

## ITASAT-1: uma proposta de continuidade do Sistema Brasileiro de Coleta de Dados Ambientais

Lídia Hissae Shibuya Sato <sup>1</sup>

Wilson Yamaguti <sup>2</sup>

David Fernandes <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Instituto Tecnológico de Aeronáutica – ITA/DCTA  
Praça Mal. Eduardo Gomes, 50 - 12228-900 - São José dos Campos - SP, Brasil  
{shibuya, david}@ita.br

<sup>2</sup> Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE  
Caixa Postal 515 - 12227-010 - São José dos Campos - SP, Brasil  
yamaguti@dss.inpe.br

**Abstract.** This work presents a proposal to Brazilian Environmental Data Collection System continuity by adding the ITASAT-1 university satellite to the system space segment. Even with several applications and many users in Brazil, and increasing demands for “in situ” environmental data collection, the system has not received investment to guarantee or to replace very old satellites such as SCD-1 operating more than 17 years and SCD-2 operating more than eleven years. The situation became more drastic with the CBERS-2B failure occurred last April, 2010. This work also presents some historical efforts to establish the ITASAT mission and its updated status. This joint program involves ITA (Instituto Tecnológico de Aeronáutica), INPE (Instituto Nacional de Pesquisa Espacial), AEB (Agência Espacial Brasileira) and many cooperating universities. The ITASAT mission architecture is shown, emphasizing the experimental Digital Data Collecting Transponder payload, that is compatible with the Brazilian Environmental Data Collecting System. The ITASAT-1 micro satellite is described by its four payloads and subsystems: Structure, Thermal Control, Electric Power, Telemetry & Telecommand and Attitude Control and Data Handling. The satellite functional block diagram is also presented and the major mission requirements are shown. The student’s participation in the project is described and finally is presented the project outcomes.

**Palavras-chave:** data collection, data collecting platform, university satellite, small satellites, microsatellites, coleta de dados, plataforma de coleta de dados, satélite universitário, satélites de pequeno porte, microsatélites.

### 1. Introdução

Apesar do desenvolvimento e da operação de diversos sensores instalados em satélites de observação da Terra, persiste ainda a necessidade de observação “in situ” de diversos parâmetros ambientais por meio de plataformas de coleta de dados. O Sistema Brasileiro de Coleta de Dados Ambientais (SBDA) permite esta funcionalidade tanto para plataformas fixas como para plataformas móveis. Para as plataformas móveis, o sistema oferece a localização geográfica da plataforma por efeito Doppler. Essa funcionalidade é útil para o estudo de rotas migratórias de animais silvestres. Diversas aplicações são realizadas pelo SBDA como hidrologia, meteorologia, oceanografia (rastreamento de bóias de deriva, bóias ancoradas), qualidade d’água, monitoramento ambiental (dados auxiliares para determinação do Risco de Fogo no projeto de Detecção de Queimadas em florestas entre outras. As demandas por novas aplicações são crescentes.

No entanto, o atual segmento espacial do SBDA encontra-se fragilizada, principalmente após a pane do satélite CBERS-2B ocorrida em abril/2010. O SCD-1 opera há mais de 17 anos em órbita, quando sua vida útil estimada era de apenas um ano, e o SCD-2, com mais de onze anos em operação, a exemplo do SCD-1, também se encontra em fase de sobrevida, com elevada possibilidade de ocorrência de falha, segundo Yamaguti et al. (2009).

Em função destas necessidades e a crescente importância dos satélites de pequeno porte, utilizados para as mais variadas finalidades, levou a AEB a propor a criação de um programa de desenvolvimento tecnológico destinado a promover a capacitação brasileira para atender a

demanda pelas futuras gerações de satélites de pequeno porte. Surgiu assim a Ação da AEB 4934 do Plano Plurianual – PPA, de “Desenvolvimento e Lançamento de Satélites Tecnológicos de Pequeno Porte”, que consiste na realização de uma série de missões destinadas a realizar experimentos, desenvolver e testar inovações de tecnologia de satélites e cargas úteis, e capacitar a indústria espacial brasileira neste segmento.

Numa primeira fase do programa, com o objetivo de analisar a viabilidade de se estabelecer uma base tecnológica industrial apoiada numa forte participação de centros universitários de excelência, foi criada, em 2003, uma iniciativa, com a participação do ITA e do INPE, para estudar as possíveis formas da interação Universidade -Institutos de Pesquisas - Indústria - Governo na implantação de tal programa, bem como, para estudar os principais aspectos tecnológicos envolvidos na realização de uma missão no programa, envolvendo: o satélite e seus subsistemas constituintes, sua integração e testes, o lançamento, o segmento-solo, a operação, a gestão e a documentação do projeto. Assim foi criado no final de 2005 o Projeto “Missão” ITASAT que constitui o primeiro projeto-missão desse programa, resultante dessa fase de estudos.

O projeto ITASAT tem o Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA) como o responsável pela execução do Projeto e coordenador da participação de outras instituições de ensino e pesquisa, o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) como provedor de consultoria técnica, de infra-estrutura laboratorial e gestor financeiro do Projeto e a Agência Espacial Brasileira (AEB) como coordenadora geral e patrocinadora principal do Projeto.

Através do ITA participam ainda a UFRN (Universidade Federal do Rio Grande do Norte), a EESC-USP (Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo), a UEL (Universidade Estadual de Londrina), a UNICAMP (Universidade Estadual de Campinas), a UnB (Universidade de Brasília), a FEG-UNESP (Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá da UNESP) e alunos da TU Berlin (Universidade Técnica de Berlim) estes últimos através do Programa UNIBRAL da CAPES/DAAD.

O Projeto foi dividido em duas grandes fases. A primeira delas, a inicial que começou efetivamente em outubro de 2005 e foi concluída em dezembro de 2008, consistiu em formar um núcleo de estudantes, professores, pesquisadores e engenheiros interessados na atividade espacial referente ao desenvolvimento de um satélite universitário. Nesta fase privilegiou-se a formação de recursos humanos e o estudo da viabilidade de configurações de satélites de pequeno porte e de seus subsistemas.

No início de 2009 iniciou-se uma nova fase focada no projeto do satélite ITASAT-1, o primeiro satélite do projeto. Em fevereiro e março de 2010 foram finalizadas as fases 0 (concepção) e A (viabilidade) do projeto, com as suas respectivas revisões (MDR - *Mission Definition Review* e PRR - *Preliminary Requirements Review*). Em setembro de 2010, ainda dentro da fase B, foi realizada a SRR - *System Requirements Review*.

Em termos globais são realizadas missões espaciais com satélites universitários desde 1981 com o lançamento do microsatélite UoSAT-1, de 56 kg, da Universidade de Surrey. Desde então mais de 100 satélites universitários já foram lançados, segundo Swartwout (2009, 2007). Dentre estes se destaca o microsatélite imageador LAPAN-TUBSAT de 56 kg lançado em 2007 e o picosatélite BeeSAT de 1kg lançado em 2009, ambos da TU Berlin. São comuns o lançamento da classe de picosatélites CubeSat que tem aproximadamente a massa de 1kg e são da forma de um cubo com lado de aproximadamente 10 cm. Um exemplo desta classe de satélites é descrito por LaBerteaux et al. (2009).

Podem-se classificar, segundo a sua massa, os satélites de pequeno porte como: picosatélites (massa até 1 kg), nanosatélites (massa acima de 1kg até 10kg) e microsatélites (massa acima de 10kg até 100kg).

O ITASAT-1 será um microsatélite para uma órbita baixa, de aproximadamente 600 km de altitude, com massa estimada menor que 80 kg e de forma cúbica com lado de aproximadamente 60 cm.

## 2. Missão e Requisitos

Considerando as aplicações de coleta de dados no Brasil, a órbita mais adequada seria com inclinação em torno de 25° como as órbitas dos satélites SCD-1 e SCD-2, conforme análise de missão realizada por Gentina et al. (2009). Contudo restrições como lançamento carona, e disponibilidade de lançadores motivaram a escolha de órbita polar como a dos satélites da série CBERS.

O projeto visa projetar, construir e operar um microsatélite universitário, o ITASAT-1, que em uma baixa órbita levará experimentos para serem testados no espaço, incluindo o Transponder DCS Digital que permitirá dar continuidade aos serviços de coleta de dados do SBCDA. Intrinsecamente associado a este objetivo e com mesma importância, o projeto tem o propósito de estimular e formar estudantes para a área espacial, que possam contribuir ativamente para o desenvolvimento deste setor.

Um satélite universitário é um satélite projetado, construído e operado por estudantes universitários, tendo professores, pesquisadores e engenheiros como seus orientadores e supervisores. É um satélite de cunho tecnológico, diferenciando-se de satélites operacionais, onde novos conceitos, equipamentos e componentes podem ser testados no ambiente espacial. Estes satélites se caracterizam pelo seu baixo custo, usualmente são empregados componentes COTS (*Commercial Off The Shelf*) em contraposição ao uso de componentes qualificados para o uso no espaço e também pelo tempo reduzido de projeto e construção.

Outra característica destes satélites universitários é que usualmente são lançados como carga útil secundária (*piggyback* ou carona). Isto acaba acarretando uma série de restrições para o projeto do satélite. Foram considerados no projeto as envoltórias e restrições dos lançadores Cyclone-4 e PSLV.

O ITASAT-1 foi concebido para ser um satélite universitário que terá uma plataforma projetada para testar quatro experimentos como carga útil:

- o transponder digital de coleta de dados (DCS – *Data Collection System*), desenvolvimento sob responsabilidade do INPE-CRN e pela UFRN,
- o experimento para determinação de atitude baseado em girometros MEMS (*Micro-Electro-Mechanical-Systems*), desenvolvimento sob responsabilidade da UEL,
- o experimento térmico composto por um radiômetro e termopares que irão monitorar o comportamento térmico do satélite, validando assim modelos teóricos do projeto térmico realizado pelo ITA, um Tubo de Calor (*Heat Pipe*) experimental denominado TUCA (TUBo de Calor), desenvolvimento sob responsabilidade do INPE, e
- o experimento de comunicações ISL/FoX (*Inter Satellite Link/FoX*) entre ITASAT-1 e um picosatélite universitário da TU Berlin (BeeSat), desenvolvimento sob responsabilidade da TU Berlin, que deverá ser lançado juntamente com o satélite ITASAT-1.

A Figura 1 mostra a arquitetura geral da missão mostrando o segmento espacial e o segmento de solo formado pelas plataformas de coletas de dados, que são mais de 800 espalhadas pelo Brasil, que se comunicam com as estações de recepção em solo (*Ground Stations*) através do subsistema DCS do satélite. Esta figura mostra também o segmento de solo relativo ao rastreamento e controle (TT&C), que além do controle e monitoramento da plataforma do ITASAT-1 é utilizado para monitorar os experimentos embarcados no satélite.

A Figura 2 ilustra o processo de recepção dos dados das plataformas de coleta de dados (DCP - *Data Collection Platform*) pelo satélite ITASAT-1 e a retransmissão destes dados para as estações de recepção de Cuiabá, de Alcântara e de Natal. O processo de transferência de

dados das DCP's para as estações só ocorre quando houver visibilidade mútua entre a dada DCP, o ITASAT-1 e a estação de recepção. As mensagens recebidas na estação são transferidas logo após a passagem do satélite para o Centro de Missão Coleta de Dados localizado no CRN/INPE, Natal, para processamento, armazenamento e distribuição, aos usuários do sistema.

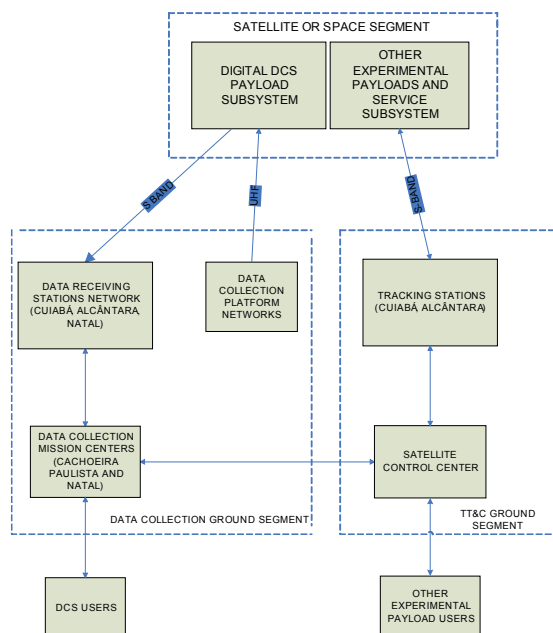


Figura 1. Arquitetura geral da Missão, ITASAT-MDD (2010).

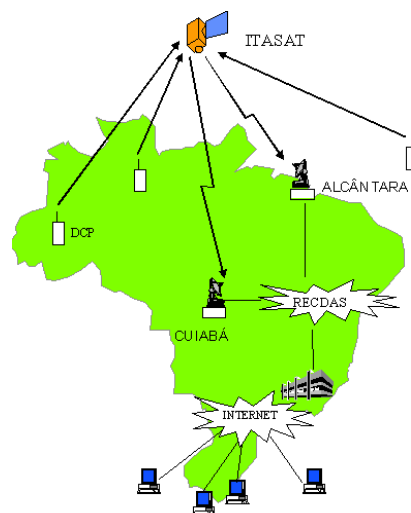


Figura 2. Enlace de comunicação entre as plataformas de coleta de dados, o satélite e as estações de recepção, ITASAT-MDD (2010).

Os requisitos da missão ITASAT-1 foram definidos em função dos requisitos de coleta de dados, das características do satélite universitário e do fato dele ser lançado como carga útil secundária (carona). A Tabela 1 resume os requisitos gerais da missão ITASAT.

Tabela 1. Requisitos da missão.

Vida útil	Um ano
Órbita	Órbita polar, altitude aproximada de 600 km
Controle de atitude	Estabilização por rotação – erro de apontamento: $\pm 5^\circ$
Controle térmico	Passivo
Massa	Menor que 80 kg
Comunicação de descida	25kbps (modo de segurança) e 400kbps (modo nominal)
Comunicação de subida	20kbps
Operação da Carga Útil:	
Transponder DCS Digital	Operação sobre o território Brasileiro
Experimento MEMs	Operação em intervalos de tempo
Experimento Térmico	Operação contínua
ISL/Fox	Operação em intervalos de tempo durante seis meses

Prevê-se a finalização do projeto, com o satélite pronto para o lançamento, para dezembro de 2012.

### 3. Descrição do Satélite

A plataforma projetada para o satélite ITASAT-1 é composta por cinco subsistemas: estrutura (SMS – *Structural Subsystem*); controle térmico (TCS – *Thermal Control Subsystem*); potência (EPS – *Electric Power Subsystem*); telemetria e telecomando (TMTC); computador de bordo (ACDH – *Attitude Control and Data Handling*), este último composto pelos módulos de *hardware*, *software* e controle de atitude.

A Figura 3 mostra a configuração funcional do Satélite ITASAT-1 com os blocos TMTC, ACDH, EPS e Carga Útil (*Payload*) contendo os quatro experimentos.

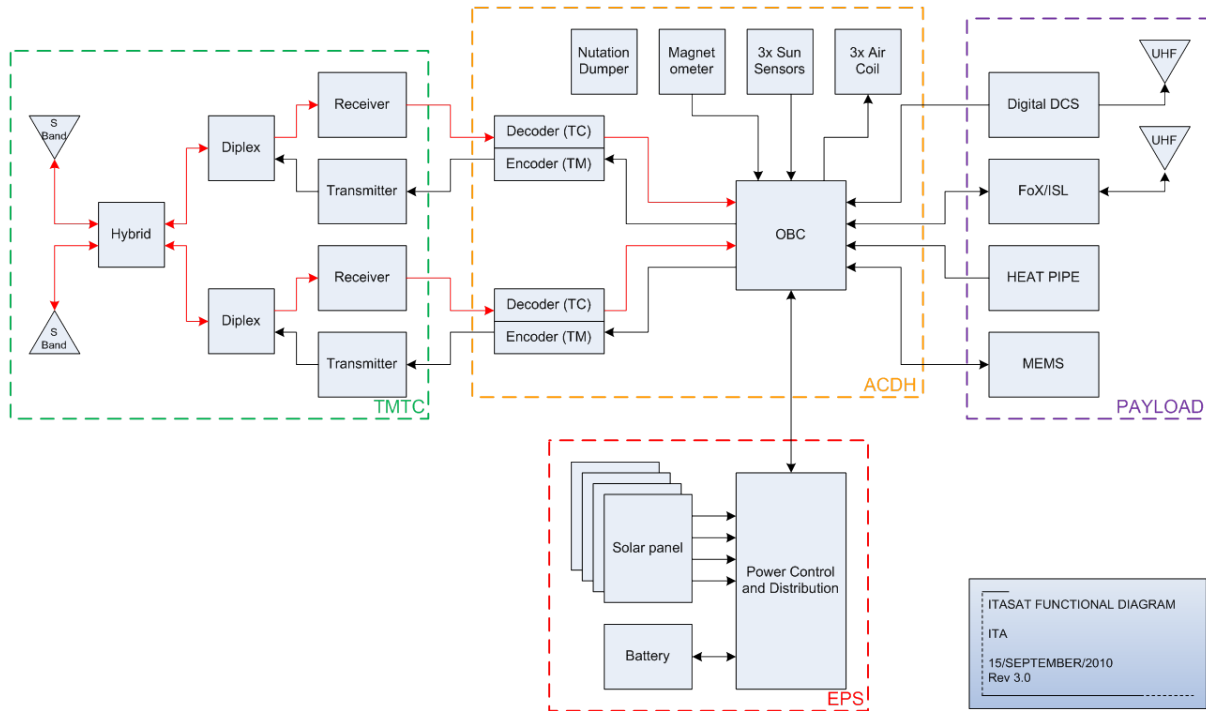


Figura 3. Configuração funcional do Satélite, ITASAT-MDD (2010).

A Figura 4 mostra a configuração interna, a configuração externa, com dimensões aproximadas de 600x600x600mm, contendo quatro painéis solares na lateral do satélite, as quatro antenas do DCS no topo do satélite e duas antenas (uma de TMTC e outra para o DCS) no topo e na base do satélite.

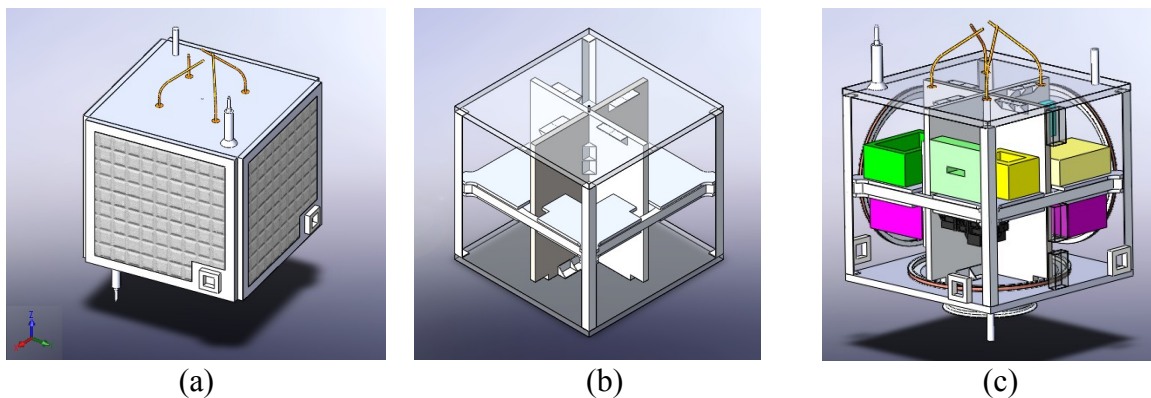


Figura 4. (a) concepção da configuração externa, (b) configuração interna e (c) disposição dos equipamentos, ITASAT-MDD, (2010).

O projeto estrutural do satélite deve prever, entre outros fatores, as cargas e esforços sofridos pelo satélite durante todas as fases do projeto, principalmente durante o transporte e o lançamento, bem como prover a distribuição de massas no interior do satélite de modo que se obtenham os momentos de inércia adequados ao sistema de controle de atitude.

O controle térmico do satélite deve avaliar e controlar, de modo passivo, o satélite no seu caso quente e caso frio de modo a que os equipamentos embarcados operem de modo satisfatório e dentro de suas margens de segurança.

O subsistema de potência utiliza painéis solares de tripla junção montados sobre as faces laterais do satélite. Cada painel solar é composto por *strings* conectados em paralelo, sendo que cada string é formado por células fotovoltaicas ligadas em série. Baterias de Lithium-Ion armazenam energia para os períodos de eclipse e para regular o barramento de distribuição de energia do satélite.

O sistema de controle de atitude deverá fazer com que o satélite gire em torno do seu eixo z e posicionar este eixo de modo que a incidência dos raios solares no painel solar seja normal. Para isto utiliza um magnetômetro de 3 eixos, três sensores solares e três magneto torqueadores.

O subsistema de telecomando e telemetria é composto por dois conjuntos de receptores/transmissores herdados da Missão Franco Brasileira de Microsatélites (FBM). Os receptores operam em banda S com redundância quente (*hot-standby*) e os transmissores com redundância fria (*cold-standby*).

O subsistema de computador de bordo é composto por processadores em redundância do tipo *cold-standby*, com gerenciamento a bordo ou por solo (através de telecomandos diretos), constituindo uma unidade tolerante a falha simples. O computador de bordo é responsável por todo gerenciamento a bordo, tais como: recebimento, distribuição e execução de telecomandos; coleta e envio de telemetrias ao subsistema de TMTC. O software de bordo inclui as rotinas de gerenciamento a bordo, os algoritmos de controle de atitude e rotinas de FDIR (*Failure, Detection, Isolation and Recovery*). O software de bordo em desenvolvimento utiliza o sistema operacional de tempo real RTEMS (*Real-Time Executive for Multiprocessor Systems*).

Prevê-se ainda que a plataforma projetada do satélite, com os seus subsistemas, possam ser empregados em outras missões análogas a do ITASAT-1.

#### 4. Formação de Estudantes

Um dos objetivos do projeto é a formação de estudantes universitários por meio de atividades de iniciação científica, trabalhos de graduação, mestrado e doutorado relacionados com o ITASAT A Figura 5 mostra distribuição destes estudantes no projeto a partir de 2005.

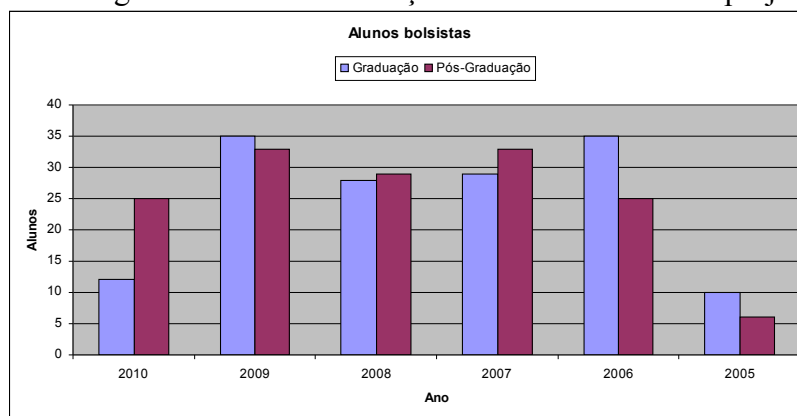


Figura 5. Participação anual de alunos bolsistas no projeto ITASAT.

Além das atividades ligadas a plataforma do satélite (estrutura, controle térmico, potência, telecomando & telemetria e computador de bordo) e as cargas úteis houve a atuação dos estudantes em atividades do grupo de engenharia de sistemas, atividades de Verificação e Validação (V&V), planejamento e controle, garantia do produto, gerenciamento de riscos e controle de custos, sempre tendo em vista a compatibilidade com os padrões internacionais, como ECSS/ESA (2010).

## 5. Comentários Finais

A conclusão com sucesso do projeto, da construção, do lançamento e da operação em órbita do satélite ITASAT-1 poderá ter impacto significativo na continuidade dos serviços de coleta de dados prestados pelo SBCDA, cujo segmento espacial encontra-se em sobrevida, como proposto por Yamaguti et al. (2009).

Como resultados adicionais do projeto ITASAT provêm-se:

- a validação dos quatro experimentos que formam a sua carga útil;
- a validação dos subsistemas que formam a plataforma do satélite (*Satellite Bus*);
- a validação de componentes (COTS) e dos equipamentos utilizados, bem como a suas arquiteturas de projetos;
- a capacitação de estudantes universitários para a área espacial, especialmente em satélites;
- a adequação de projetos universitários aos padrões internacionais
- o ganho de experiência, que se converta em diretrizes e metodologias, para futuras missões de satélites universitários segundo a Ação 4934 da AEB.
- A elaboração da proposta do satélite ITASAT-2 com a definição e análise da sua missão.

O projeto ITASAT, neste seu primeiro segmento que é o satélite ITASAT-1, também está sendo útil para se avaliar as possíveis formas de trabalho e interação entre instituições de ensino e pesquisa de diversos órgãos. Deste projeto e da experiência adquirida deverão surgir recomendações que auxiliem a execução de futuros projetos de satélites universitários.

## Referências Bibliográficas

Swartwout, M. A. The first one hundred university-class spacecraft 1981-2008. **IEEE Aerospace and Electronic Systems Magazine**, v. 24 n. 3, 2009.

Swartwout, M. A. Beyond the Beep: Student-Built Satellites with Educational and 'Real' Missions. In 21st Annual AIAA/USU Conference on Small Satellites. **Anais** ....., Utah: 2007.

LaBerteaux J., Moesta, J., Bernard, B. Advanced Picosatellite Experiment. **IEEE Aerospace and Electronic Systems Magazine**, v. 24 n. 9, 2009.

Gentina, J., Yamaguti, Y., Varotto, S. E. C., Waldmann, J., Fernandes, D. A proposal for ITASAT configuration and its preliminary mission analysis. In Brazilian Symposium on Aerospace Engineering and Applications. **Anais**... São José dos Campos: ITA 2009.

ITASAT-MDD. **Mission description document**. São José dos Campos: Instituto Tecnológico de Aeronáutica, 2010. 152 p. (U1000-DDD-001-00).

ECSS Standards. Disponível em: <<http://www.ecss.nl/>>. Acesso em: 20.nov.2010.

YAMAGUTI, W., ORLANDO, V., PEREIRA, S. P. Sistema Brasileiro de Coleta de Dados Ambientais: Status e planos futuros. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 14. (SBSR), 2009, Natal. **Anais**... São José dos Campos: INPE, 2009. p. 1633-1640. DVD, On-line. ISBN 978-85-17-00044-7. Disponível em: <<http://urlib.net/dpi.inpe.br/sbsr@80/2008/11.17.21.20.46>>. Acesso em: 20 nov. 2010.