do INPE, com a indústria nacional para a fabricação dos subsistemas sob responsabilidade brasileira. A Seção 3 apresenta a metodologia utilizada, enquanto que as Seções 4 e 5 são dedicadas à apresentação dos resultados encontrados e sua comparação com dados disponíveis na literatura. Por fim, a Seção 6 apresenta as conclusões finais do estudo.

2. Programa CBERS

O Programa CBERS (*China-Brasil Earth Resources Satellite*) foi estabelecido em 1988 para o desenvolvimento de dois satélites de sensoriamento remoto, o Satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres 1 (China-Brazil Earth Resources Satellite 1 – CBERS 1) e o CBERS-2. O investimento no programa foi dividido entre Brasil e China na proporção de 30% para o lado brasileiro e 70% para o lado chinês.

O sucesso com a primeira fase do programa motivou os governos a expandirem a cooperação acordando, em 2002, a fabricação e lançamento de dois novos satélites da mesma categoria, os satélites CBERS-3 e CBERS-4.

O satélite CBERS-1, lançado em outubro de 1999, permaneceu em atividade até agosto de 2003. O CBERS-2 foi lançado em outubro de 2003 e permaneceu ativo até início de 2009. Em 2004, China e Brasil assinaram novo acordo para fabricação e lançamento de um satélite semelhante ao CBERS-2, o CBERS-2B. O objetivo desse satélite, construído e lançado num período de apenas 3 anos, utilizando, principalmente, peças e equipamentos sobressalentes do CBERS-2, foi o de minimizar o risco de interrupção no fornecimento de imagens até o lançamento do CBERS-3. Os satélites CBERS-3 e CBERS-4, planejados para lançamento em 2011 e 2013, respectivamente, terão imagens com melhor resolução geométrica e espectral, e duas de suas câmeras serão fabricadas inteiramente no Brasil, exigindo um esforço de desenvolvimento tecnológico superior ao dos satélites CBERS-1 e CBERS-2.

O investimento para fabricação dos satélites CBERS-3 e CBERS-4 será dividido igualmente entre os lados brasileiro e chinês – 50% para cada. A Tabela 1, a seguir, apresenta os subsistemas que compõem os satélites, e a divisão de responsabilidade entre os dois países.

Módulo	Subsistema	Responsabilidade
Módulo de Serviço	Estrutura	Brasil
	Controle Térmico	China
	Controle de Órbita e Atitude	China
	Suprimento de Energia	Brasil
	Cablagem	China
	Supervisão de Bordo	China
	Gravador Digital de Dados	Brasil
	Telecomunicações de Serviço	Brasil
Módulo de Carga Útil	Câmera PAN	China
	Câmera MUX	Brasil
	Câmera IRS	China
	Câmera WFI	Brasil
	Transmissor de Dados da PAN e da IRS	China
	Transmissor de Dados das câmeras MUX e WFI	Brasil
	Sistema de Coleta de Dados	Brasil
	Monitor de Ambiente Espacial	China

Tabela 1: Divisão de responsabilidades entre subsistemas, Programa CBERS 3&4.

Fonte: Chagas Jr. M.F. et al. (2006)

No total, para os satélites CBERS-3 e CBERS-4, há 13 contratos junto à indústria nacional, conforme detalhado na Tabela 2, a seguir.

Subsistema	Responsabilidade	Contratos firmados com a Indústria Nacional
Estrutura	Brasil	1. Estrutura dos satélites
Controle Térmico	China	-
Controle de Órbita e Atitude	China	2. AOCC – Computador de Controle de Atitude e Órbita
Suprimento de Energia	Brasil	3. EPSS – Suprimento de Energia 4. Geradores Solares 5. Painéis para os Geradores Solares
Cablagem	China	-
Supervisão de Bordo	China	2. OBDH – <i>On Board Data Handling Computer</i> (*) (*) mesmo contrato do AOCC
Gravador Digital de Dados	Brasil	6. DDR – <i>Digital Data Recorder</i>
Telecomunicações de Serviço	Brasil	7. TTCS – <i>Telecommand and Telemetry Control Subsystem</i> 8. Antena dos subsistemas DCS e TTCS
Câmera PAN	China	-
Câmera MUX	Brasil	9. Câmera MUX
Câmera IRS	China	-
Câmera WFI	Brasil	10. Câmera WFI
Transmissor de Dados da PAN e da IRS	China	-
Transmissor de Dados das câmeras MUX e WFI	Brasil	11. MWT – <i>MUX e WFI Transmitter</i> 12. Antena do subsistema MWT
Sistema de Coleta de Dados	Brasil	13. DCS – <i>Data Collection Subsystem</i>
Monitor de Ambiente Espacial	China	-

Tabela 2: Contratos dos satélites CBERS 3&4 firmados junto à indústria nacional.

Fonte: Elaboração própria

A grande maioria destes contratos foi assinada entre dezembro de 2004 e dezembro de 2005, e apenas os relacionados aos Geradores Solares foram assinados mais recentemente, entre 2007 e 2008.

3. Metodologia

A metodologia empregada neste trabalho é a de um estudo de caso, indicada para análise de casos específicos, considerados representativos de determinada situação e válida quando se busca ampliar o entendimento sobre determinado tema via generalização criteriosa. Não há a intenção de fazer generalizações absolutas, devendo os resultados serem interpretados no ambiente específico em análise, ou seja, os contratos brasileiros de programas de satélites. O levantamento de informações foi feito a partir de fontes primárias, através de entrevistas e consulta direta a documentos de gerenciamento dos contratos firmados pelo INPE junto à indústria nacional.

A metodologia do presente trabalho, apesar de baseada no estudo elaborado por Dubos et al., difere daquela em importantes aspectos. Enquanto que no estudo feito a partir das missões da

NASA foram consideradas as missões completas, incluindo o suporte de lançamento, o presente estudo foi desenvolvido em nível de subsistema.

Outra importante diferença encontra-se no fato de que foram analisadas missões da NASA já concluídas, enquanto que o presente estudo refere-se a contratos ainda em execução, em sua maioria na fase de Qualificação para em seguida ter início a fabricação dos modelos de vôo.

Adicionalmente, comparando ainda as duas metodologias, é importante observar que há um descasamento adicional entre elas, associado ao fato de que a análise realizada por Dubos et al. parte das previsões feitas nas PDR's, quando já existe um amadurecimento considerável dos projetos, enquanto que o presente estudo considera como ponto de partida a data da assinatura dos contratos e como finalização, a entrega do produto ao contratante. Caso o presente estudo tivesse seguido o mesmo princípio, e partido das previsões de custos e cronograma definidos nas PDR's e não na ocasião da assinatura dos contratos, as extensões de custo e prazo encontradas nesta situação seriam inferiores às aqui relatadas, para a maioria dos contratos analisados.

Outra diferença ainda pode ser observada na caracterização da amostra empregada nos dois estudos. Os contratos brasileiros referem-se a subsistemas de satélites de Observação da Terra, enquanto que, no universo de missões avaliadas por Dubos et al., somente 33% das missões avaliadas para o estudo de custos e 39% daquelas avaliadas para o estudo de cronograma referem-se a missões de Observação da Terra. As demais missões constantes da amostra referem-se a missões interplanetárias e telescópios, que envolvem um nível mais elevado de tecnologia e de complexidade.

4. Acréscimos de Custos

Para cada um dos 13 contratos detalhados na Tabela 2, foi avaliada a expansão de custo, computada pela diferença entre o preço final atual e o preço inicialmente estabelecido. Tanto o valor inicial quando os aditivos de preço que ocorreram ao longo do tempo foram atualizados para janeiro de 2010 pelo IGP-DI/ FGV, índice de reajuste formalmente previsto nos contratos.

A Figura 1, abaixo, mostra a evolução do custo computado por subsistema. Observa-se que todos os contratos, exceto um, tiveram algum acréscimo de preço. Considerando os valores atualizados, identificamos um acréscimo médio de preço de 16,14% em relação ao previsto por ocasião da assinatura do contrato. O estudo de Dubos et al. identificou que todas as missões da NASA analisadas tiveram expansão de custos, e que a média da expansão de custo das missões pós-CDR (*Critical Design Review*) foi de cerca de 30% em relação àquela estimada na PDR. Estudo anterior, desenvolvido por Freaner et al. (2008), envolvendo missões da NASA, também cadastradas no CADRe, apresenta número superior a esta estimativa. Para um universo de 40 missões avaliadas, a expansão apurada de custo foi da ordem de 76%, muito superior, portanto, ao

resultado obtido por Dubos et al.. Esta variação de resultados pode ser atribuída a diferenças na forma como aumento de custos foram computados nos dois estudos. Enquanto que no trabalho de Dubos et al. o aumento de custo foi computado em relação à estimativa estabelecida na PDR, no trabalho de Freaner et al. o aumento foi computado em relação ao início formal do projeto.

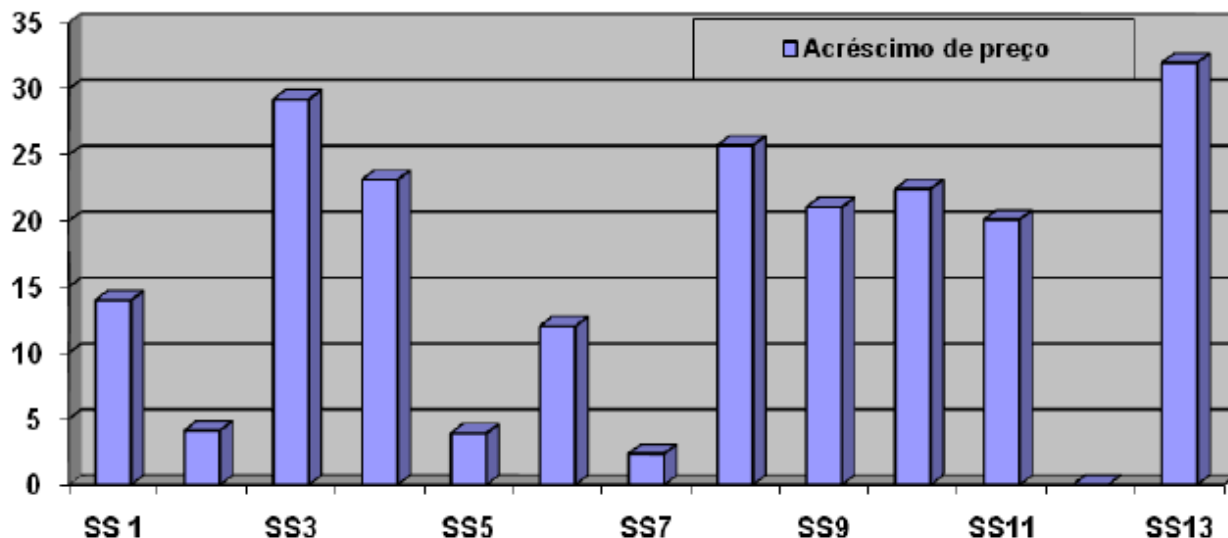


Figura 1 – Variação de custo por subsistema

Fonte: Elaboração própria

Consideramos oportuno, neste ponto, ressaltar a diferença entre comparar missões e comparar contratos. Um apanhado completo dos custos do programa CBERS 3&4 incluiria, além das despesas com os contratos industriais, as despesas do lançamento, os custos de infra-estrutura de sistemas de solo para tratamento e recepção de imagens, despesas com viagens e diárias, entre outras. Informações disponíveis indicam que no ano de 2004 os contratos industriais foram responsáveis por 83,55%, e por 89,55% em 2005, do total de despesas associadas aos programas CBERS 3 & 4. Outros cerca de 7%, tanto em 2004 quanto em 2005, foram destinados à compra de equipamentos de testes, equipamentos de medição e calibração e infra-estrutura em geral. No entanto, resultados apurados para o período 2006-2009 sugerem que esta razão tenha diminuído, devido, principalmente, à aquisição de partes e materiais, responsabilidade do INPE no programa. Assim, a análise aqui apresentada, como adiantado anteriormente, não pode ser generalizada para o Programa CBERS como um todo.

No caso dos CBERS 1 & 2, o entendimento inicial entre as partes, no início do programa em 1988, previa um custo de 150 milhões de dólares para a fabricação dos dois satélites e 50 milhões de dólares para os respectivos lançamentos. Estas despesas seriam divididas entre os dois países na proporção de 70% para o lado chinês e 30% para o lado brasileiro.

Estudo elaborado pela direção do INPE, em maio de 2004, em valores corrigidos para 2003, calcula ter havido um gasto adicional da ordem de 17,5% em relação ao inicialmente previsto, e

atribui este valor adicional a fatores tais como o atraso de seis anos na execução do cronograma original, a inclusão de dois modelos de uma câmera imageadora (WFI) não prevista originalmente, além de problemas técnicos comuns neste tipo de projeto.

Concluindo, os resultados aqui apresentados sugerem que a média de expansão de custos identificada para as despesas brasileiras relacionadas aos contratos industriais nacionais para a fabricação dos satélites CBERS 3&4, até o presente, situa-se em torno de 16%. Este aumento compara-se favoravelmente com o aumento médio de 30% observado no estudo referente a 15 missões da NASA e aos 17,5% de aumento observado no programa CBERS 1&2. Esta conclusão deve ser vista, porém, com muita cautela, dado que a comparação entre este estudo e aquele da NASA não é perfeita, uma vez que: a) os resultados do estudo da NASA se referem a custos de missões concluídas, enquanto que o presente estudo lida com os custos de contratos industriais de uma missão em andamento, cujos valores contratados poderão ser ainda corrigidos por força de aditivos contratuais; b) o crescimento de custo no estudo da NASA foi apurado comparando os valores ao final da missão com previsões correntes quando da realização da reunião de revisão PDR, enquanto que no presente estudo estão sendo comparados os valores de contratos industriais no momento da contratação com aqueles apurados a cerca de um ano e meio do final previsto para os contratos; e c) enquanto o estudo da NASA baseia-se no custo total da missão até o lançamento da plataforma orbital, o presente estudo considera somente os custos de contratações industriais, ainda em curso, na fase de início de fabricação dos modelos de vôo.

5. Expansão de cronograma

Para analisar a expansão de cronograma, Dubos et al. compilaram um conjunto de dados de 18 missões. Todas as missões analisadas, exceto uma que tinha uma janela de lançamento muito restrita, apresentaram crescimento de cronograma. A média de crescimento total de cronograma para o conjunto de dados analisado foi de 35,2%. No estudo de Freaner et al., com um universo de 40 missões da NASA, a expansão de cronograma apurada foi da ordem de 36%, compatível, portanto, com o resultado obtido por Dubos et al..

O estudo de Dubos et al. sugere que a extensão de cronograma seja um problema recorrente em missões espaciais e mostra que esta expansão é observada, principalmente, durante a fase de desenvolvimento. Outras observações do estudo incluem, para o universo de missões avaliadas, a ausência de correlação entre extensão de cronograma e os fatores massa, potência e extensão da fase de projeto (design), e a observação de uma correlação negativa entre número de instrumentos e a extensão do cronograma. No estudo de Freaner et al., no universo de 40 missões avaliadas, foi observado que o fator individual mais importante para a extensão de custo e cronograma são problemas com instrumentos da carga útil (22%), vindo em segundo lugar problemas com a

plataforma (15%). Ambos os estudos sugerem que problemas técnicos que ocorrem durante o desenvolvimento de um produto espacial sejam os motivos mais relevantes para o crescimento de cronograma e custo em missões da área espacial.

Também no caso dos subsistemas dos CBERS-3 e CBERS-4, todos os contratos apresentaram expansão de cronograma em relação ao inicialmente previsto. Em média, os contratos de desenvolvimento dos subsistemas brasileiros dos satélites CBERS 3&4 apresentaram extensão de 68,8% em seus prazos de execução, em relação aos prazos previstos por ocasião do início dos contratos.

Para o estudo de cronograma, apenas 12 dos 13 contratos foram analisados, em razão de estar um dos contratos sem previsão formal, no momento, para a sua data de finalização. A contratada, neste caso, encontra-se já prestes a iniciar a fabricação dos modelos de vôo. A análise da variação dos cronogramas de cada contrato foi feita com base nos tempos estimados entre as revisões de projeto: até a PDR, da PDR até a CDR, da CDR até a QR e da QR até a previsão de entrega do último modelo de vôo.

A Figura 2, a seguir, ilustra a variação dos atrasos sofridos em cada fase de projeto para cada um dos Contratos.

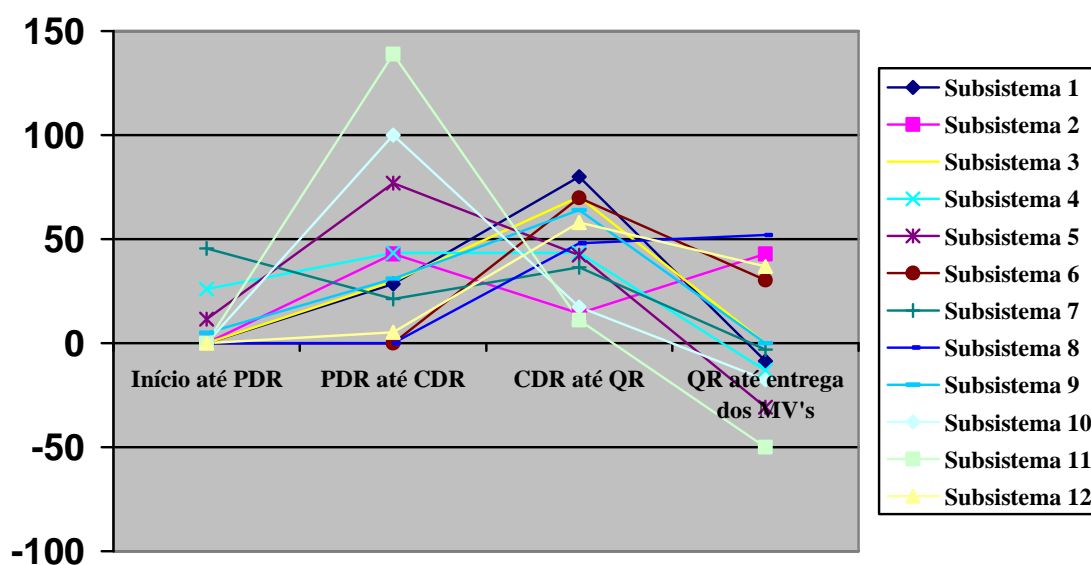


Figura 2 – Expansão de cronograma por subsistema e por fase de projeto

Fonte: Elaboração própria

Dos resultados do presente estudo, observa-se que do total de atrasos ocorridos nos contratos, 7,34% ocorrem no período entre a assinatura do contrato e a conclusão da reunião PDR, com apenas quatro contratos registrando atrasos nesta fase. A fase entre a conclusão da reunião PDR e a conclusão da reunião CDR é responsável por 43,15% dos atrasos, a fase entre a conclusão

da reunião CDR e a conclusão da reunião QR por 46,25%, enquanto que a fase entre a conclusão da reunião QR e a previsão para entrega do último modelo de vôo é responsável por apenas 3,26% dos atrasos. Para esta última fase, em 50% dos contratos espera-se despendar um período de tempo menor do que o previsto inicialmente, reduzindo, assim, a extensão de prazo ocorrida nas fases anteriores.

Cabe ressaltar que na comparação dos resultados aqui apresentados com aqueles apresentados por Dubos et al. deve-se observar que este último estudo compara a previsão do cronograma pós-PDR com a data de efetiva de lançamento, enquanto que o presente estudo compara os prazos estabelecidos por ocasião da assinatura dos contratos, antes de iniciados quaisquer aprofundamentos sobre as opções de projeto, com aqueles prevalentes no momento, a cerca de um ano e meio, aproximadamente, do final previsto para a maioria dos contratos.

Uma demonstração de como a consideração das estimativas da PDR como data inicial poderia afetar positivamente a média encontrada na presente pesquisa encontra-se no fato de que em 50% dos contratos os primeiros aditivos de prazo foram iniciados próximos às respectivas conclusões da PDR. Adicionalmente, é importante registrar que o desenvolvimento dos subsistemas dos satélites CBERS 3&4 foi muito afetado por problemas relacionados à aquisição internacional de partes e materiais com qualificação espacial. Uma análise da documentação de gerenciamento dos contratos pesquisados indica que partes e materiais importados foram responsáveis por um atraso de cerca de 32,59% em relação ao cronograma inicialmente previsto. Ou seja, dos 68,8% de atraso verificado, 32,59% ocorreram por motivos relacionados a partes e materiais, restando cerca de 36,21% para os motivos técnicos tradicionalmente verificados em projetos desta natureza.

A grande maioria dos subsistemas foi projetada para uso de partes e materiais com qualificação espacial que já haviam sido utilizados nas versões anteriores dos satélites CBERS (1, 2 e 2-B). Por esta razão, muitos projetos evoluíram significativamente até o surgimento de dificuldades para a importação de partes e materiais, por força de legislação do país de origem. Em diversos subsistemas, foi feita a aquisição das partes e materiais para o Modelo de Engenharia e, em seguida, houve dificuldades para a aquisição de partes e materiais com qualificação espacial, necessárias ao Modelo de Qualificação, prejudicando o andamento do projeto e exigindo retrabalhos e re-testes para atendimento dos requisitos especificados.

Adicionalmente, de maneira menos significativa, existiram atrasos relacionados aos procedimentos administrativos referentes a aquisições. Por exemplo, a legislação vigente aplicável não considera a possibilidade de que lotes de componentes sejam rejeitados nos testes de aceitação e tenham que ser novamente fabricados, ocasionando atraso no cronograma previsto para o contrato de aquisição. Nestes casos, a legislação exige que seja dado um tratamento de mora contratual, e em alguns casos até a rescisão contratual e nova licitação.

Finalmente, observamos que os satélites anteriores da série CBERS também sofreram atrasos em seus cronogramas de lançamento. Os CBERS-1 e CBERS-2, cujos projetos tiveram início em 1988, foram inicialmente planejados para serem concluídos até dezembro de 1992 e lançados em 1993 (CBERS-1) e 1995 (CBERS-2). No entanto, o CBERS-1 somente foi lançado em 1999, portanto com atraso de 6 anos, e o CBERS-2, em 2003, ou seja, com atraso de 8 anos. Para o CBERS-2B, iniciado em 2004 e lançado em 2007, o satélite desenvolvido em menor tempo pelo Brasil, o atraso foi de um ano.

6. Conclusões

Dos resultados encontrados neste estudo e também na bibliografia disponível relacionada a projetos espaciais, conclui-se que é comum ocorrerem variações de prazos e custos em projetos desta natureza.

O presente estudo identificou para os projetos de desenvolvimento dos subsistemas dos satélites CBERS-3 e CBERS-4, uma variação média de custos de 16,14% e uma expansão de cronograma de 68,8% em relação ao previsto na ocasião da assinatura dos respectivos contratos. Caso sejam excluídos os atrasos devidos a importação de partes e materiais, a variação de prazo passa a ser de 36,21% próximo ao observado em estudo congêneres, como os acima discutidos.

Estatística construída com base em cerca de 200.000 projetos de desenvolvimento de softwares e projetos de Tecnologia da Informação (Standish Group, 2001) identificou uma expansão média de custos de 45% em relação ao inicialmente previsto e uma média de 63% de acréscimo de prazo em relação ao cronograma inicialmente estabelecido. Portanto, também comparativamente a projetos de natureza diferente, com menor grau de complexidade do que os relativos a produtos espaciais, o desempenho dos projetos de subsistemas de satélites brasileiros encontra-se compatível ou mesmo positivamente posicionado em relação à média observada.

Consideramos importante ainda mencionar que os contratos industriais nacionais do programa espacial brasileiro apresentam uma forte componente de capacitação da indústria nacional. Os objetos contratados envolvem desafios tecnológicos importantes para as empresas brasileiras, e, além disso, exigem uma metodologia de gerenciamento de projeto muito específica, o que contribui, em muito, para o aumento do risco de extensões de prazo e aumentos de custo.

Finalmente, uma importante observação diz respeito à manutenção e otimização dos procedimentos adotados pelo INPE para apropriação dos custos totais dos projetos, que é condição essencial para que estudos como este possam ser realizados e para criação de uma base de dados que sirva de referência para projetos futuros. Conforme Wertz (1999), se reduzir custos em missões espaciais é tarefa difícil, sem conhecê-los, passa a ser uma tarefa impossível.

7. Bibliografia

Chagas Junior, Milton. F.; Cabral, Arnaldo S.; Oliveira, Mônica E. R.; Bueno, Luis Antonio R.. Criação de Capacitações em Integração de Sistemas: o Caso do Programa CBERS. In: XXIV Simpósio de Gestão da Inovação Tecnológica. 2006, Gramado.

Dubos, Gregory F.; MacDonald, Alexander. Tracking cost and Schedule growth of unmanned spacecraft: lessons learned from NASA's CADRe database. 60º IAC - International Astronautic Congress. 2009, Daejeon, Coréia do Sul.

Freaner, C., Bitten, B., Bearden, D., Emmons, D., *An Assessment of the Inherent Optimism in Early Conceptual Designs and its Effect on Cost and Schedule Growth*, Presented to the Planetary Science Subcommittee, NASA Advisory Council, 23 June, 2008, NASA GSFC.

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Demonstrativo de custos do programa CBERS 1&2 e previsão de custos para o programa CBERS 3&4. Projeto CBERS. 2004, São José dos Campos.

Standish Group International, Inc., The. 2001. Extreme Chaos.

http://www.vertexlogic.com/processOnline/processData/documents/pdf/extreme_chaos.pdf.

Acessado em fevereiro/2010.

Wertz, James R. and Larson, Wiley J. (editors). Reducing space mission cost. Space Technology Library/ Microcosm press. 2nd printing, 1999. USA.

Wertz, James R. and Larson, Wiley J. (editors). Space Mission Analysis and Design. Space Technology Library. 1992, USA.