



VALIDAÇÃO DE ESTAÇÃO SOLO PARA OPERAÇÃO EM LEOP UTILIZANDO O MODELO DE ENGENHARIA DO NANOSATC-BR1

Eng. Thales Ramos Mânica^a; Artur Gustavo Slongo^a, Eng. Leonardo Zavareze da Costa^a, Eng. Rodrigo Passos Marques^a; Dr. Eduardo Escobar Bürger^b; Dr. Nelson Jorge Schuch^a.

[a] Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais – CRCRS/COCRE/INPE-MCTIC

[b] Universidade Federal de Santa Maria – UFSM

Resumo: A LEOP, Launch and Early Orbit Phase, é uma das fases mais críticas de uma missão espacial, na qual se estabelece comunicação com o satélite para verificar dados de telemetria a fim de garantir o funcionamento correto do sistema durante a fase inicial de voo. Por conta deste fato, é importante garantir que a Estação de Solo esteja em perfeitas condições operacionais de envio e recebimento de dados. Este trabalho descreve o processo utilizado e os resultados da validação da Estação Terrena de Rastreo e Controle de Nanossatélites ET(INPE-CRS) utilizando o Modelo de Engenharia do NANOSATC-BR1, operando em Bancada nos âmbitos do Laboratório de Integração e Teste de Nanossatélites - LITN. A validação baseou-se no Modelo em "Vee" de desenvolvimento de produtos, o qual apresenta uma correlação entre as atividades de validação e as necessidades e requisitos básicos do sistema. Os resultados obtidos sugerem que o processo apresentado é eficaz para a validação de Estações Terrenas de pequenos satélites e que a ET(INPE-CRS) do Programa NANOSATC-BR, Desenvolvimento de CubeSats, está em plenas condições operacionais.

Palavras-chave: Cubesats, Nanossatélites, LEOP, NANOSATC-BR, Estação Solo.

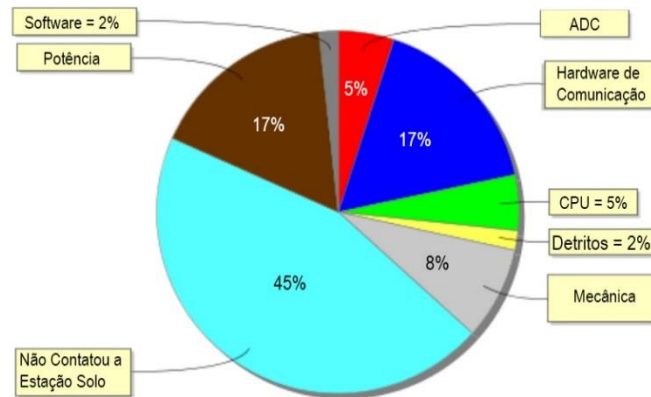
1. INTRODUÇÃO

A definição de *Launch and Early Orbit Phase*, ou LEOP, conforme Julius Dasch, (2018), compreende uma série de operações a bordo e em solo para estabelecer que a espaçonave esteja totalmente operacional. Em grande parte das missões, muitas dessas operações envolvem o *downlink* e *uplink* de dados em solo, com os objetivos de aferir dados de telemetria e enviar telecomandos para executar ações previstas no Plano Operacional de Voo, ou POV inicial.

Examinando dados de falhas das 100 primeiras missões espaciais que utilizaram CubeSats, Swartwout (2013) afirma que a porcentagem de falhas onde o satélite não estabeleceu contato com a Estação Solo é bastante significativa, conforme ilustra a Figura 1. Tais falhas podem ocorrer por diversos motivos. O presente estudo tem como objetivo garantir que a falha não ocorra na Estação Solo, diminuindo riscos, empregando uma validação baseada no Modelo “Vee” de desenvolvimento de produtos proposto por Forsberg e Harold Mooz (1994). O trabalho é de grande relevância para o Programa NANOSATC-BR, Desenvolvimento de CubeSats, devido à expectativa de lançamento do segundo satélite do programa, o NANOSATC-BR2, no primeiro trimestre de 2020. Todas as atividades desenvolvidas poderão ser aplicadas durante a LEOP do Nanossatélite. O trabalho foi desenvolvido nos âmbitos da Estação Terrena de Rastreo e Controle de Nanossatélites, ET(INPE-CRS) e do Laboratório de Integração e Testes de Nanossatélites LITN/CRCRS/COCRE/INPE – MCTIC, ambos localizados no prédio do Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais (CRCRS/COCRE/INPE – MCTIC).

Figura 1. Falhas em missões espaciais empregando CubeSats em porcentagem por tipo de falha.

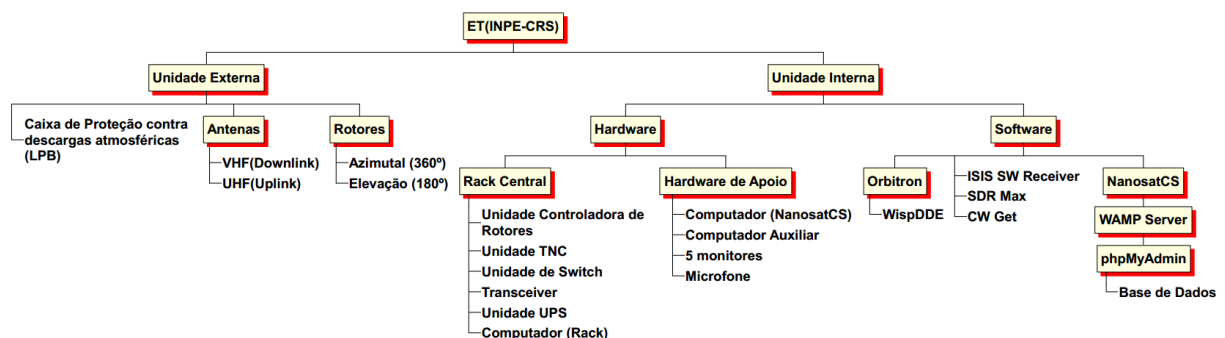
Fonte: Adaptado de Swartwout (2013).



2. ÁRVORE DE PRODUTO

O Programa NANOSATC-BR, Desenvolvimento de CubeSats dispõe de duas Estações Solo para rastreamento de satélites. O presente estudo foi desenvolvido em uma delas, a ET(INPE-CRS), localizada em Santa Maria, RS, instalada em 2011 no telhado do prédio do Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais CRCRS/COCRE/INPE – MCTIC. Com o objetivo de especificar os diversos sistemas que compõem a ET(INPE-CRS), foi desenvolvida a Árvore de Produto da Estação, apresentada na Figura 2.

Figura 2. Árvore de Produto da ET(INPE-CRS)



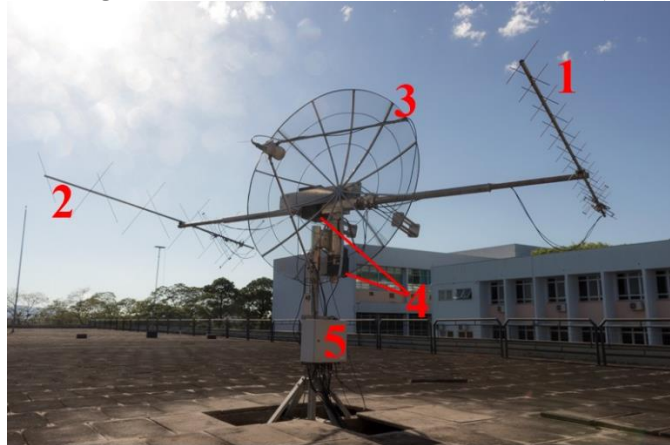
2.1 Descrição dos Componentes da Árvore de Produto

Esta seção descreve cada um dos componentes apresentados na Árvore de Produto da Estação Solo. A Estação é dividida em duas unidades principais: externa e interna. A Figura 3 apresenta a unidade externa da ET(INPE-CRS), a numeração na Figura corresponde ao indicado após os nomes dos componentes na descrição. A unidade externa é composta por:

- Antena tipo Yagi UHF (1): Utilizada para *uplink* de telecomandos durante as operações com o CubeSat NANOSATC-BR1 ou abreviadamente NCBR1. Opera no intervalo de frequência compreendido entre 144 e 146MHz.
- Antena tipo Yagi VHF (2): Utilizada para *downlink* de dados de nanosatélites. Opera no intervalo de frequência compreendido entre 430 e 450MHz.

- Antena tipo Parabólica Banda S (3): No momento, utilizada apenas para cooperação com outros projetos, tendo em vista que o sistema de rádio do NCBR1 opera apenas nas bandas VHF e UHF. Logo, não é apresentada na árvore de produto.
- Rotores (4): Conjunto de motores de passo que realizam o movimento de apontamento das antenas para melhor recepção de sinal. Os rotores possuem precisão de 0,5°.
- Caixa de proteção contra descargas atmosféricas (LPB) (5): Serve para proteger as conexões entre os equipamentos das unidades externa e interna da estação. O conjunto é interligado ao sistema de aterramento do prédio sede do CRCRS/COCRE/INPE – MCTIC.

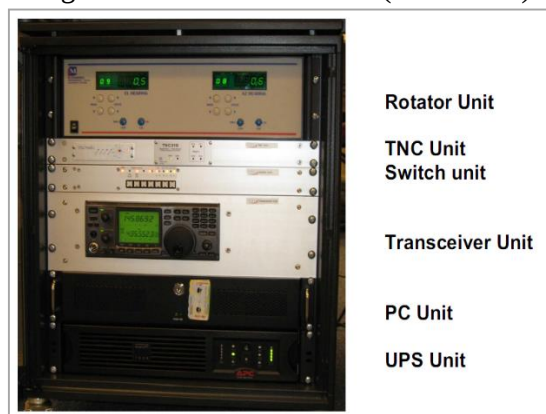
Figura 3. Unidade Externa da ET(INPE-CRS)



A unidade interna é composta por um Rack central (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**4), que controla toda a operação da estação e um conjunto de hardware de apoio. O rack possui as seguintes unidades:

- Unidade Controladora de rotores: Permite aos operadores realizar a calibração do sistema de posicionamento das antenas, bem como o ajuste manual para a posição desejada;
- Unidade TNC: Realiza a interface entre o rádio e o computador central;
- Unidade *Switch*: Possibilita controle de polarização das antenas e intercâmbio entre VHF/Banda S para *downlink* e UHF/Banda S para *uplink*;
- Unidade de *Transceiver*: Sistema de rádio que realiza a sincronização das frequências entre os subsistemas da ET e os nanossatélites;
- Computador central: Conecta todo o sistema da estação à base de dados do programa e possibilita a interface de operação dos operadores;
- Unidade UPS: Unidade de potência a qual alimenta os componentes do Rack em corrente alternada e contínua, de acordo com suas respectivas especificações. Possui baterias para manter o funcionamento em caso de quedas de energia.

Figura 4. Rack Central da ET(INPE-CRS)



O conjunto de hardware de apoio é composto pelos seguintes equipamentos:

- Computador (NanosatCS): Computador conectado por rede ao rack da estação solo o qual possui o *software* NanosatCS instalado para decodificação de telemetrias e armazenamento de dados na Base de Dados do sistema;
- Computador Auxiliar: Utilizado para atividades independentes da operação, como pesquisa e acesso a documentação do projeto;
- Monitores: Utilizados para visualização da interface dos softwares durante operação;
- Microfone: Utilizado para gravação e decodificação de sinal em código morse.

Na árvore de projetos são citados os seguintes *softwares*:

- Orbitron: Possibilita aos operadores selecionar cada objeto espacial a ser rastreado, fornecendo a previsão de horários das passagens destes objetos sobre a área de interesse, e realiza a conexão direta com os rotores da estação através do driver WispDDE, indicando e ajustando as antenas para ângulos precisos durante o rastreo automaticamente;
- ISIS SW Receiver: Realiza toda a interface entre os computadores da ET e o sistema de rádio além da sincronização dos dados de *downlink* recebidos. Dados brutos em formato hexadecimal são mostrados em tempo real na interface, e posteriormente convertidos para formato “.csv” através do Software "NanosatCS";
- SDR MAX: Interligado ao sistema de rádio da estação, o software possibilita a visualização do espectro de frequências VHF, UHF e S-Band no padrão cascata e em tempo real durante as operações de rastreo e controle;
- CW Get: Decodifica em tempo real informação em código morse via áudio;
- NanosatCS: Desenvolvido pela Empresa Brasileira EMSISTI especialmente para o rastreo e controle do NANOSATC-BR1, o Software "NanosatCS" está instalado em um computador secundário conectado com o computador principal da Estação Terrena - ET(INPE-CRS) via rede local. O software é responsável por: envio de telecomandos, decodificação de telemetria e armazenamento dos dados recebidos em uma base de dados.

3. REQUISITOS PROPOSTOS

O processo de validação da Estação de Solo foi realizado a partir dos requisitos de sistema identificados no início do Projeto, que foram utilizados para a aquisição e desenvolvimento do sistema. Para cada requisito foi identificado o método de validação, seja por meio de teste, análise, inspeção ou demonstração. Os requisitos com os correspondentes métodos de validação são os seguintes:

REQ_ID 001: A Estação Solo deve ser capaz de operar em frequência radioamadora para *Downlink*.
Tipo de verificação: Teste de comunicação com o Modelo de Engenharia (ME).

Rationale: O requisito se faz necessário pois o *downlink* em frequência radioamadora é a única forma de comunicação do satélite com o solo durante a missão.

REQ_ID 002: A Estação de Solo deve ser capaz de decodificar o sinal recebido em código Morse.

Tipo de verificação: Teste de comunicação com o Modelo de Engenharia (ME) e decodificação utilizando microfone e o *software* CW Get.

Rationale: A mudança do modo de operação só deve ser realizada após verificação dos dados de telemetria de acordo com requisitos do POV.

REQ_ID 003: A Estação Solo deve ser capaz de enviar telecomando em frequência radioamadora

Tipo de verificação: Teste de comunicação com o Modelo de Engenharia (ME).

Rationale: O requisito é necessário pois a operação é essencial para alterar o modo de operação do satélite para “nominal” onde se tem acesso a um maior número de informações de telemetria para dar procedimento à missão.

REQ_ID 004: A ET deve ter sistema automático de gravação de dados em uma base de dados.

Tipo de verificação: Inspeção da base de dados.

Rationale: A gravação na base de dados é requerida pois assim todo o histórico de dados desde a primeira operação é acessível aos operadores e também à comunidade científica.

REQ_ID 005: O sistema da Estação Solo deve fornecer ao operador a previsão de órbita através de um arquivo TLE.

Tipo de verificação: Inspeção.

Rationale: A previsão de órbita é necessária para a organização das escalas da equipe de operação e adota-se o padrão TLE pela facilidade de obtenção dos dados e por possuir precisão adequada à aplicação.

REQ_ID 006: O sistema de antenas da Estação Solo deve ser capaz de realizar apontamento através de arquivo TLE.

Tipo de verificação: Testes de apontamento e inspeção visual das antenas.

Rationale: O apontamento é necessário para garantir o melhor link de comunicação possível entre a estação e o CubeSat.

REQ_ID 007: O Rack da Estação Solo deve estar protegido contra quedas de energia.

Tipo de verificação: Inspeção da unidade UPS da Estação.

Rationale: É requerida a proteção para evitar a interrupção indesejada da operação por conta de problemas na alimentação.

REQ_ID 008: A unidade externa da Estação Solo deve estar protegida contra descargas atmosféricas.

Tipo de verificação: Inspeção da Caixa de Proteção Contra Descargas Atmosféricas e *datasheets*, ou LPB (do inglês, *Lightning Protection Box*), da unidade externa da Estação Solo.

Rationale: O requisito é necessário a fim de garantir a integridade dos componentes da estação solo em caso de descargas atmosféricas.

4. PLANO DE VALIDAÇÃO DA ET

Esta seção descreve os testes e inspeções estabelecidos para a validação da Estação Solo. São descritos 4 testes e 3 inspeções.

T 001 Teste de comunicação utilizando o Modelo de Engenharia do NANOSATC-BR1, ou ME-NCBR1.

Objetivo: Garantir o funcionamento da Estação Solo para recebimento de sinal em Código Morse, cumprindo o REQ_ID 001.

Setup:

- Modelo de Engenharia - ME-NCBR1 alimentado via EGSE em 7,5V limitados a 1A;
- Multímetro de bancada monitorando a tensão nas baterias do ME-NCBR1;
- Operador inspeciona visualmente O monitor da ET(INPE-CRS) e auditivamente o recebimento de sinal pelo *Transceiver*;

T 002 Decodificação utilizando microfone e o software CW Get.

Objetivo: Garantir que o sistema da Estação Solo disponibilize aos operados a decodificação do sinal em Código Morse recebido, cumprindo o REQ_002.

Setup:

- Modelo de Engenharia - ME-NCBR1 alimentado via EGSE em 7,5V limitados a 1A operando em modo de segurança;
- Multímetro de bancada monitorando a tensão nas baterias do ME-NCBR1;
- Configuração da Estação Solo para a frequência de recepção adequada;
- Conexão do Microfone para captação do som do *Transceiver* da Estação Solo;
- Definição do “*trigger*” adequado para identificar nível alto e baixo do código Morse de acordo com o sinal de entrada de som.

T 003 Envio de telecomando para mudança de modo de Operação.

Objetivo: Garantir que a Estação Solo é capaz de enviar telecomando de mudança de modo de operação do satélite para “nominal”, cumprindo o REQ_ID 003.

Setup:

- No caso do Modelo de Engenharia do ME-NCBR1, é definida a frequência de 435,131MHz para *Uplink*;
- O operador afere a mudança de modo de operação por inspeção visual, no Software SDRMax e por inspeção auditiva do sinal recebido pelo *Transceiver*;
- A confirmação do envio do Telecomando pelo operador pode ser aferida por inspeção visual no nível de sinal de saída no *Transceiver*, no log de envio de telecomandos do software NanosatCS, no Terminal do ISIS SW *Receiver* (mostra o frame do Telecomando enviado) e na base de dados.

T 004 Teste de verificação da base de dados.

Objetivo: Acessar a base de dados e verificar se a gravação dos dados recebidos em *downlink* está sendo realizada corretamente.

Setup:

- Clicar com botão esquerdo no ícone do WAMP;
- Selecionar opção "phpMyAdmin";
- Acessar a base de dados padrão que o NanosatCS "db_nanosatcs_br1_01". Todos os frames que "entram" (telemetria) no NanosatCS estão na tabela "tb_raw_in". Todos que saem (telecomando), estão na tabela "tb_raw_out".

T 005 Teste de verificação de posicionamento das antenas da Estação Solo.

Objetivo: Garantir que o sistema de posicionamento de antenas funcione corretamente de acordo com a órbita do satélite, cumprindo o REQ_ID 005.

Setup:

- O operador carrega um arquivo TLE no software Orbitron;
- Verifica-se, por inspeção visual, se os dados de posicionamento azimutal e de elevação são exportados para o driver WispDDE;

- Verifica-se, por inspeção visual, se o driver WispDDE exportou corretamente os dados de posicionamento para a unidade controladora de rotores no Rack da Estação Solo;
- Aferição, no terraço do prédio, por inspeção visual das antenas, se o posicionamento está correto.

INS 001 Inspeção da unidade UPS da Estação.

Objetivo: Garantir que não ocorra falha na alimentação do sistema em caso de interrupção do fornecimento de energia elétrica no prédio.

Procedimento: O operador verifica se existe algum erro no painel do e se as baterias estão com carga adequada.

INS 002 Inspeção da LPB na Unidade Externa da Estação Solo.

Objetivo: Garantir a proteção da Unidade Externa da Estação Solo contra descargas atmosféricas.

Procedimento: O operador inspeciona a LPB verificando a conexão do cabo de aterramento e o isolamento dos conectores dos cabos coaxiais.

INS 003 Inspeção de previsão de órbita utilizando arquivo TLE como entrada.

Objetivo: Aferir se a Estação Solo está apta para previsão de órbita de maneira a organizar a escala da Equipe de Rastreo e Controle de Nanossatélites do Programa NANOSATC-BR, Desenvolvimento de CubeSats.

Setup:

- Inicializar o *software* Orbitron;
- Carregar o arquivo TLE desejado;
- Verificar se a localização da Estação Solo no mapa de visualização está correta;
- Verificar os dados de saída na aba “Previsões”.

4.1 Análise de Requisitos e Inspeções

A Tabela 1 apresenta quais testes e inspeções são necessários para validar cada um dos respectivos requisitos identificados da ET.

Tabela 1. Relação dos Testes/Inspeções e Requisitos Propostos

	T 001	T 002	T 003	T 004	T005	I 001	I 002	I 003
REQ_ID 001								
REQ_ID 002								
REQ_ID 003								
REQ_ID 004								
REQ_ID 005								
REQ_ID 006								
REQ_ID 007								
REQ_ID 008								

5. RESULTADOS

5.1 Relatórios dos testes realizados

T 001 Teste de comunicação utilizando o Modelo de Engenharia do NANOSATC-BR1, ou ME-NCBR1.

O teste ocorreu com sucesso utilizando o setup proposto. Foi observado e ouvido o sinal em Código Morse enviado pelo ME-NCBR1 para a Estação Solo. A Figura 5 apresenta a interface do *software* SDRMax durante o teste.

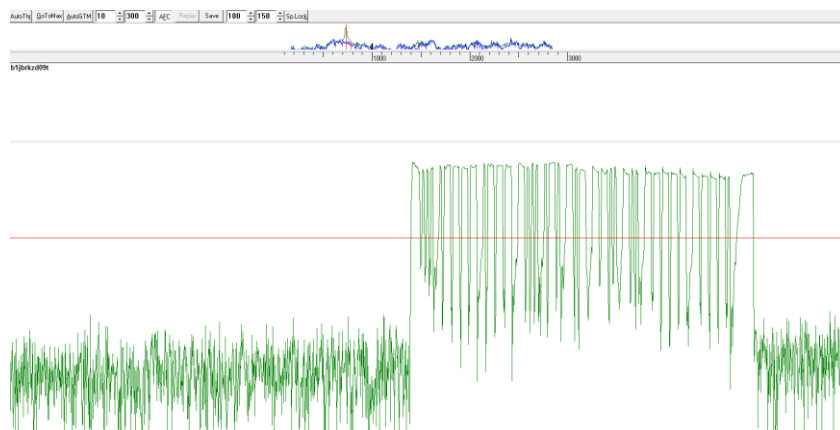
Figura 5. Interface do *software* SDRMax durante o Teste 001.



T 002 Decodificação utilizando microfone e o *software* CW Get.

Durante o teste foi possível decodificar o sinal em Código Morse utilizando o setup proposto. A telemetria recebida foi de acordo com o esperado pelos operadores e aferido em bancada. A interface do *software* durante a operação pode ser observada na Figura 6.

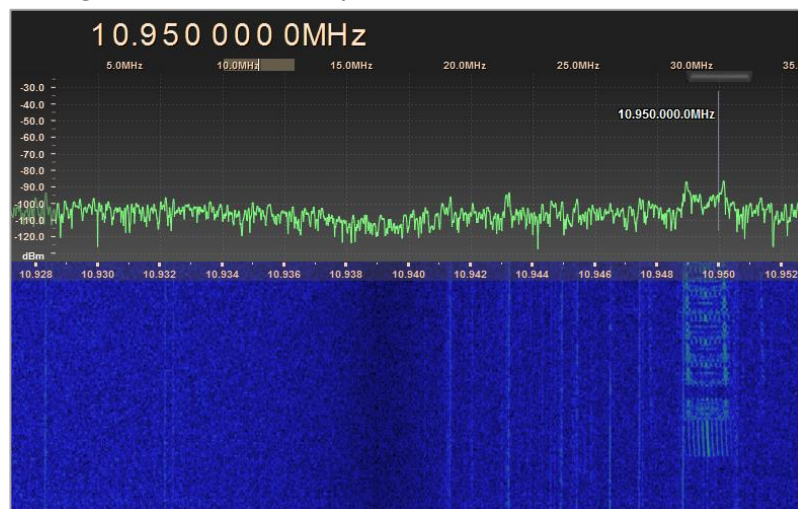
Figura 6. Interface do *software* CW Get durante Teste 002.



T 003 Envio de telecomando para mudança de modo de Operação.

Teste realizado de acordo com o setup pré-definido. Os operadores puderam aferir a mudança de modo de operação tanto visualmente quanto audivelmente. A Figura 7 apresenta a visualização do sinal em modo de operação nominal observada pelo operador na interface do *software* SDR Max.

Figura 7. Interface do *software* SDRMax durante Teste 003.



T 004 Teste de verificação da base de dados.

Teste executado com sucesso utilizando o setup proposto. A base de dados foi acessada e todos os arquivos recebidos por *downlink* foram gravados. A Figura 8 apresenta a interface da base de dados exibida ao operador durante o teste. É possível observar que 25 dados foram gravados com sucesso durante testes no dia 11/07/2019.

Figura 8. Interface do *software* phpMyAdmin confirmando gravação dos arquivos na base de dados.

	id	tb	raw_out	timestamp	rw_data
	10151			2019-07-09 11:01:09.939	[BLOB - 27 Bytes]
	10152			2019-07-09 11:01:12.452	[BLOB - 27 Bytes]
	10153			2019-07-09 11:01:17.941	[BLOB - 27 Bytes]
	10154			2019-07-11 09:30:14.645	[BLOB - 27 Bytes]
	10155			2019-07-11 09:38:31.420	[BLOB - 27 Bytes]
	10156			2019-07-11 09:38:33.806	[BLOB - 27 Bytes]
	10157			2019-07-11 09:38:35.735	[BLOB - 27 Bytes]
	10158			2019-07-11 09:40:14.913	[BLOB - 27 Bytes]
	10159			2019-07-11 09:41:00.108	[BLOB - 27 Bytes]
	10160			2019-07-11 09:41:43.854	[BLOB - 27 Bytes]
	10161			2019-07-11 10:03:03.948	[BLOB - 27 Bytes]
	10162			2019-07-11 10:03:05.133	[BLOB - 27 Bytes]
	10163			2019-07-11 10:03:07.734	[BLOB - 27 Bytes]
	10164			2019-07-12 09:53:48.598	[BLOB - 27 Bytes]
	10165			2019-07-12 09:54:05.584	[BLOB - 27 Bytes]
	10166			2019-07-12 09:54:16.800	[BLOB - 27 Bytes]
	10167			2019-07-12 09:54:33.870	[BLOB - 27 Bytes]
	10168			2019-07-12 09:54:52.104	[BLOB - 27 Bytes]
	10169			2019-07-12 09:55:10.576	[BLOB - 27 Bytes]
	10170			2019-07-12 09:55:23.104	[BLOB - 27 Bytes]
	10171			2019-07-12 09:55:11.856	[BLOB - 27 Bytes]
	10172			2019-07-12 10:04:28.576	[BLOB - 27 Bytes]
	10173			2019-07-12 10:05:46.474	[BLOB - 27 Bytes]
	10174			2019-07-12 10:12:26.055	[BLOB - 27 Bytes]
	10175			2019-07-16 13:47:16.964	[BLOB - 27 Bytes]

T 005 Teste de previsão de órbita utilizando arquivo TLE como entrada.

O procedimento de teste foi executado de acordo com o setup proposto. A localização da ET(INPE-CRS) foi verificada e está de acordo com o aferido em documentação do Projeto. Os dados de saída são apresentados na Figura 9 e indicam duas passagens do satélite para o dia 15 de Julho de 2019.

Figura 9. Interface do *software* Orbitron indicando as previsões de órbita utilizando TLE do NCBR1 para o dia 15 de Julho de 2019.

Hora - LDC	Satélite	Azm	Elv	Mag	Alcance	Azm.S	Elv.S
2019-07-15 13:37:42	NANOSATC-BR1	181.8	0.0	?	2921	341.1	36.9
2019-07-15 13:43:54	NANOSATC-BR1	252.9	28.9	?	1108	339.4	36.4
2019-07-15 13:50:00	NANOSATC-BR1	324.3	0.0	?	2874	337.7	35.9
2019-07-15 22:50:16	NANOSATC-BR1	79.8	0.0	ecl	2920	257.1	-65.6
2019-07-15 22:54:02	NANOSATC-BR1	115.6	4.3	ecl	2443	256.3	-66.4
2019-07-15 23:57:49	NANOSATC-BR1	151.1	0.0	?	2925	255.2	-67.2

T 006 Teste de verificação de posicionamento das antenas da Estação Solo.

O teste foi realizado utilizando dado de TLE do NANOSATC-BR1 e de acordo com o setup proposto. Verificou-se que o apontamento foi realizado corretamente por inspeção visual nos *softwares* Orbitron (Figura 10) e WispDDE (Figura 11) além de inspeção visual de *hardware* na unidade controladora de rotores (Figura 12) e das antenas no terraço do prédio. Diante do resultado, é possível afirmar que a Estação Solo cumpre o REQ_ID 006.

Figura 10. Interface do *software* Orbitron indicando os valores de apontamento azimutal e de elevação obtidos via TLE.

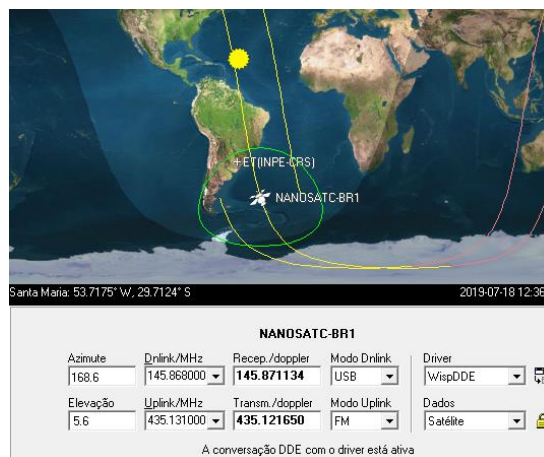


Figura 11. Interface do *software* WispDDE indicando os valores de apontamento azimutal e de elevação obtidos via TLE através do Orbitron.

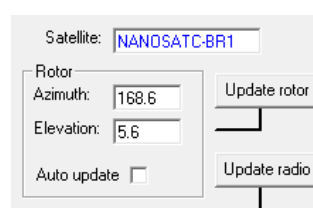
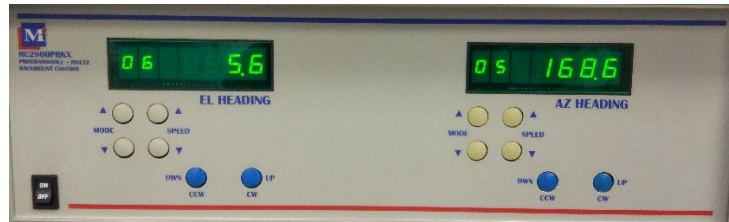


Figura 12. Display de monitoramento da unidade controladora de rotores da ET(INPE-CRS) indicando os valores de azimuth, à direita, e elevação, à esquerda.



5.2 Relatórios de inspeções

INS 001 Inspeção da unidade UPS da Estação.

Não foram observados avisos no painel e as baterias estavam com carga máxima durante a inspeção. Logo, não ocorrerá interrupção nas operações em caso de falha no sistema de energia elétrica do prédio.

INS 002 Inspeção da LPB na Unidade Externa da Estação Solo.

A Caixa de Proteção Contra Descargas Atmosféricas foi inspecionada. Foram conferidos os isolamentos dos conectores dos cabos coaxiais além da conexão do cabo de aterramento, conforme os procedimentos propostos. Todo o sistema estava conforme o recomendado. Portanto, a Estação Solo está protegida contra descargas atmosféricas.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nesta última seção serão apresentadas as conclusões ao final deste estudo baseadas na análise dos requerimentos e resultados obtidos. Posteriormente, são apresentadas sugestões para pesquisas futuras.

6.1 Conclusões

A validação da ET foi realizada com sucesso de acordo com o setup proposto para os testes e procedimentos de inspeção. Por conseguinte, é possível afirmar que, para os requisitos de sistema identificados para a ET, a Estação está qualificada para operação de Nanossatélites em LEOP.

6.2 Sugestões para trabalhos futuros

A fim de complementar e dar continuidade a este estudo, sugere-se os seguintes estudos:

- Criação de manuais e procedimentos técnicos para operações com a ET
- Verificação dos procedimentos por meio de alunos do Projeto ainda não familiarizados com os procedimentos da ET(INPE-CRS);
- Adaptar e aplicar este estudo na Estação Terrena de Rastreo e Controle de Nanosatélites do ITA – ET(INPE-ITA).

Eng. Thales Ramos Mânica, Arthur Gustavo Slongo, Eng. Leonardo Zavareze da Costa, Eng. Rodrigo Passos Marques;
Dr. Eduardo Escobar Burguer; Dr. Nelson Jorge Schuch.
Validação de Estação Solo para Operação em LEOP Utilizando o Modelo de Engenharia do NANOSATC-BR1.

7. REFERÊNCIAS

Forsberg, K. e Harold Mooz, H., 1994. “The relationship of system engineering to the project cycle”. Engineering Management Journal, Vol. 4, No. 2, pp. 36–43.

Julius Dasch, S.J.O., 2018. Dictionary of Space Exploration. Oxford University Press.

Swartwout, M., 2013. “The first one hundred cubesats: A statistical look”. Journal of Small Satellites, Vol. 2, No. 2, pp. 212–233.