



**ESTUDOS DE GARANTIA DE PRODUTO PARA O SATÉLITE  
NANOSATC-BR2 DO PROGRAMA NANOSATC-BR,  
DESENVOLVIMENTO DE CUBESATS**

**RELATÓRIO FINAL DE PROJETO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA  
(PIBITI/INPE - CNPq/MCTIC)**

**Tiago Travi Farias**

(UFSM – Bolsista PIBITI/INPE – CNPq/MCTIC)

**E-mail:** tiago.travi.farias@gmail.com

**Dr. Nelson Jorge Schuch**

Orientador

**Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais**

CRS/INPE – MCTIC

**Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais**

INPE - MCTIC

**E-mail:** njschuch@gmail.com

Junho de 2017



## **DADOS DE IDENTIFICAÇÃO**

**Título:**

**ESTUDOS DE GARANTIA DE PRODUTO PARA O SATÉLITE  
NANOSATC-BR2 DO PROGRAMA NANOSATC-BR,  
DESENVOLVIMENTO DE CUBESATS**

**Processo:** 101255/2017-9

**Aluno Bolsista no período de Janeiro/17 a Julho/17**

**Tiago Travi Farias**

Acadêmico do Curso de Engenharia de Produção  
Centro de Tecnologia – CT/UFSM  
Universidade Federal de Santa Maria – UFSM

**Orientador:**

**Dr. Nelson Jorge Schuch**

Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais - CRS/INPE – MCTIC

**Co-Orientador:**

**Dr. Eng. Otávio S. C. Durão**

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE/MCTIC

**Colaboradores:**

**Artur Gustavo Slongo**

Acadêmico do Curso de Engenharia Aeroespacial da UFSM

**Alan Pitthan**

Acadêmico do Curso de Engenharia Aeroespacial da UFSM

**Leonardo Zavareze da Costa**

Acadêmico do Curso de Engenharia Elétrica da UFSM

**Lorenzo Quevedo Mantovani**

Acadêmico do Curso de Engenharia Aeroespacial da UFSM

**Marcos Laurindo Dal Piaz**

Acadêmico do Curso de Engenharia de Produção da UFSM

**Rodrigo Passos Marques**

Graduado em Engenharia Mecânica da UFSM

**Locais de Trabalho/Execução do Projeto:**



- Laboratório de Radiofrequência e Comunicações - LRC/CRS/INPE – MCTIC

Trabalho desenvolvido no âmbito da Parceria e Convênio: INPE/MCTIC – UFSM, pelo Laboratório de Ciências Espaciais de Santa Maria – LACESM/CT – UFSM.

## **AGRADECIMENTOS**

Gostaria de agradecer a toda equipe de colaboradores, os quais me ajudaram de alguma forma a desenvolver o Projeto de Pesquisa. Um agradecimento especial ao meu Orientador e Mentor Dr. Nelson Jorge Schuch, Pesquisador Titular Sênior III do Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais – CRS/INPE – MCTIC, sempre me deu atenção e suporte.

Também deixo meus sinceros agradecimentos:

Ao Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica – PIBITI/INPE – CNPq/MCTIC e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq/MCTIC, bem como ao Coordenador do Programa PIBITI/INPE – CNPq/MCTIC pela aprovação do Projeto de Pesquisa, me proporcionando esta grande oportunidade;

A todos os Servidores do CRS/INPE – MCTIC;

E por fim aos meus familiares, que sempre me deram apoio e motivação.

Estudante

## Tiago Travi Farias

Endereço para acessar este espelho: [dgp.cnpq.br/dgp/espelhorh/7794549117333980](http://dgp.cnpq.br/dgp/espelhorh/7794549117333980)

### Dados Gerais

Nome em citações bibliográficas:	FARIAS, T. T.
Nível de Treinamento	Graduação
Áreas de atuação:	<ul style="list-style-type: none"><li>Engenharia de Produção</li><li>Nanossatélites</li></ul>
Bolsista CNPq:	<ul style="list-style-type: none"><li>IT</li></ul>
Última atualização do Currículo Lattes:	10/05/2017
Contato:	
Homepage:	

### Grupos de pesquisa em que atua

Nome do grupo	Instituição	Ações
Clima Espacial, Interações Sol -Terra, Magnetosferas, Geoespaço, Geomagnetismo: Nanosatélites	INPE	

### Linhas de pesquisa em que atua

Linha de pesquisa	Nome do grupo	Ações
DESENVOLVIMENTO DE NANOSATÉLITES - CubeSats: NANOSATC-BR	Clima Espacial, Interações Sol -Terra, Magnetosferas, Geoespaço, Geomagnetismo: Nanosatélites	

### Orientadores participantes de grupos de pesquisa

Orientador	Grupo de pesquisa	Ações
Nelson Jorge Schuch	Clima Espacial, Interações Sol -Terra, Magnetosferas, Geoespaço, Geomagnetismo: Nanosatélites	

### Grupos de pesquisa de que é egresso

Nome do grupo	Instituição	Ações
Nenhum registro adicionado		

### Indicadores de produção

Indicadores: [Visualizar](#)

## RESUMO

O Relatório Final de Projeto de Iniciação Científica – PIBITI/INPE-CNPq/MCTIC, apresenta os estudos e atividades realizadas por **Tiago Travi Farias**, desenvolvidas pelo bolsista, no período de Janeiro de 2017 até Julho de 2017, referentes ao Projeto **“ESTUDOS DE GARANTIA DE PRODUTO PARA O SATÉLITE NANOSATC-BR2 DO PROGRAMA NANOSATC-BR, DESENVOLVIMENTO DE CUBESATS”**.

O principal objetivo do trabalho, é a realização de estudos e aplicações na parte de Técnicas de Verificação e Validação (V&V) em satélites, focado em nanossatélites do padrão CubeSat. O intuito é a capacitação do bolsista para aplicação ao NANOSATC-BR2, segundo satélite do Programa NANOSATC-BR, Desenvolvimento de CubeSats.

Foi feita uma revisão bibliográfica e estudos mais aprofundados em satélites, com foco em nanossatélites abordando alguns conceitos básicos e aspectos do ambiente espacial. Técnicas de Engenharia de Produção foram utilizadas para dar continuidade ao gerenciamento e organização da informação e configuração do Projeto NANOSATC-BR2.

Também foi relatado as atividades realizadas em intercâmbio em Bremen, na Alemanha. O bolsista estava representando o CRS/INPE em estágio internacional no Centro Aeroespacial Alemão (DLR), portanto, as atividades realizadas foram em um projeto de colaboração Brasil - Alemanha: Análise de dados de múons das cidades de Nagoya, Hobart e São Martinho da Serra e alguns terremotos que ocorreram perto dessas regiões, com objetivo de estabelecer uma correlação entre terremotos e as partículas de raios cósmicos.

Como a bolsa foi aprovada no período de Janeiro de 2017, nem todas as etapas do cronograma de atividades proposto no formulário para solicitação de bolsa foram finalizadas.



## Sumário

<b>LISTA DE FIGURAS .....</b>	<b>8</b>
<b>LISTA DE TABELAS .....</b>	<b>9</b>
<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>10</b>
<b>CAPÍTULO 1.....</b>	<b>12</b>
<b>1.1 – PROGRAMA NANOSATC-BR, DESENVOLVIMENTO DE CUBESATS .....</b>	<b>12</b>
<b>1.2 – PROJETO NANOSATC-BR1 .....</b>	<b>12</b>
<b>1.3 – PROJETO NANOSATC-BR2 .....</b>	<b>13</b>
<b>CAPÍTULO 2.....</b>	<b>16</b>
<b>2.1 – INTRODUÇÃO .....</b>	<b>16</b>
<b>2.2 – RESUMO DAS ATIVIDADES .....</b>	<b>16</b>
<b>CAPÍTULO 3.....</b>	<b>21</b>
<b>TÉCNICAS DE VERIFICAÇÃO E VALIDAÇÃO (V&amp;V).....</b>	<b>21</b>
<b>3.1 – INTRODUÇÃO .....</b>	<b>21</b>
<b>3.2 - VERIFICAÇÃO .....</b>	<b>22</b>
<b>3.3 - EXEMPLOS DE TESTES EM SATÉLITES .....</b>	<b>23</b>
<b>3.3 - PROPOSTA DE CHECKLIST PARA TESTES DE SATÉLITES .....</b>	<b>25</b>
<b>CAPÍTULO 4.....</b>	<b>27</b>
<b>PRINCIPAIS ATIVIDADES DESENVOLVIDAS E HONRAS ACADÊMICAS.....</b>	<b>27</b>
<b>CAPÍTULO 5.....</b>	<b>28</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>29</b>

**LISTA DE FIGURAS**

<b>FIGURA 1: ALUNOS DO CRS/INPE PARTICIPANDO DOS TESTES DE VIBRAÇÃO DO SATÉLITE NANOSATC-BR1 .....</b>	<b>13</b>
<b>FIGURA 2: TESTE TERMO VÁCUO - NANOSATC-BR1 ALOCADO E PREPARADO PARA INÍCIO DO TESTE .....</b>	<b>13</b>
<b>FIGURA 3: MODELO DE ENGENHARIA DA PLATAFORMA 2U DO NANOSATC-BR2 .....</b>	<b>15</b>
<b>FIGURA 4: GRÁFICO DE DADOS ENTRE NAGOYA E SÃO MARTINHO DA SERRA, NO PERÍODO DE MARÇO DE 2015 .....</b>	<b>20</b>
<b>FIGURA 5: MODELO 'V' DE ENGENHARIA DE SISTEMAS .....</b>	<b>21</b>
<b>FIGURA 6: FASES DE TESTES DE UM PROCESSO DE <i>SOFTWARE</i> DIRIGIDO A PLANOS .....</b>	<b>23</b>
<b>FIGURA 7: CHECAGEM FUNCIONAL E OPERACIONAL DO NANOSATC-BR1.....</b>	<b>24</b>
<b>FIGURA 8: TESTE DE VIBRAÇÃO MECÂNICA NO NANOSATC-BR1.....</b>	<b>25</b>
<b>FIGURA 9: <i>CHECKLIST</i> PARA ACOMPANHAMENTO DE TESTES GERAIS DOS SUBSISTEMAS DE SATÉLITES.....</b>	<b>26</b>



## **LISTA DE TABELAS**

<b>TABELA 1: EXEMPLO DA LISTA DE TERREMOTOS ANALISADOS ENTRE 20/05/2015 E 03/02/2017 .....</b>	<b>16</b>
--	-----------

## INTRODUÇÃO

O Relatório descreve as atividades realizadas no “**ESTUDOS DE GARANTIA DE PRODUTO PARA O SATÉLITE NANOSATC-BR2 DO PROGRAMA NANOSATC-BR, DESENVOLVIMENTO DE CUBESATS**” (Processo nº 101255/2017-9) com vigência de Janeiro de 2017 até Julho de 2017. As atividades foram realizadas pelo bolsista **Tiago Travi Farias**, graduando do curso de Engenharia de Produção, da Universidade Federal de Santa Maria – UFSM, bolsista no Programa PIBITI/INPE – CNPq/MCTIC no CRS/INPE-MCTIC.

O Programa NANOSATC-BR, Desenvolvimento de CubeSats conta dois grandes Projetos: NANOSATC-BR1 (NCBR1) e NANOSATC-BR2 (NCBR2). Estes projetos têm por objetivo uma missão espacial baseada na aquisição de um nanossatélite e sistemas de hardware e software, cujo fornecedor é a empresa holandesa ISL/ISIS, com o intuito da capacitação de Recursos Humanos em nível de graduação universitária, capacitação tecnológica das instituições nacionais que participam da missão, monitoramento do Geoespaço das condições geomagnéticas sobre as regiões da Anomalia Magnética do Atlântico Sul (AMAS) e do Eletrojato Ionosférico Equatorial, validação e qualificação no espaço de circuitos eletrônicos miniaturizados. O Projeto NCBR1 foi um sucesso, enquanto o Projeto NCBR2 aguarda para realizar testes e lançamento.

O Projeto de Pesquisa teve foco total no Projeto NCBR2, onde o obje

O Relatório foi dividido em 5 Capítulos, descritos a seguir:

O Capítulo 1 aborda o Programa NANOSATC-BR, Desenvolvimento de CubeSats, explicando seus objetivos de realização, importância e atualização dos dois projetos: NCBR1 e NCBR2;

O Capítulo 2 aborda as atividades do bolsista realizadas em intercâmbio de estágio no Centro Aeroespacial Alemão, em Bremen, na Alemanha;

O Capítulo 3 aborda as atividades do bolsista referentes a aplicação das técnicas de Validação e Verificação ao satélite NANOSATC-BR2 do Programa NANOSATC-BR, Desenvolvimento de CubeSats;

O Capítulo 4 aborda as principais atividades desenvolvidas durante o período de Janeiro de 2017 até Julho de 2017;



O Capítulo 5 aborda as considerações finais do bolsista sobre o Projeto realizado e desenvolvido no período.

## **CAPÍTULO 1**

### **PROGRAMA NANOSATC-BR, DESENVOLVIMENTO DE CUBESATS**

#### **1.1 – Programa NANOSATC-BR, Desenvolvimento de CubeSats**

O Programa NANOSATC-BR, Desenvolvimento de CubeSats, surgiu da parceria entre o INPE/MCTIC e a UFSM e é desenvolvido no CRS/INPE-MCTIC. O Programa consiste em desenvolver nanossatélites, padrão CubeSat (100mm de aresta e máximo 1,33kg por unidade – U), com alguns objetivos principais, entre eles:

- A Capacitação de Recursos Humanos: Capacitar estudantes de graduação com instrumentação espacial, para que possam desenvolver pesquisas e estudos referentes a alguma parte da missão (planejamento, cargas úteis, testes, lançamento, monitoramento...);
- Capacitação Tecnológica das Instituições parceiras do Programa, as quais podem ter um desenvolvimento das áreas de ciências, engenharias e tecnologia;
- Monitoramento e estudos da Anomalia Magnética do Atlântico Sul – AMAS e do Eletrojato Ionosférico Equatorial;

O Programa conta com dois grandes Projetos principais: Projeto NCBR1 e NCBR2.

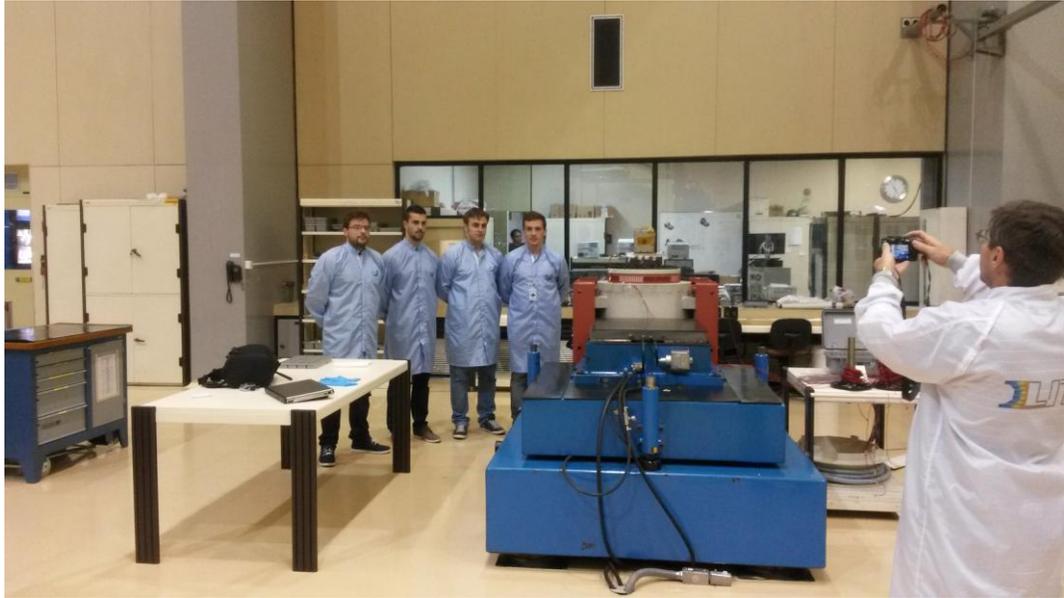
#### **1.2 – Projeto NANOSATC-BR1**

O Projeto NANOSATC-BR1 desenvolveu um nanossatélite do padrão CubeSat – 1U, que se tornou no primeiro Nanossatélite Científico Brasileiro – NCBR1. O NCBR1 foi lançado em junho de 2014, com mais de 1050 dias em operação e ainda está em órbita, sendo o primeiro nanossatélite brasileiro lançado com sucesso. Os alunos de graduação do CRS/INPE participaram da parte de integração e testes, que ocorrem no período de 23/03/2014 a 30/03/2014 na sede central do INPE, no Laboratório de Integração e Testes – LIT, em São José dos Campos, SP. O Projeto tem duas missões:

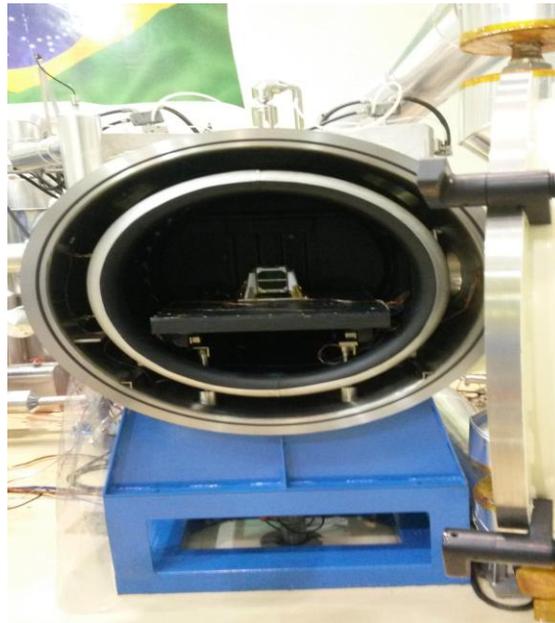
- Missão Científica: Coletar dados da AMAS, utilizando o magnetômetro XEN1210.

- Missão Tecnológica: Validação de placas de Circuitos Integrados (CIs), são eles: *Driver on/off*, desenvolvido pela Santa Maria Design House – SMDH e uma placa FPGA, desenvolvida pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS.

O Projeto foi um sucesso, atendendo as suas missões de forma efetiva.



**Figura 1:** Alunos do CRS/INPE participando dos testes de vibração do satélite NANOSATC-BR1



**Figura 2:** Teste termo vácuo - NANOSATC-BR1 alocado e preparado para início do teste

### **1.3 – Projeto NANOSATC-BR2**

O Projeto NANOSATC-BR2 conta com um satélite padrão CubeSat e está em sua fase final. O NCBR2 é o segundo nanossatélite do Programa NANOSATC-BR,

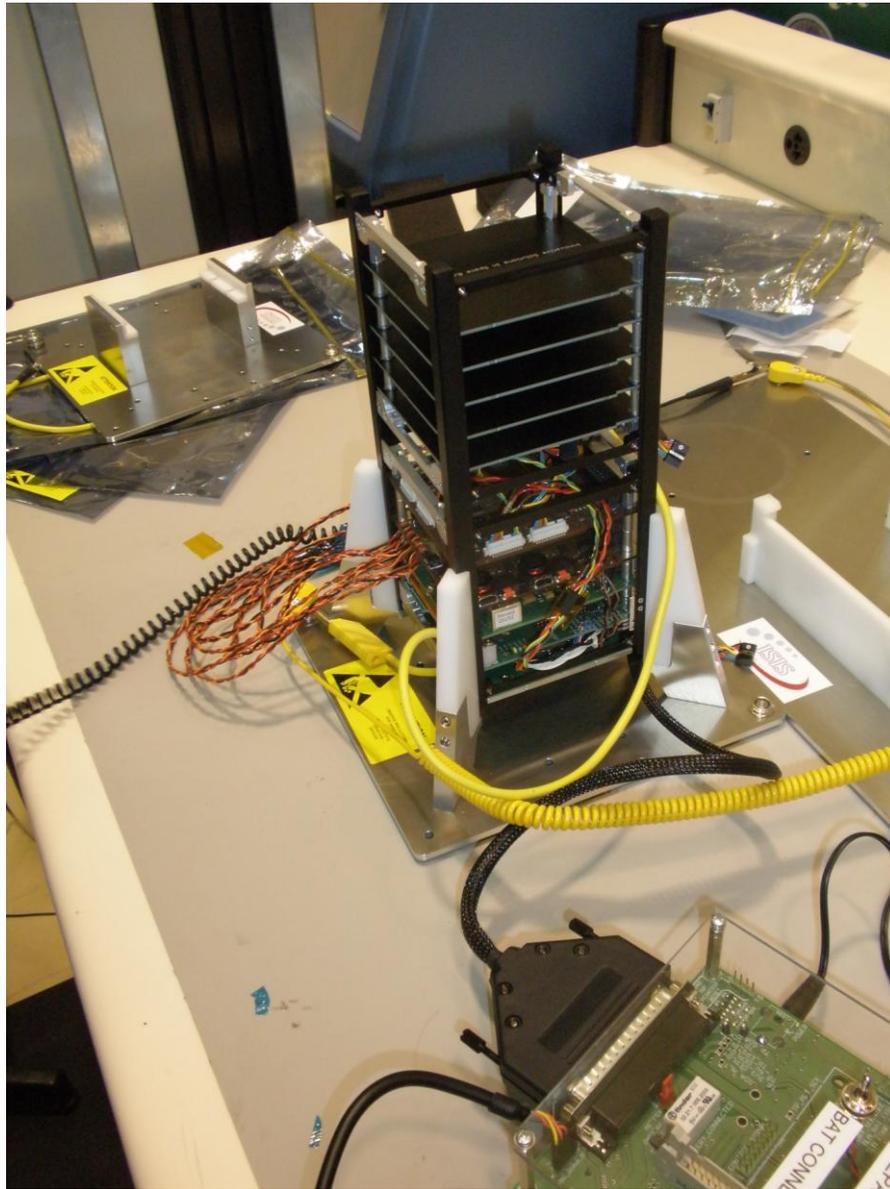
Desenvolvimento de CubeSats e tem o dobro do volume do NCBR1, sendo um CubeSat 2U (ver Figura 3). Foram adquiridos junto à ISIS (Delft, Holanda), os sistemas de equipamentos: Modelo de engenharia, modelo de voo e estação terrena de rastreamento e controle de microssatélite, denominada GS (INPE – ITA).

O objetivo principal da missão do Projeto NANOSATC-BR2 é a utilização de uma sonda de Langmuir para captação de dados da região da Ionosfera. A missão se deu pela necessidade de pesquisadores do INPE precisam de medidas dos parâmetros da região ionosférica da Atmosfera Terrestre para estudar a dinâmica de fenômenos, tais que afetam diretamente os sistemas de comunicação que utilizam nesta região como meio de propagação. O Projeto NANOSATC-BR2 tem duas missões principais:

- Missão Científica: coletar dados da Ionosfera através de uma sonda de Langmuir e também dados da Anomalia Magnética do Atlântico Sul (AMAS) através dos três magnetômetros internos;
- testar e validar os componentes: Duas placas FPGAs, um Circuito Integrado (CI) e um sistema de determinação de atitude de tripla redundância.

Para a finalização do projeto NANOSATC-BR2, faz-se necessários as seguintes etapas:

1. Finalização do desenvolvimento de suas Cargas Úteis;
2. Software de bordo;
3. Testes;
4. Lançamento;
5. Operação.



**Figura 3: Modelo de Engenharia da plataforma 2U do NANOSATC-BR2**

## CAPÍTULO 2

### ATIVIDADES REALIZADAS EM INTERCÂMBIO DE ESTÁGIO, PARCERIA BRASIL (INPE) – ALEMANHA (DLR)

#### 2.1 – Introdução

O Centro Aeroespacial Alemão, juntamente com a colaboração de Austrália, Brasil, Kuwait e Japão, desenvolvem uma pesquisa de análise de dados de múons das cidades de Nagoya, Hobart e São Martinho da Serra e alguns terremotos que ocorreram perto dessas regiões, com objetivo de estabelecer uma correlação entre terremotos e as partículas de raios cósmicos.

#### 2.2 – Resumo das atividades

A primeira etapa do projeto realizado foi a ambientação do bolsista e coleta de dados pertinentes. Foi analisado todos os terremotos que ocorreram entre o período de 20/05/2015 até 03/02/2017 e anotados em uma tabela, como podemos observar o exemplo da tabela 1. Ao total foram analisados aproximadamente 300 terremotos.

**Tabela 1: Exemplo da lista de terremotos analisados entre 20/05/2015 e 03/02/2017**

2016 (Ano)							
Month	Local	Period	Hour (UT+2:00)	Depth (km)	Scale	Detector to analyze	Shocks Events
01	52km SE of Shizunai, Japan	14/01	03:25	46	6.7	Nahoya	
	88km N of Yelizovo, Russia	30/01	04:25	177	7.2	Nagoya	X
02	25km SE of Yujing, Taiwan	05/02	19:57	23	6.4	Nagoya	
	36km W of Ovalle,	10/02	00:33	29	6.3	São Martinho	X

	Chile					da Serra	
--	-------	--	--	--	--	----------	--

Após isso, juntei todos dados fornecidos pela DLR sobre a incidência de muons e organizei os mesmos. Com os dados organizados, utilizei o *software* Matlab para realizar gráficos comparativos entre as regiões estudadas (São Martinho-Hobart, Hobart-Nagoya e Nagoya-São Martinho). Foi utilizado o seguinte programa no *software* Matlab:

```
clear all
clc
%here you need put the name from your file for the month that you will
plot, %and the program will take just the numbers that will be necessary
for the %plot. I used in the follow order: Hobart, Nagoya and sao
martinho.
data=dlmread('hobart052015.txt');
a=data(1:1:end,3:1:9);
%a new file will be created with the right data, and you can choose how
you %will call that, I used the name hst012010
dlmwrite('hst052015.txt',a,'delimiter','\t')
%here is the Nagoya data for this month
data=dlmread('nagoya052015.txt');
a=data(1:1:end,3:1:9);
dlmwrite('nst052015.txt',a,'delimiter','\t')
data=dlmread('sms052015.txt');
%and here the sao martinho data for this month
a=data(1:1:end,3:1:9);
dlmwrite('smst052015.txt',a,'delimiter','\t')
clear all
clc
%here the data will be processed and you need write the name from the
file that you created in the first part (with the right data)
nagval = dlmread('nst052015.txt');
hobval = dlmread('hst052015.txt');
%after you run the program, you need open the new file, that you created
("hst, nst and smst", look at the first line and write the numbers from
the first line. Where stay nagval you will put the %data from Nagoya
(NST), where hobval from Hobart (HST) and where saoval from Sao Martinho
(SMST). You need do that in every time that you see something like
nagval_u=[1, 0, .....]. After that, you run again Matlab and will plot the
right graphics.
%for example here
nagval_u = [1, 0, 2.854e+006    1.2943e+006 1.2704e+006 1.2478e+006
1.298e+006];
%here
hobval_u = [1, 0, 1.4203e+006    6.0065e+005 5.6491e+005 5.9056e+005
5.8009e+005];
nagval_ax = zeros(size(nagval,1), 1);
%here you need put the year and the month that you will analyze
for i=1:size(nagval,1)
    nagval_ax(i) = datenum(2015, 05, nagval(i,1), nagval(i,2), 0, 0);
end
nagval_n = zeros(size(nagval));
hobval_n = zeros(size(hobval));
for i=3:7
```

*Relatório Final de Atividades*

```
nagval_n(:,i) = nagval(:,i) / nagval_u(1,i);
hobval_n(:,i) = hobval(:,i) / hobval_u(1,i);
end
nh_ddiff = nagval_n ./ hobval_n;
%here the first graphic will be plotted and for the analyze you need
%attention: when the line is increasing mean that the account in Nagoya
is %higher than Hobart, and when the line is decreasing mean that the
account in %Hobart in higher than Nagoya.
%Here you have to put the first day of the next month that you're
analyzing, in this case the next is first of juni;
tempo=datenum(2015,06,01);
figure;
hold on
plot (nagval_ax, nh_ddiff(:,3:end));
tetra=cat(1,nagval_ax,tempo);
set(gca, 'XTick', tetra(1:24:end));
datetick('x', 'DD', 'keepticks');
legend('V', 'N', 'S', 'E', 'W');
title('(NST/NST_u)/(HOB/HOB_u)');
legend('boxoff');
%attention for the legend in the graphic
xlabel('Mai 2015 NST/HST');
%write the name from the new file again
nagval = dlmread('nst052015.txt');
saoval = dlmread('smst052015.txt');
saoval_s = [saoval(13:end,:);zeros(12,7)];
%don't Forget: you need write the first line from the file
nagval_u = [1, 0, 2.854e+006    1.2943e+006 1.2704e+006 1.2478e+006
1.298e+006];
saoval_u = [1, 0, 2.8911e+006    1.1596e+006 1.1903e+006 1.4222e+006
1.3816e+006];
nagval_ax = zeros(size(nagval,1), 1);
for i=1:size(nagval,1)
%write the year and the month again
    nagval_ax(i) = datenum(2015, 05, nagval(i,1), nagval(i,2), 0, 0);
end
nagval_n = zeros(size(nagval));
saoval_n = zeros(size(saoval));
for i=3:7
    nagval_n(:,i) = nagval(:,i) / nagval_u(1,i);
    saoval_n(:,i) = saoval_s(:,i) / saoval_u(1,i);
end
ns_ddiff = nagval_n(13:end,:) ./ saoval_n(1:end-12,:);
%next graphic
%Here, again, you have to put the first day of the next month that you're
analyzing, in this case the next is first of juni;
tempo=datenum(2015,06,01);
figure(2);
hold on
plot (nagval_ax(13:end), ns_ddiff(:,3:end));
tetra=cat(1,nagval_ax,tempo);
set(gca, 'XTick', tetra(1:24:end));
datetick('x', 'DD', 'keepticks');
legend('V', 'N', 'S', 'E', 'W');
title('(NST/NST_u)/(SMS/SMS_u)');
legend('boxoff');
%legend
xlabel('Mai 2015 NST/SMST')
```

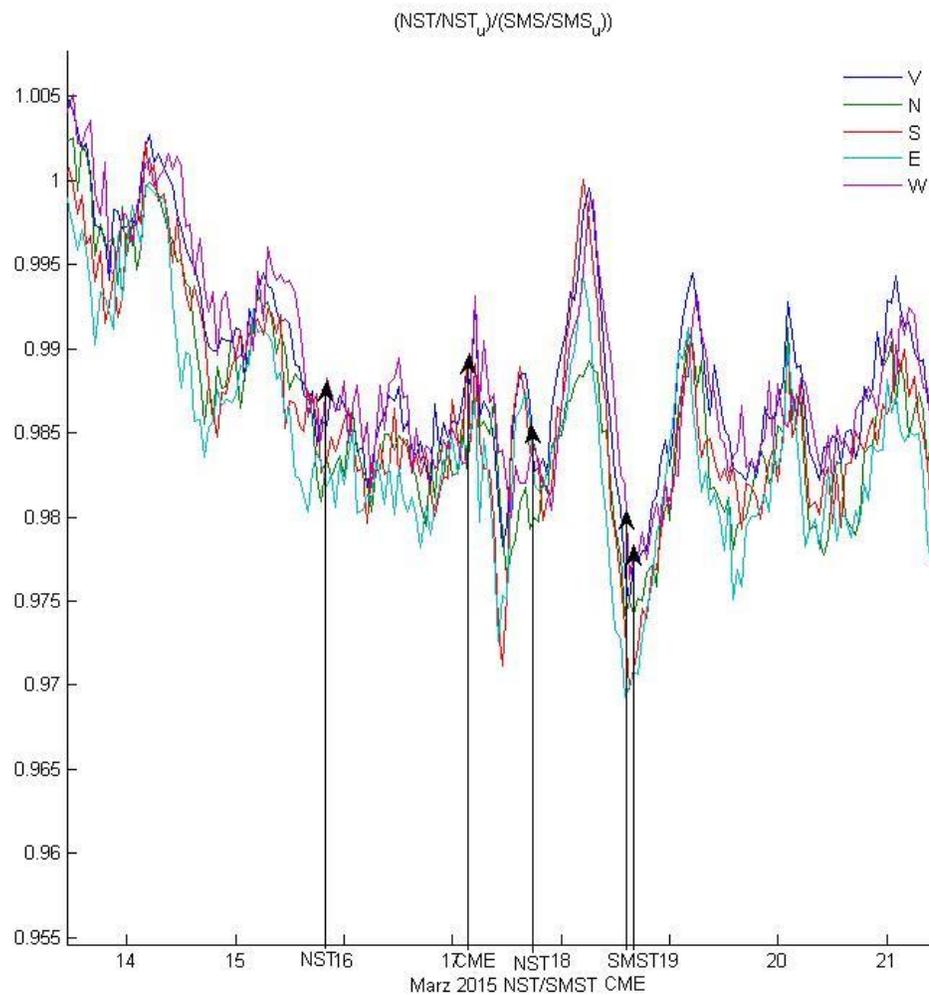
*Relatório Final de Atividades*

```
%again: read the new file
martinhoval = dlmread('smst052015.txt');
martinhoteste=martinhoval(:,3:end);
martinhoteste(martinhoteste==0)=NaN;
martinholast=martinhoval(:,1:2);
saoval=cat(2,martinholast, martinhoteste);
hobartval = dlmread('hst052015.txt');
teste=hobartval(:,3:end);
teste(teste==0)=NaN;
last=hobartval(:,1:2);
hobval=cat(2,last, teste);
saoval_s = [saoval(13:end,:);zeros(12,7)];
for j=3:7
    zetaf(j)=(nanmean(saoval(:,j)));
end
for k=3:7
    jota(k)=(nanmean(hobval(:,k)));
end
%and again the first line write
hobval_u = [1, 0, 1.4203e+006    6.0065e+005  5.6491e+005  5.9056e+005
5.8009e+005];
saoval_u = [1, 0, 2.8911e+006    1.1596e+006  1.1903e+006  1.4222e+006
1.3816e+006];
saoval_ax = zeros(size(saoval,1), 1);
for i=1:size(saoval,1)
    %and the year and month
    saoval_ax(i) = datenum(2015, 05, saoval(i,1), saoval(i,2), 0, 0);
end
hobval_n = zeros(size(hobval));
saoval_n = zeros(size(saoval));
for i=3:7

    hobval_n(:,i) = hobval(:,i) / hobval_u(1,i);

    saoval_n(:,i) = saoval_s(:,i) / saoval_u(1,i);
end
ns_ddiff = saoval_n(1:end-12,:) ./hobval_n(13:end,:) ;
%Here, again, you have to put the first day of the next month that you're
analyzing, in this case the next is first of juni;
tempo=datenum(2015,06,01);
%Last Graphic
figure;
hold on
plot (saoval_ax(13:end), ns_ddiff(:,3:end));
tetra=cat(1,saoval_ax,tempo);
set(gca, 'XTick', tetra(1:24:end));
datetick('x', 'DD', 'keepticks');
legend('V', 'N', 'S', 'E', 'W');
title('(SMS/SMS_u)/(HOB/HOB_u)');
legend('boxoff');
%legend
xlabel('Mai 2015 SMST/HST');
```

Com este programa, obtivemos vários gráficos comparando os dados normalizados entre os três detectores, como pode ser observado pelo exemplo da Figura 4.



**Figura 4:** Gráfico de dados entre Nagoya e São Martinho da Serra, no período de Março de 2015

Ao final, foram analisados quase 300 terremotos, com a possibilidade de 19 *Schoch Events*. Foram gerados 58 gráficos entre Nagoya, Hobart e São Martinho da Serra. Para analisar a correlação de terremotos e raios cósmicos, eu separei os gráficos em pequenos períodos de tempo (1 semana geralmente) e adicionei arcos para marcar o tempo exato onde ocorreu o terremoto (como mostrado na figura 4), então foram gerados novos 132 gráficos. Analisando todos os novos gráficos gerados, obtivemos 36 possibilidades de correlação entre terremotos e raios cósmicos.

## CAPÍTULO 3

### TÉCNICAS DE VERIFICAÇÃO E VALIDAÇÃO (V&V)

#### 3.1 – Introdução

As técnicas de Verificação e Validação, também conhecidas como Validação de software em Engenharia de Software, se dão para mostrar que o software atende as suas próprias especificações e ao mesmo tempo satisfazem as necessidades do cliente do sistema. A verificação busca saber se o software atende aos requisitos funcionais e não funcionais especificados, incluindo testes para encontrar erros, para esta fase deve-se responder a seguinte pergunta “O produto foi construído corretamente?”. Já a validação é a confirmação por testes que requisitos particulares para um determinado uso foram cumpridos, busca provas que o software implementa cada um dos requisitos corretamente, para esta fase deve-se responder a pergunta “O produto correto foi construído?”. A engenharia de sistemas mostra um modelo de validação e verificação, Figura 5, na qual a fase de integração deve ser validado e verificado se as especificações são atendidas de acordo com o que foi definido.

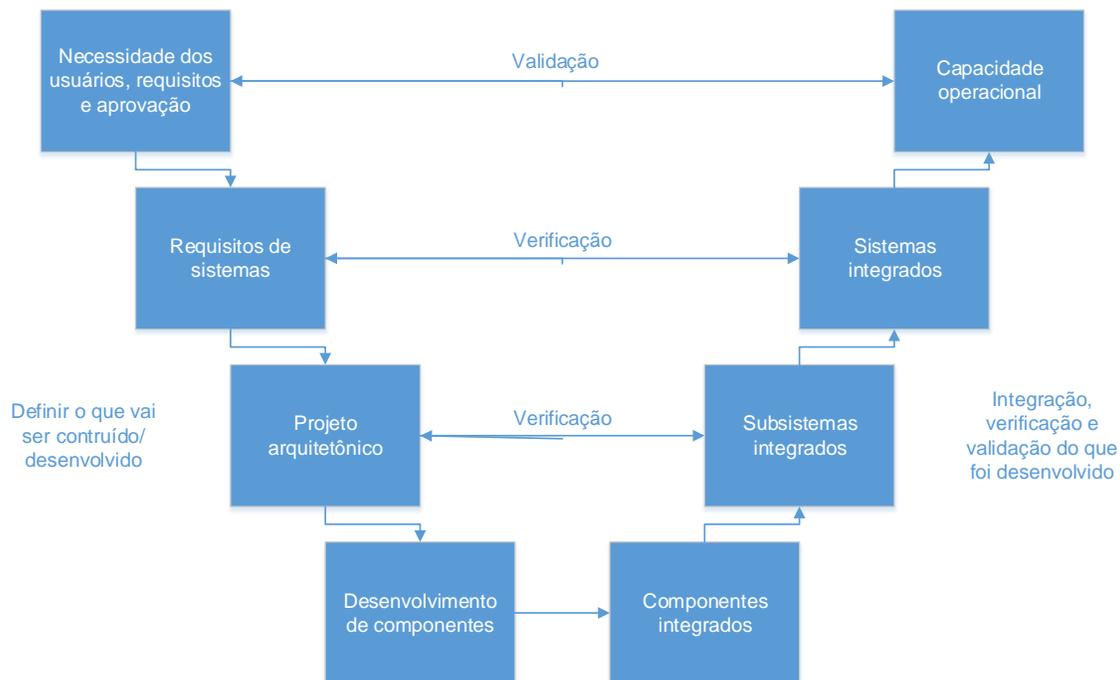


Figura 5: Modelo 'V' de Engenharia de Sistemas

Fonte: Adaptado de Loureiro(1999)

### **3.2 - Verificação**

A verificação é o processo no qual se observa o modelo computacional projetado para determinada função operando corretamente. As inspeções e revisões em cada estágio de desenvolvimento do produto são algumas das atividades realizadas nesta etapa de Verificação, podemos observar pela figura 5 como seria o modelo ideal deste contexto.

Para esta etapa, deseja-se que o modelo planejado rode corretamente, livre de erros e para isso, algumas técnicas podem ser utilizadas:

1. Prevenção: Ter atenção e cuidado no momento da programação, definindo corretamente as funções lógicas e números utilizados para o modelo;
2. Comparação: Definir um padrão para realizar a comparação do modelo computacional com sistemas reais, para evitar erros desnecessários;
3. Observação: Ver e tentar perceber se recursos e objetos estão sendo usados de forma equivocada ou estão faltando no modelo;
4. Descrição: Tentar descrever tudo que acontece no modelo utilizado de forma cronológica, para que fique mais fácil de detectar erros;

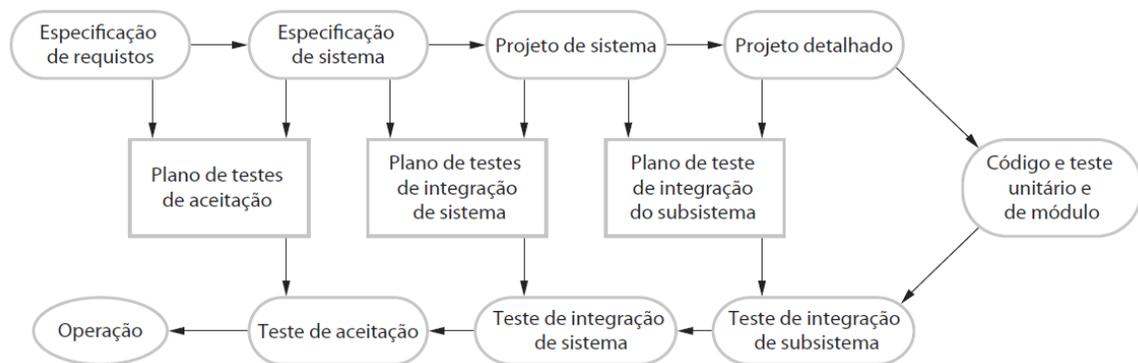
### **3.3 - Validação**

A etapa de validação consiste em um processo no qual o modelo tem o objetivo de representar o sistema real, ou seja, construir o produto certo. Para validar um produto ou um sistema, vários testes devem ser realizados, destacando-se em três:

- Testes de desenvolvimento: Nesta fase, cada componente desenvolvido é testado sozinho, com objetivo de detectar e resolver erros individuais;
- Testes de sistema: Os componentes individuais são montados e integrados, formando um sistema complexo. Nesta etapa o objetivo é observar o sistema como um todo, com a preocupação de encontrar os erros resultantes das interações inesperadas entre componentes e problemas de interface entre eles. Os requisitos funcionais devem ser satisfeitos, caso algo dê errado, as interações devem ser refeitas;
- Testes de aceitação: Para a fase final de testes, devem ser simulados dados reais e testados dentro do sistema, como se um cliente estivesse utilizando o produto, com

objetivo de validar o sistema para finalmente ser aceito e aprovado para uso operacional.

Os testes dirigidos a planos, mostrado pela Figura 6, são geralmente testes pré-formulados com especificações e padrões definidos para que os componentes ou o sistemas passe por situações reais para serem validados.



**Figura 6: Fases de testes de um processo de *software* dirigido a planos**

Fonte: Sommerville (2011)

Assim é feito em satélites, temos como exemplo os testes ambientais, onde são simulados ambientes reais para que o satélite e seus componentes sejam expostos às mesmas condições (temperatura, altitude, pressão...) que enfrentarão desde a etapa de lançamento, até estar em órbita. O objetivo desses tipos de testes são detectar possíveis falhas dos componentes e estabelecer a garantia da qualidade do produto.

### 3.3 - Exemplos de testes em satélites

Para a realização da Verificação e Validação (V&V) dos componentes dos satélites, testes são realizados para garantirem que os requisitos funcionais estejam operando de forma correta. Alguns dos testes realizados em satélites são:

- Teste termo vácuo: O objetivo do teste de termo vácuo (Figura 2), é expor o satélite a um ambiente com condições de vácuo e faixas de temperaturas extremas (incluindo uma margem de segurança). A máquina de termo vácuo funciona em quatro etapas: i-A máquina simula o vácuo para simular o ambiente espacial; ii- A temperatura dos tubos é modificada para similar os ciclos térmicos causados pela incidência e ausência de luz solar quando o satélite entra e sai da eclipse em órbita e em faces opostas quando exposto ao sol; iii- A câmara é resfriada através da

pulverização e transformação de nitrogênio líquido em gás; iv- São montadas resistências no interior da câmara com o objetivo de aquecer e por radiação aquecer o modelo testado. Para a realização do teste, é realizada a parametrização e *set-up* do teste de Termo Vácuo, estabelecendo-se os limites de temperaturas e desta maneira acompanha-se os testes pelos status fornecidos pelos termopares instalados no satélite em questão.

- Checagem funcional e operacional: O objetivo deste teste é verificar se os subsistemas do satélite estão operando normalmente ou se há algum componente ou subsistema que está danificado.



**Figura 7: Checagem funcional e operacional do NANOSATC-BR1**

- Testes de vibração: O objetivo dos testes de vibração é expor o satélite a esforços dinâmicos presentes durante o lançamento, verificando se a estrutura e componentes do satélite aguentam a etapa do lançamento. A Figura 8 mostra a máquina *shaker* onde é montado a plataforma de teste (Test-POD) para simular o ambiente de vibração mecânica. Vários testes de vibração podem ser feitos, são alguns exemplos: Quase-estático, randômico e senoidal.



Figura 8: Teste de vibração mecânica no NANOSATC-BR1

### 3.3 - Proposta de *checklist* para testes de satélites

Para o desenvolvimento do *checklist* (Figura 9) para acompanhamento geral de testes de verificação e validação para os subsistemas de satélites, foi observado os subsistemas do NANOSATC-BR2 como exemplo para definição das especificações.

Checklist de acompanhamento de testes de satélites				
Operador:				
Data:				
Produto:				
Subsistema	Especificação	Sim	Não	
	Sonda de Langmuir	Coleta dados da Ionosfera corretamente?		
		Conecta-se com a		

<b>Carga Útil</b>		<b>plataforma?</b>		
	<b>CI</b>	<b>Fornece energia elétrica?</b>		
		<b>Conecta-se a plataforma?</b>		
	<b>FPGAs</b>	<b>Fornece energia elétrica?</b>		
		<b>Conecta-se a plataforma?</b>		
	<b>Magnetômetros</b>	<b>Coleta dados do campo magnético corretamente?</b>		
		<b>Conecta-se com a plataforma?</b>		
	<b>Sistema de determinação de atitude</b>	<b>Determina a atitude do corpo corretamente?</b>		
		<b>Conecta-se com a plataforma?</b>		
	<b>Energia e potência</b>	<b>Gera, armazena e distribui a energia para demais subsistema?</b>		
	<b>Comunicação</b>	<b>Realiza comunicações entre o segmento espacial e o segmento de solo corretamente?</b>		
	<b>Determinação e controle</b>	<b>O sistema de determinação está operando corretamente?</b>		
<b>Térmico</b>	<b>Controla a temperatura e o gradiente térmico corretamente?</b>			
<b>Observações:</b>				

Figura 9: Checklist para acompanhamento de testes gerais dos subsistemas de satélites

## CAPÍTULO 4

### PRINCIPAIS ATIVIDADES DESENVOLVIDAS E HONRAS ACADÊMICAS

Foram realizadas algumas tarefas ao longo do período entre Janeiro de 2017 e Julho de 2017, entre elas:

- Intercâmbio de estágio na Centro Aeroespacial Alemão (DLR), onde foi feita a colaboração do projeto entre Alemanha, Austrália, Brasil, Japão e Kuwait sobre a análise dos dados de múons dos detectores de Nagoya, Hobart e São Martinho da Serra;
- Levantamento de informações, atualização e acompanhamento de atividades dos Projetos NANOSATC-BR1 e NANOSATC-BR2;
- Revisão bibliográfica sobre cargas úteis de satélites, estudo geral;
- Revisão bibliográfica sobre técnicas de Verificação e Validação (V&V);
- Proposta de *checklist* para acompanhamento de testes de satélites.

## **CAPÍTULO 5**

### **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Pelo desenvolvimento e trabalho feito no período de vigência da bolsa, entre janeiro de 2017 e julho de 2017, o bolsista aprofundou seus estudos em satélites e fez uma revisão bibliográfica das técnicas de verificação e validação (V&V). Foram feitos trabalhos e colaborações em paralelos com os membros da equipe do Programa NANOSATC-BR, Desenvolvimento de CubeSats, tendo assim um acréscimo de conhecimento e de diversidade nas atividades realizadas. Foi elaborado um checklist para acompanhamento geral de testes dos subsistemas para satélites, baseado no satélite NANOSATC-BR2. Os estudos e revisões bibliográficas foram realizados no laboratório de Radiofrequência e Comunicações do CRS/INPE-MCTIC.

Vale enfatizar que como a bolsa foi aprovada em janeiro, o período da bolsa foi reduzido pela metade, entretanto o Projeto teve grande progresso e poderá servir de referência e colaboração para futuros trabalhos nessa área. A experiência de estágio internacional também foi muito gratificante, ajudando diretamente Alemanha e Brasil no projeto de análise de dados de múons.

O bolsista aproveitou o tempo de atividades do Projeto de Pesquisa e pode ter um desenvolvimento profissional e pessoal muito relevantes, vale ressaltar o quanto importante é a Capacitação de Recursos Humanos, um dos principais objetivos do Programa NANOSATC-BR, Desenvolvimento de CubeSats.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Durão, O. S. C., Schuch, N. J., et. Al. **Documento Preliminar de Revisão - Status de Engenharias e Tecnologias Espaciais do Projeto NanosatC-Br – Desenvolvimento de Cubesats**. Documento apresentado a AEB. Maio 2011;
- [2] EUROPEAN COOPERATION FOR SPACE STANDARDIZATION. **Space Project Management – Project Planning and Implementation**. Noordwijk, 2009. (ECSS-M-ST-10C);
- [3] EUROPEAN COOPERATION FOR SPACE STANDARDIZATION. **Space Project Management – Project Breakdown Structure**. Noordwijk, 2003. (ECSS-M-10B);
- [4] LOUREIRO, G. **A systems engineering and concurrent engineering framework for the integrated development of complex products**. Tese de Doutorado (Doctor Thesis in Manufacturing Engineering) - Loughborough University, England, 1999;
- [5] SOMMERVILLE, I. **Engenharia de Software**. Tradução Ivan Bosnic e Kalinka G. de O. Gonçalves. Revisão técnica Kechi Hiramã. 9ª ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2011;
- [6] PMBOK, **Um guia do Conjunto de Conhecimentos em Gerenciamento de Projetos, Terceira Edição**, ANSI/PMI 99 – 001 – 2004, 2004;
- [7] WERTZ, J. R.; LARSON, W. J. **Space mission analysis and design**. 3. ed. New York, 2005.