



PCI/MCTIC/INPE  
RELATÓRIO TÉCNICO DE ATIVIDADES  
<v.9>

**[Referente ao período: 01/04/2018 a 31/12/2018]**

**Número do Processo Institucional: [454779/2015-1]**

**Número do Processo Individual: [300399/2018-9]**

**Bolsista: [Felipe de Oliveira Coelho]**

**Supervisor: [Marco Antônio Strobino]**

**Área: [LIT - Laboratório de Integração e Testes]**

**Vigência original da bolsa: [01/04/2018 a 31/12/2018]**

**Modalidade da bolsa: [PCI-DD]**



## RELATÓRIO TÉCNICO

### MONITORAMENTO DOS EQUIPAMENTOS UTILIZADOS NOS ENSAIOS DE EMI/EMC ANTENAS E TELECOM

#### 1) Histórico

##### 1.1. Laboratório de Integração e Testes - LIT

O LIT - Laboratório de Integração e Testes, situado no INPE em São José dos Campos – SP, foi especialmente projetado e construído para atender as necessidades do Programa Espacial Brasileiro e representa, atualmente, um dos instrumentos mais sofisticados e poderosos na qualificação de produtos industriais que exijam alto grau de confiabilidade.

LIT desenvolve e/ou participa de um conjunto de complexos programas espaciais, assumindo a responsabilidade direta ou indireta, de realizar a etapa de Montagem, Integração e Testes dos sistemas em desenvolvimento.

O LIT está capacitado para realizar ensaios dinâmicos (vibração, acústica, separação e abertura de apêndices) e ensaios térmicos em vácuo e ciclagem térmica. Também realiza testes de compatibilidade e interferência eletromagnéticas, verifica o desempenho de antenas, faz o alinhamento mecânico, ensaios de vazamento em sistemas de propulsão de satélites e a determinação das propriedades de massa de equipamentos espaciais, medidas de contaminação para garantir o grau de limpeza de suas áreas limpas e câmaras vácuo-térmicas.

Nos programas espaciais da instituição a Área de Interferência Eletromagnética e Compatibilidade Eletromagnética (EMI/EMC) tem como objetivo realizar ensaios de EMI/EMC que visam medir o nível de interferência produzido por um equipamento verificando seu comportamento quando submetido a certos níveis de campo, pré-determinados por normas, tentando-se simular as condições críticas do ambiente para se assegurar que o equipamento está apto a operar em um determinado ambiente, verificando se equipamentos emitem ou são suscetíveis a perturbações eletromagnéticas estão aptos a operar num



determinado ambiente, com outros equipamentos ao seu redor e sob fatores ambientais presentes neste meio.

## 2) Resumo do Projeto

Um dos principais objetivos estratégicos do plano diretor é capacitar o Laboratório de Integração e Testes (LIT) para atender às atividades de montagem, integração, testes e qualificação requeridos pelos satélites brasileiros.

Para os próximos anos estão previstos a realização dos ensaios nos satélites CBERS 4A e Amazônia 1.

O Amazônia-1 é o primeiro satélite de Observação da Terra a ser integralmente projetado, integrado, testado e operado pelo Brasil.

Estes satélites serão testados no Laboratório de Interferência e Compatibilidade Eletromagnética do LIT. Pela não disponibilidade de profissionais em quantidade e competência faz-se necessário o engajamento de profissionais para a realização das atividades previstas neste projeto.

A fim de garantir a execução dos ensaios nos satélites CBERS 4A e Amazônia 1 no tempo determinado e a confiabilidade dos resultados, o laboratório deve manter equipamentos devidamente calibrados e verificados nas faixas de trabalho a serem consideradas durante os ensaios portanto justifica-se a necessidade que o laboratório teve de contratar um bolsista para atender a demanda das atividades relacionadas a seguir:

- 1 - Ajustes e calibrações de intensidade de sinal gerado pelo instrumental do laboratório, de modo a prover a comunicação entre o satélite e suas estações terrenas simuladas pelo banco de testes;
- 2 - Levantamento das amplitudes limites e incorporá-las ao banco de dados dos testes de imunidade radiada e conduzida;
- 3 - Configuração, disposição dos equipamentos e realização dos ensaios de Interferência e Compatibilidade e Autocompatibilidade Eletromagnética dos satélites CBERS e Amazônia.

### 3) Objetivo

O objetivo principal do projeto Monitoramento dos Equipamentos Utilizados nos Ensaios de EMI/EMC/Antenas e Telecom é manter equipamentos devidamente calibrados e verificados nas faixas de trabalho a serem consideradas durante os ensaios assegurando a rastreabilidade e validade dos resultados. O bolsista desenvolveu suas atividades no laboratório de EMI/EMC contemplando as 40 horas semanais previstas no plano de trabalho.

### 4) Atividades Desenvolvidas durante o período da bolsa

Este relatório apresenta as atividades desenvolvidas pelo bolsista no período de 01 de abril de 2018 a 31 de dezembro de 2018 referentes ao plano de trabalho proposto e apresentar os resultados obtidos.

#### **4.1. Ajustes e calibrações de intensidade de sinal gerado pelo instrumental do laboratório, de modo a prover a comunicação entre o satélite e suas estações terrenas simuladas pelo banco de testes.**

A Compatibilidade Eletromagnética pode ser definida, objetivamente, como a capacidade de um equipamento funcionar num determinado ambiente eletromagnético de forma correta e esperada, sem interferir ou perturbar os equipamentos próximos a ele ou sem ser perturbado por esses ou outros equipamentos. Quando nos referimos aos satélites este tipo de controle também se faz necessário já que uma boa comunicação sem interferência com os auxiliares que estão em uma base na terra bem como a não influencia negativa nos seus subsistemas é algo altamente desejado. No ambiente laboratorial o cenário encontrado é simulado com o auxílio de analisadores de espectro, geradores de sinal, amplificadores de potencia, sensores de campo, antenas entre outros.

Todos esses equipamentos são conectados a uma interface com computador onde um software especializado consegue realizar o controle e integração uniforme de todos de maneira mais automatizada. O mesmo software também consegue realizar as calibrações e verificações funcionais dos equipamentos garantindo assim um desempenho seguro e aceitável para a execução de

medidas de campos irradiados pelos satélites e também aplicação de campos para análise de imunidade dos seus subsistemas.

Segue imagens para referencia de alguns dos equipamentos utilizados nas calibrações realizadas:



*Figura 1 – Spectrum Analyzer Rohde-Schwarz*



*Figura 2 – Signal Generator Rohde-Schwarz*



*Figura 3 – Field Meter ETS-LINDGREN*



*Figura 4 – Softwares Rohde-Schwarz*



*Figura 5 – Rack Microwave Rohde-Schwarz*



*Figura 6 – Field Sensor ETS-LINDGREN*

#### **4.2. Levantamento das amplitudes limites e incorporá-las ao banco de dados dos testes de imunidade radiada e conduzida.**

Após o processo de calibração dos sistemas de imunidade irradiada e conduzida começa uma etapa de vital importância para o bom seguimento dos ensaios, a etapa de geração das tabelas de níveis ou mais comumente nomeadas, amplitudes de campo a serem aplicados nos satélites.

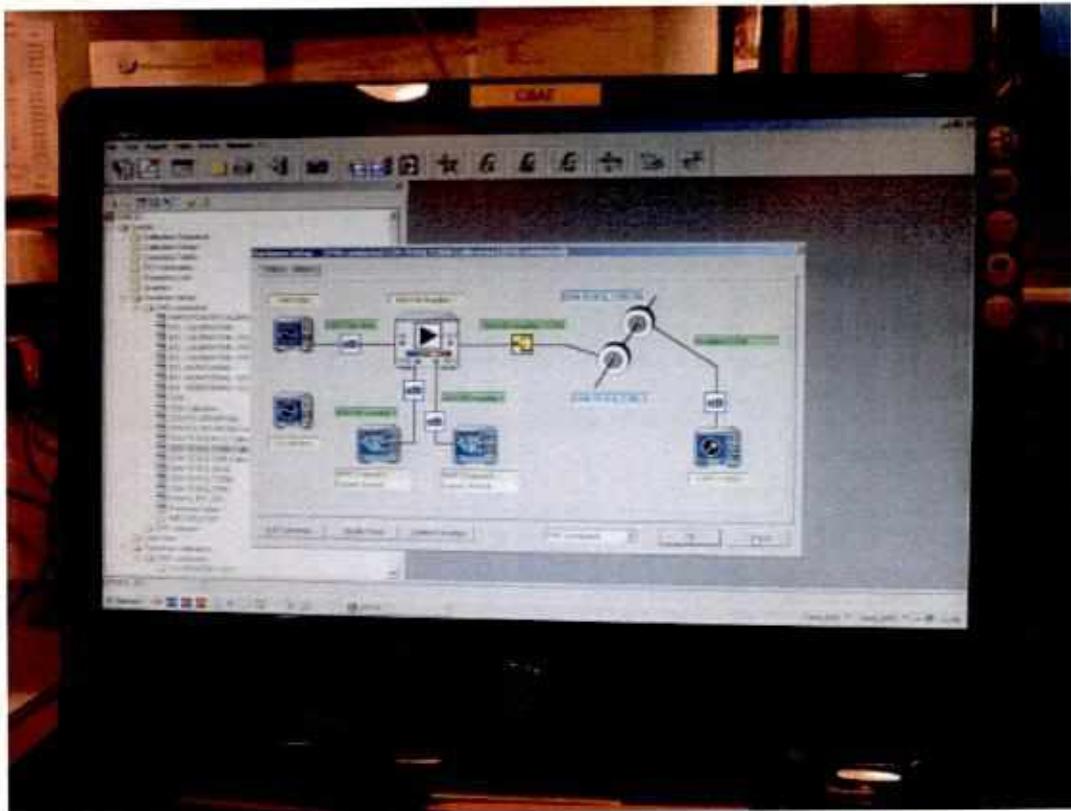
As tabelas de campo são de vital importância, pois é através dela que são associadas as frequências de operação ao nível de sinal que o gerador de potencia combinado ao amplificador devem liberar em sua saída para que os parâmetros exigidos e monitorados pelos sensores de campo sejam atingidos.

Além de garantir que os parâmetros do plano de teste dos satélites sejam atingidos as tabelas que funcionam como o banco de dados da calibração, garantem que os equipamentos do laboratório não sofram nenhum dano durante os testes, pois eles trabalham numa zona onde a saturação é controlada através de ferramentas como os valores de VSWR, que é a perda por retorno da potência enviada pelo sistema sobre a potência de retorno para o mesmo.

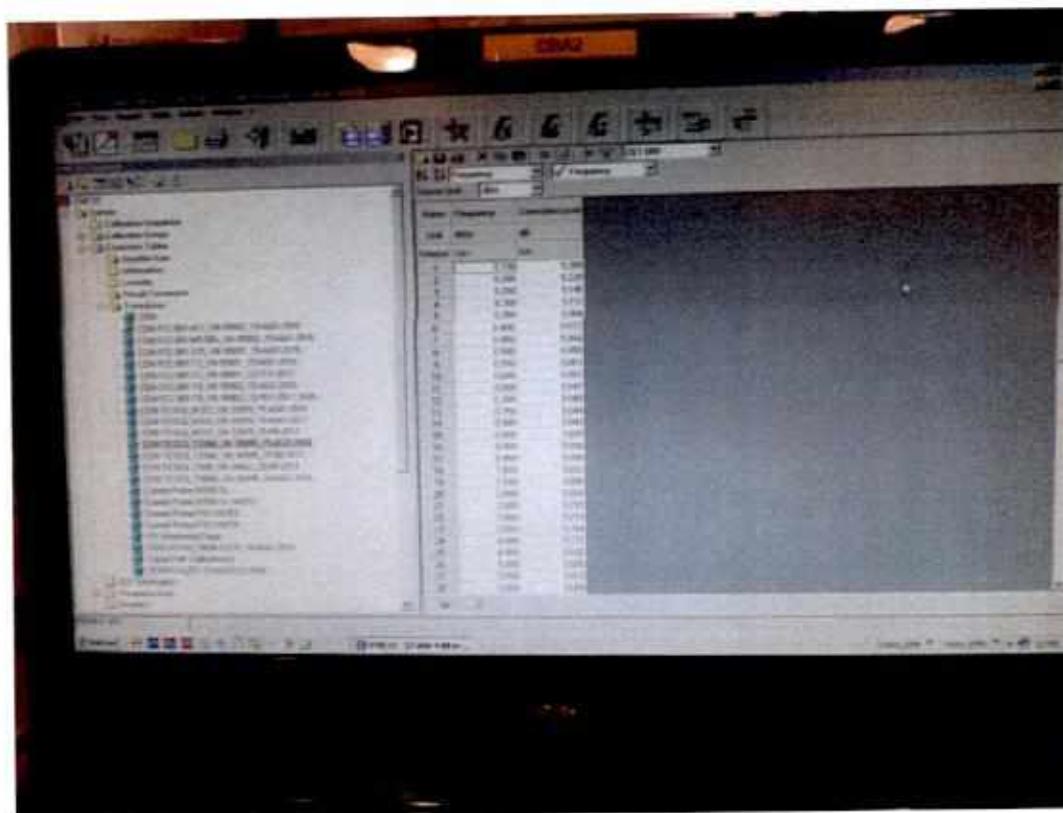
Foram efetuadas todas as calibrações necessárias nos sistemas de imunidade conduzida e irradiada demonstrando plena capacidade de execução dos ensaios, porém os testes não foram aplicados nos satélites durante a vigência da bolsa apresentada neste relatório. Para o CBERS foi determinado pela equipe responsável que somente seria necessário a realização dos ensaios de emissão

eletromagnética no modelo de voo realizado no segundo semestre de 2018, pois a realização com os níveis desejados já havia sido realizada anteriormente. Para o Amazônia os testes não foram realizados devido ao cronograma prever que os ensaios de EMI/EMC deveriam ser efetuados posteriormente ao segundo semestre de 2018.

Os procedimentos de calibração e geração de tabelas para os bancos de dados são feitos através de software Rohde-Schwarz conforme pode ser visto nas figuras a seguir:



*Figura 7 – Calibração via software Rohde-Schwarz*



*Figura 8 – Calibração via software Rohde-Schwarz e geração de tabelas*

#### **4.3. Configuração, disposição dos equipamentos e realização dos ensaios de Interferência e Compatibilidade e Autocompatibilidade Eletromagnética dos satélites CBERS e Amazônia.**

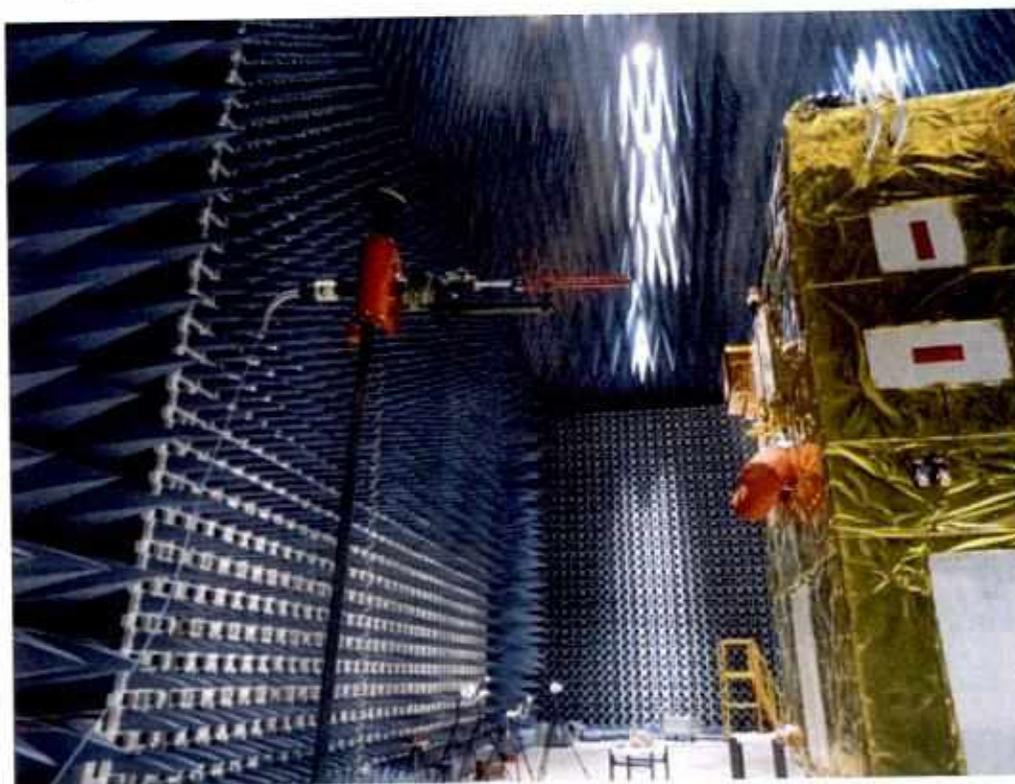
A configuração dos equipamentos ou mais comumente conhecido Setup de interferência e compatibilidade eletromagnética é efetuado conforme orientação das normas ISO (International Organization for Standardization) e com modificações que a equipe de engenharia responsável pelo satélite achar pertinente, de acordo com a necessidade vigente em cada um dos testes aplicados, como a determinação do bom funcionamento de uma peça ou subsistema específico do satélite.

Uma boa configuração garante parâmetros fundamentais quando se trata de testes laboratoriais são eles repetibilidade e segurança. Com uma configuração determinada e com procedimento claro de execução, faz com que não haja dúvidas quando forem necessárias repetições de medidas e comparação de resultados.

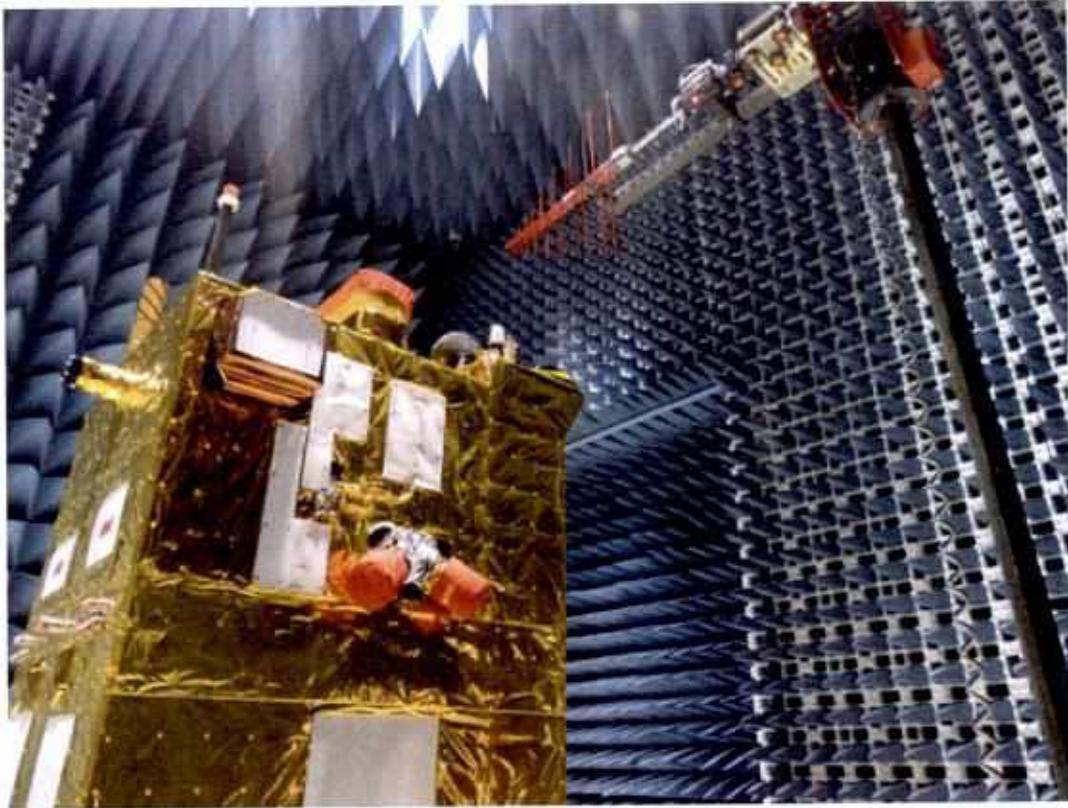
Também é resultado de uma boa configuração a prevenção de acidentes e danos provenientes de um mau planejamento durante a execução dos ensaios.



*Figura 9 – Configuração de equipamentos para ensaio do satélite CBERS*



*Figura 10 – Configuração de equipamentos para ensaio do satélite CBERS*



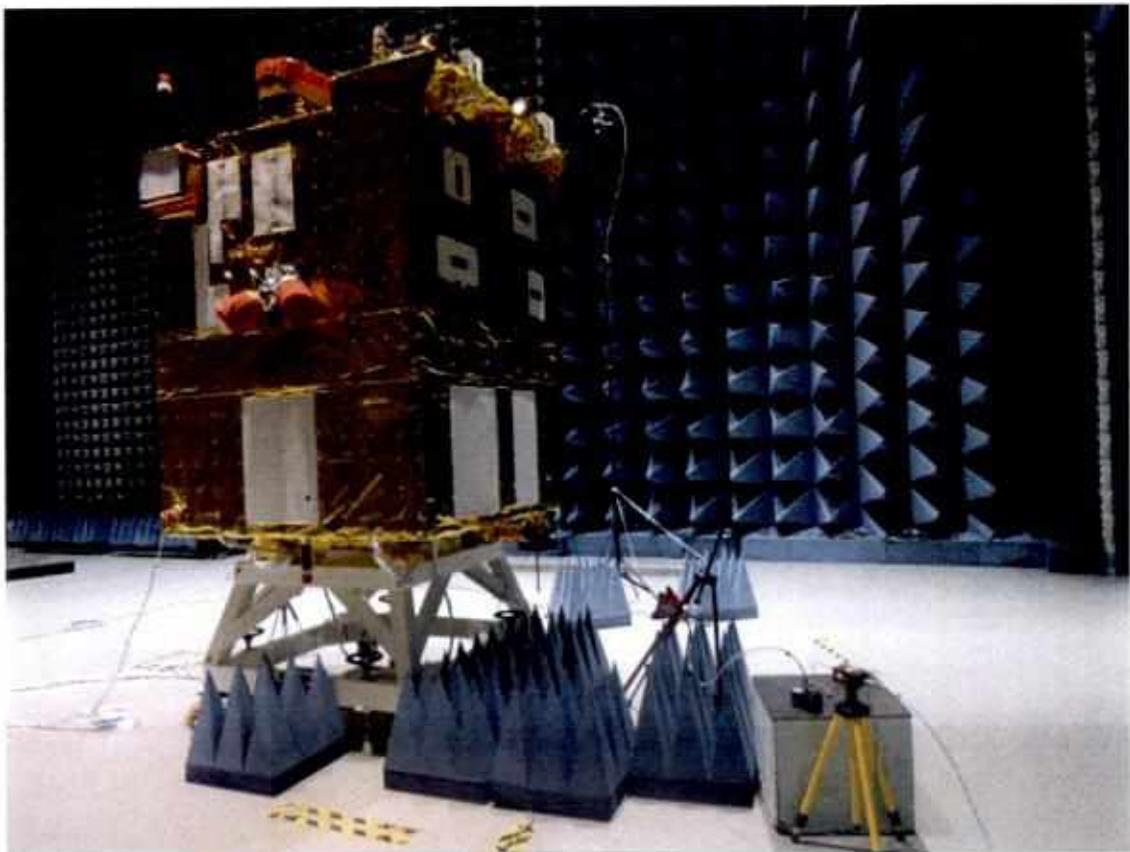
*Figura 11 – Configuração de equipamentos para ensaio do satélite CBERS*



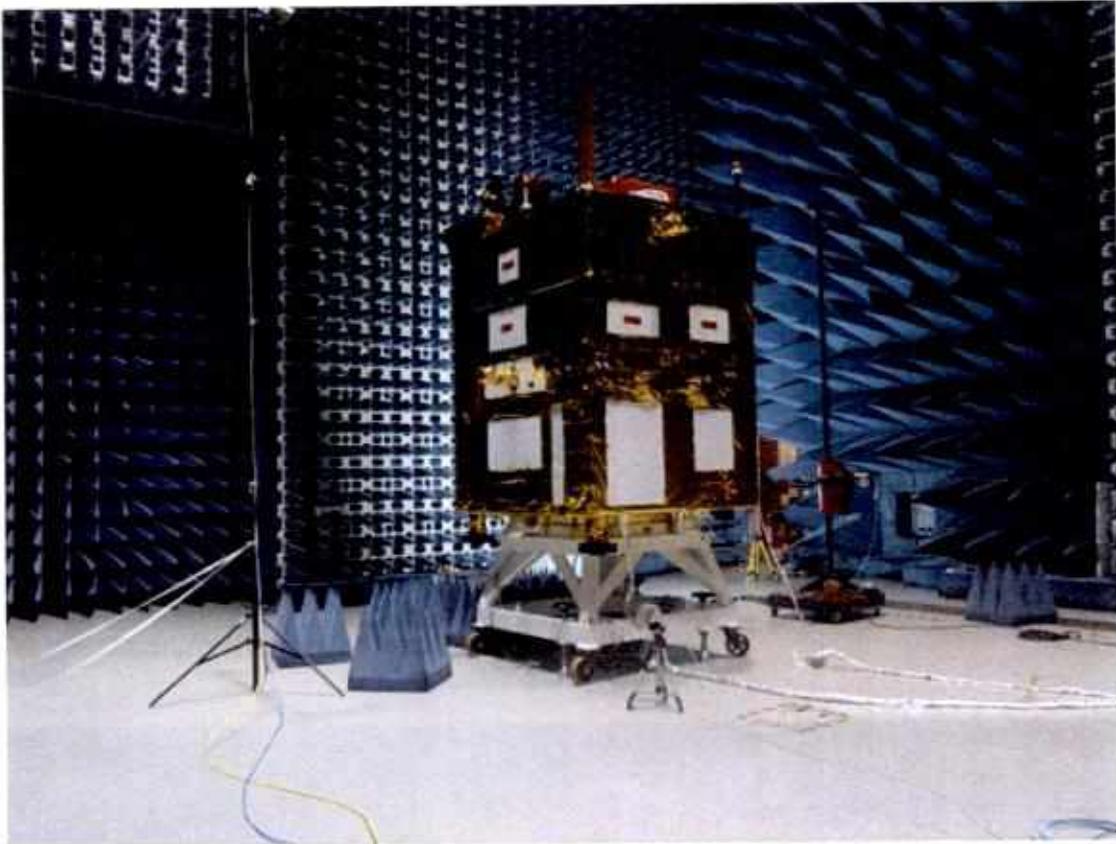
*Figura 12 – Configuração de equipamentos para ensaio do satélite CBERS*



*Figura 13 – Configuração de equipamentos para ensaio do satélite CBERS*



*Figura 14 – Configuração de equipamentos para ensaio do satélite CBERS*



*Figura 15 – Configuração de equipamentos para ensaio do satélite CBERS*

##### **5) Resultados Obtidos em função do Plano de Trabalho proposto**

Os resultados obtidos durante o período de vigência da bolsa estão descritos abaixo:

- "Ajustes e calibrações de intensidade de sinal gerado pelo instrumental do laboratório, de modo a prover a comunicação entre o satélite e suas estações terrenas simuladas pelo banco de testes", primeira etapa do plano de trabalho proposto, resultou uma segurança necessária para a realização dos ensaios pois uma calibração prévia aos testes para averiguação das capacidades dos sistemas do laboratório é um item obrigatório.

- "Levantamento das amplitudes limites e incorporá-las ao banco de dados dos testes de imunidade radiada e conduzida", segunda etapa do plano de trabalho assegurou que fosse criado um banco de dados através de tabelas para a correlação das frequências com as amplitudes de campo desejadas para a realização de medidas de imunidade radiada e conduzida confiáveis bem como garantiu uma maior segurança para os sistemas do laboratório.



- “Configuração, disposição dos equipamentos e realização dos ensaios de Interferência e Compatibilidade e Autocompatibilidade Eletromagnética dos satélites CBERS e Amazônia”, última etapa do plano foi executada apenas no satélite CBERS pois o mesmo passou por testes de emissão demandando que o bolsista ajudasse na montagem do setup de testes junto a equipe integração.

Durante a vigência da bolsa não foram realizados os ensaios nos satélites e em seus subsistemas no que se refere a imunidade eletromagnética, conforme previsto no plano de trabalho por motivo de atraso no cronograma, como descrito com mais detalhes no item 4.2 deste relatório. Todavia não houve comprometimento ao plano de trabalho, pois, as atividades foram realizadas em outros equipamentos e as calibrações e verificações garantiram a plena capacidade de realização dos ensaios quando forem necessários.

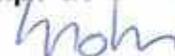
## 6) Conclusões Gerais

Durante o período vigente, as atividades realizadas no laboratório EMI/EMC do LIT, foram cumpridas dentro do cronograma de execução do plano de trabalho para o período de cada atividade designada. Com a execução das atividades realizadas pelo bolsista, concluímos que o Laboratório de EMI/EMC está preparado para a realização dos ensaios dos satélites, com o uso de equipamentos devidamente calibrados e verificados nas faixas de trabalho assegurando a rastreabilidade e validade dos resultados.

São José dos Campos-SP, 21 de Janeiro de 2019



Bolsista: [Felipe de Oliveira Coelho]



Supervisor(a): [Marco Antônio Strobino]

  
Coordenador(a) PCI da área: [Ricardo Sutério]