



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

## **SIMULAÇÃO DO CAMPO MAGNÉTICO TERRESTRE AO LONGO DA ÓRBITA DO NANOSATC-BR**

### **RELATÓRIO FINAL DE PROJETO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA PIBIC/INPE – CNPq/MCT**

**PROCESSO Nº: 101637/2008-0**

**Lorenzo Marzari Félix - Bolsista PIBIC/INPE – CNPq/MCT**  
**Laboratório de Mecânica Fina, Mecatrônica e Antenas**  
**LAMEC/CRS/CIE/INPE – MCT**  
**Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais**  
**CRS/CIE/INPE – MCT**  
E-mail: [lorenzo@lacesm.ufsm.br](mailto:lorenzo@lacesm.ufsm.br)

**Dr. Ijar Milagre da Fonseca – Orientador**  
**Divisão de Mecânica Espacial e Controle**  
**ETE/DMC/INPE - MCT**  
**Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais**  
**INPE - MCT**  
E-mail: [ijar@dem.inpe.br](mailto:ijar@dem.inpe.br)

Santa Maria, Junho de 2008



**RELATÓRIO FINAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DO  
PROGRAMA: PIBIC/INPE - CNPq/MCT**

**PROJETO**

**SIMULAÇÃO DO CAMPO MAGNÉTICO TERRESTRE AO LONGO DA  
ÓRBITA DO NANOSATC-BR**

**PROCESSO Nº: 101637/2008-0**

**Relatório elaborado por:**

**Lorenzo Marzari Félix - Bolsista PIBIC/INPE – CNPq/MCT**

**E-mail: [lorenzo@lacesm.ufsm.br](mailto:lorenzo@lacesm.ufsm.br)**

**Dr. Ijar Milagre da Fonseca – Orientador**

**Divisão de Mecânica Espacial e Controle – ETE/DMC/INPE - MCT**

**E-mail: [ijar@dem.inpe.br](mailto:ijar@dem.inpe.br)**

**Dr. Nelson Jorge Schuch – Co-Orientador**

**Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais - CRS/CIE/INPE – MCT**

**E-mail: [njschuch@lacesm.ufsm.br](mailto:njschuch@lacesm.ufsm.br)**



## **DADOS DE IDENTIFICAÇÃO**

**PROCESSO Nº:** 101637/2008-0

**Bolsista:**

**Lorenzo Marzari Félix**

Curso de Engenharia Mecânica

Centro de Tecnologia

Universidade Federal de Santa Maria - UFSM

**Orientador:**

**Dr. Ijar Milagre da Fonseca**

Departamento de Mecânica Espacial e Controle – ETE/DMC/INPE – MCT

**Co-Orientadores**

**Dr. Nelson Jorge Schuch**

Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais – CRS/CIE/INPE – MCT

**Colaboradores**

Lucas Lopes Costa

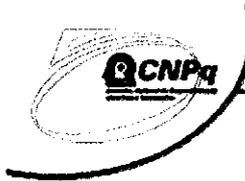
Silvano Lucas Prochnow

Rafael Lopes Costa

Todos alunos do Curso de Engenharia Mecânica da UFSM:

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

- Laboratório de Mecânica Fina, Mecatrônica e Antenas do Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais – LAMEC/CRS/CIE/INPE – MCT.
- Projeto executado no âmbito da Parceria INPE/MCT - UFSM através do Laboratório de Ciências Espaciais de Santa Maria – LACESM/CT/ UFSM



Diretório dos Grupos de Pesquisa no Brasil



**Grupo de Pesquisa**  
**Clima Espacial, Magnetosferas: Interações Terra - Sol,**  
**NanoSatC-Br**

IdentificaçãoRecursos HumanosLinhas de PesquisaIndicadores do Grupo**Identificação****Dados básicos****Nome do grupo:** Clima Espacial, Magnetosferas: Interações Terra - Sol, NanoSatC-Br**Status do grupo:** certificado pela instituição**Ano de formação:** 1996**Data da última atualização:** 18/06/2008 15:04**Líder(es) do grupo:** Nelson Jorge Schuch - [nelson.schuch@pq.cnpq.br](mailto:nelson.schuch@pq.cnpq.br)  
Ademar Michels - [michels@ct.ufsm.br](mailto:michels@ct.ufsm.br)**Área predominante:** Ciências Exatas e da Terra; Geociências**Instituição:** Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE**Órgão:** Coordenação de Gestão Científica - CIE**Unidade:** Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais - CRS**Endereço****Logradouro:** Caixa Postal 5021**Bairro:** Camobi**CEP:** 97110970**Cidade:** Santa Maria**UF:** RS**Telefone:** 33012026**Fax:** 33012030**E-mail:** [njschuch@lacsms.ufsm.br](mailto:njschuch@lacsms.ufsm.br)**Home page:** <http://>**Repercussões dos trabalhos do grupo**

O Grupo de Pesquisa - CLIMA ESPACIAL, MAGNETOSFERAS: INTERAÇÃO TERRA-SOL do Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais - CRS/CIE/INPE-MCT, em Santa Maria, e Observatório Espacial do Sul - OES/CRS/CIE/INPE - MCT, Lat. 29°26'24"S, Long. 53°48'38"W, Alt. 488m, em São Martinho da Serra, RS, criado por Nelson Jorge Schuch em 1996, colabora com pesquisadores da: UFSM (CT-LACESM), INPE (CEA, ETE, CPA), CRAAM-Universidade P. Mackenzie, IAG/USP, OV/ON, DPD/UNIVAP e SEFET/GO, no Brasil e internacionais do: Japão (Universidades: Shinshu, Nagoya, Kyushu, Takushoku e National Institute of Polar Research), EUA ((Bartol Research Institute/University of Delaware e NASA (Jet Propulsion Laboratory e Goddard Space Flight Center)), Alemanha (University of Greifswald e Max Planck Institute for Solar System Research), Austrália (Australian Government Antarctic Division e University of Tasmania), Armênia (Alikhanyan Physics Institute) e Kuwait (Kuwait University). Linhas de Pesquisas: MEIO INTERPLANETÁRIO - CLIMA ESPACIAL, MAGNETOSFERAS x GEOMAGNETISMO, AERONOMIA - IONOSFERAS x AEROLUMINESCÊNCIA, NANOSATC-BR. Áreas de interesse: Heliosfera, Física Solar, Meio Interplanetário, Clima Espacial, Magnetosferas, Geomagnetismo, Aeronomia, Ionosferas, Aeroluminescência, Raios Cósmicos, Muons, Pequenos Satélites Científicos. Objetivos: Pesquisar o acoplamento energético na Heliosfera, os mecanismos de geração de energia no Sol, o Vento Solar, sua propagação no Meio Interplanetário, acoplamento com as magnetosferas planetárias, no Geoespaço com a Ionosfera e a Atmosfera Superior, previsão de ocorrência de tempestades magnéticas e das intensas correntes induzidas na superfície da Terra. Pesquisas teóricas e observacionais utilizando-se de larga base de dados de sondas no Espaço Interplanetário e dentro de magnetosferas planetárias, bem como de modelos computacionais físicos e estatísticos. Vice-Líderes: Alisson Dal Lago, Nalin Babulau Trivedi, Marcelo Barcellos da Rosa, Ademar Michels.

*Relatório Final de Atividades***Recursos humanos****Pesquisadores****Total: 32**Ademar MichelsJean Carlo SantosAlan PrestesJean Pierre RaulinAlicia Luisa Clúa de GonzalezJoao Paulo MinussiAlisson Dal LagoJose Humberto Andrade SobralAntonio Claret PalerosiMangalathavil Ali AbduBarclay Robert ClemeshaMarcelo Barcellos da RosaClezio Marcos De NardinNalin Babulal TrivediCristiano Max WrasseNatanael Rodrigues GomesDelano GobbiNelson Jorge SchuchEurico Rodrigues de PaulaOdim Mendes JuniorEzequiel EcherOsmar Pinto JuniorFabiano Luis de SousaOtavio Santos Cupertino DurãoFábio Augusto Vargas dos SantosPetrônio Noronha de SouzaFernando Luis GuarnieriPolinaya MuralikrishnaHisao TakahashiSeverino Luiz Guimaraes DutraIjar Milagre da FonsecaWalter Demetrio Gonzalez Alarcon**Estudantes****Total: 28**Alan Carlos KleinJuliano MoroAntonio Marcos Martins SilveiraLilian Piecha MoorBernardo HenzLorenzo Marzari FélixCarlos Roberto BragaLucas Lopes CostaCassio Espindola AntunesMarcos Vinicius Dias SilveiraCézar Augusto DaroitMateus Sabadi SchuhCristiano Sarzi MachadoNikolas KemmerichEduardo Ceretta Dalla FaveraRafael Lopes CostaFabrcio Deives KummerSamuel Martins da SilvaFernando de Souza SavianSilvano Lucas ProchnowIgor Freitas FagundesTardelli Ronan Coelho StekelJean Carlos DaroitTiago Domingos dos SantosJose Fernando ThuorstTiago JaskulskiJosemar de SiqueiraWillian Rigon Silva**Técnicos****Total: 5**

Anderson Pereira Colvero - Ensino Profissional de nível técnico - Técnico em Eletrônica

Eduardo Ceretta Dalla Favera - Ensino Profissional de nível técnico - Técnico em Computação

Koiti Ozaki - Especialização - Analista de Sistemas

Roben Castagna Lunardi - Graduação - Técnico em Computação

Vinicius Ceregati Costa - Graduação - Outra Função

**Linhas de pesquisa****Total: 4**

- AERONOMIA - IONOSFERAS x AEROLUMINESCÊNCIA
- MAGNETOSFERAS x GEOMAGNETISMO
- MEIO INTERPLANETÁRIO - CLIMA ESPACIAL
- NANOSATC-BR



---

<b>Relações com o setor produtivo</b>	<b>Total: 0</b>
---------------------------------------	-----------------

---

<b>Indicadores de recursos humanos do grupo</b>
---

	<b>Integrantes do grupo</b>	<b>Total</b>
Pesquisador(es)		32
Estudante(s)		28
Técnico(s)		5

---



**Diretório dos Grupos de Pesquisa no Brasil**



**Linha**

de Pesquisa  
**NANOSATC-BR**

**Linha de pesquisa**

**NANOSATC-BR**

**Nome do grupo:** Clima Espacial, Magnetosferas: Interações Terra - Sol, NanoSatC-Br

**Palavras-chave:** CubeSats; Desenvolvimento de Engenharias - Tecnologias; Miniaturização; Nanosatélites; Nanotecnologia; Pesquisa do Geoespaço;

**Pesquisadores:**

Ademar Michels  
Alicia Luisa Clúa de Gonzalez  
Alisson Dal Lago  
Antonio Claret Palerosi  
Clezio Marcos De Nardin  
Ezequiel Echer  
Fabiano Luis de Sousa  
Fernando Luis Guarnieri  
Ijar Milagre da Fonseca  
Jean Pierre Raulin  
Jose Humberto Andrade Sobral  
Nalin Babulal Trivedi  
Natanael Rodrigues Gomes  
Nelson Jorge Schuch  
Odim Mendes Junior  
Otavio Santos Cupertino Durão  
Petrônio Noronha de Souza  
Severino Luiz Guimaraes Dutra  
Walter Demetrio Gonzalez Alarcon

**Estudantes:**

Alan Carlos Klein  
Bernardo Henz  
Carlos Roberto Braga  
Cassio Espindola Antunes  
Fernando de Souza Savian  
Igor Freitas Fagundes  
Jean Carlos Daroit  
Josemar de Siqueira  
Lorenzo Marzari Félix  
Lucas Lopes Costa  
Marcos Vinicius Dias Silveira  
Nikolas Kemmerich  
Rafael Lopes Costa  
Samuel Martins da Silva  
Silvano Lucas Prochnow  
Tardelli Ronan Coelho Stekel  
Tiago Jaskulski  
Willian Rigon Silva

**Árvore do conhecimento:**

Ciências Exatas e da Terra; Astronomia; Astrofísica do Sistema Solar;  
Ciências Exatas e da Terra; Geociências; Instrumentação Científica;  
Engenharias; Engenharia Aeroespacial; Engenharia Aeroespacial - Pequenos Satélites;

**Setores de aplicação:**

Aeronáutica e espaço



*Relatório Final de Atividades*

**Objetivo:**

Pesquisas: Geoespaço e em Engenharias/Tecnologias: eletrônica, comunicações, mecânica e aeroespacial, lançamento de pequenos satélites científico universitário - iniciação científica: CubeSat (100g-1Kg, 10x10x10cm), Nanosatélite (1Kg-10Kg); Carga útil: magnetômetro e detector de partículas; Desenvolvimentos: estrutura mecânica, computador-bordo, programas, estação terrena, testes/integração, sub-sistemas: potencia, propulsão, telemetria, controle: atitude, térmico, Vice-Líder: Ademar Michels

---



## RESUMO

Este Relatório visa descrever as atividades técnicas e científicas vinculadas ao Programa PIBIC/INPE – CNPq/MCT, desenvolvidas pelo bolsista **Lorenzo Marzari Félix**, Acadêmico do Curso de Engenharia Mecânica, do Centro de Tecnologia da Universidade Federal de Santa Maria – UFSM, durante o período de **Março de 2008 à Junho de 2008**, no Projeto **“Simulação do Campo Magnético Terrestre ao Longo da Órbita do NANOSATC-BR”**, junto ao Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais – CRS/CIE/INPE-MCT. As atividades foram realizadas no Laboratório de Mecânica Fina, Mecatrônica e Antenas – LAMEC do CRS/CIE//INPE - MCT no âmbito da Parceria: INPE/MCT - UFSM, através do Laboratório de Ciências Espaciais de Santa Maria - LACESM/CT - UFSM.



## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1 – O NANOSATC-BR .....</b>	<b>11</b>
1.1 INTRODUÇÃO .....	11
1.2 OBJETIVO DO PROJETO .....	11
<b>CAPÍTULO 2 – DEFININDO CONCEITOS .....</b>	<b>12</b>
2.1 O CAMPO MAGNÉTICO TERRESTRE .....	12
2.2 O QUE É UM SATÉLITE? .....	14
2.2.1 CLASSIFICAÇÃO DOS SATÉLITES .....	15
2.2.2 OS SATÉLITES E SUAS ÓRBITAS .....	16
2.2.3 OS PEQUENOS SATÉLITES .....	16
<b>CAPÍTULO 3 – PEQUENOS SATÉLITES NO BRASIL .....</b>	<b>19</b>
<b>CAPÍTULO 4 – CONCLUSÃO .....</b>	<b>21</b>
<b>AGRADECIMENTOS .....</b>	<b>22</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>23</b>

## **CAPÍTULO 1 – O NANOSATC-BR**

### **1.1 INTRODUÇÃO**

Este Relatório é composto por atividades de pesquisa relacionadas a Miniaturização de Satélites, com ênfase na coleta de informações referentes a intensidade do campo magnético terrestre, sua configuração e identificação de conceitos. A coleta de dados visa fazer uma comparação futura com medidas de campo a serem obtidas a partir dos experimentos científicos da missão Nanosatélite Científico Brasileiro - NANOSATC-BR.

As atividades do Projeto de Pesquisa PIBIC, do Programa PIBIC/INPE – CNPq/MCT, desenvolvidas pelo aluno, como aluno substituído no Projeto, está sendo realizado com extensa revisão bibliográfica referente a conceitos fundamentais sobre a intensidade do campo magnético, com ênfase no campo magnético terrestre, sua magnitude, direção e sentido bem como sua aplicação para o controle de atitude geomagnético de veículos espaciais via utilização de bobinas magnéticas como atuadores.

### **1.2 OBJETIVO DO PROJETO**

O Projeto está sendo desenvolvido pelo CRS/CIE/INPE - MCT no âmbito da Parceria entre o INPE/MCT - UFSM, através do Laboratório de Ciências Espaciais de Santa Maria – LACESM/CT/UFSM.

O objetivo específico deste Projeto de Pesquisa é específico computar, analisar e arquivar dados do campo magnético da Terra ao longo da órbita do NANOSATC-BR, para permitir uma comparação com as futuras medidas de campo a serem obtidas a partir dos experimentos científicos da missão NANOSATC-BR.

Alguns conceitos básicos sobre campo magnético terrestre são inseridos nesta análise, bem como uma visão geral de como são compostos os nano satélites. Para obter a bibliografia necessária para levantar informações sobre conceitos e dados referentes ao campo magnético terrestre foram utilizadas principalmente as ferramentas de “search engines” da internet, usando como palavras-chave Cubesats, Controle de Atitude e Campo magnético e bibliografia especializada em livros e trabalhos publicados em periódicos técnicos e científicos.

## CAPÍTULO 2 – DEFININDO CONCEITOS

### 2.1 O CAMPO MAGNÉTICO TERRESTRE

A existência do Campo Magnético da Terra (CMT) é conhecida desde Gilbert, que em 1600 propôs no seu livro *De Magnete* que a Terra fosse considerada equivalente a um ímã permanente. Contudo, o CMT foi utilizado para orientação desde o tempo dos chineses e foi utilizado na época dos descobrimentos. A teoria física matemática capaz de descrevê-lo e justificar o CMT só foi alcançada com Maxwell, no fim do século XIX e os primeiros modelos “realistas” do mecanismo gerador do campo só atualmente começam a ser construídos. A prova matemática de que o campo magnético observado à superfície tem como origem fundamental a Terra (e não fenômenos externos) foi obtida por Gauss em 1838. Nessa época se tinha concluído que o CMT manifestava uma certa *variação secular*, e de que as variações rápidas do CMT tinham correlação com fenômenos atmosféricos como as auroras boreais.

A utilização da bússola como instrumento de localização sobre a Terra, parte do princípio de que o Campo Magnético da Terra (CMT) se aproxima do campo magnético gerado por um ímã permanente alinhado com o eixo de rotação, onde é possível distinguir um “pólo magnético norte”, um “pólo magnético sul” e um “equador magnético”, à semelhança do que ocorre com as referências geográficas.

Neste sentido, podemos falar de *meridiano magnético* como a projeção, na superfície da Terra, das linhas de força do Campo Magnético. A *declinação* pode ser definida como o ângulo que em cada ponto o meridiano geográfico faz e o meridiano magnético. A *inclinação* será o ângulo dessas linhas de força com o plano que é tangente à Terra no ponto de observação.

Uma inclinação de  $90^\circ$  corresponde ao pólo magnético norte, da mesma maneira que uma inclinação de  $-90^\circ$  corresponde ao pólo magnético sul. O equador magnético é constituído pelo conjunto de pontos de inclinação nula.

Note-se que se bem que o CMT se possa considerar como aproximadamente dipolar, o eixo magnético não coincide em regra com o eixo geográfico e - o que é o mesmo - os pólos magnéticos afastam-se sensivelmente dos pólos geográficos.

Sendo o CMT um campo vetorial, a sua medição exige o conhecimento da sua amplitude e dos dois ângulos - declinação e inclinação - ou a medição das suas três componentes num referencial conhecido.

É habitual utilizar-se um referencial cartesiano local para cada ponto de observação, em que o eixo dos  $zz$  coincide com a vertical (positivo para cima), o eixo dos  $xx$  com o meridiano geográfico (positivo para norte) e o eixo dos  $yy$  com um paralelo (positivo para este). A componente vertical é habitualmente designada por  $Z$ , a componente sul-norte por  $X$  e a componente oeste-leste por  $Y$ .

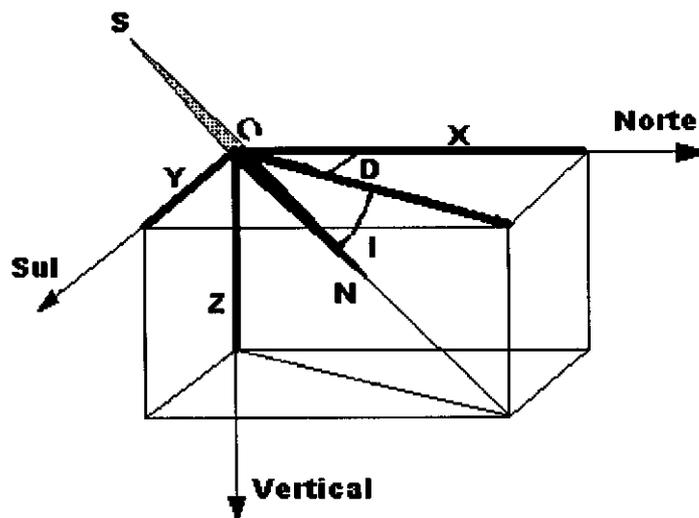


Fig. 1.2 – Componentes do Campo Magnético da Terra

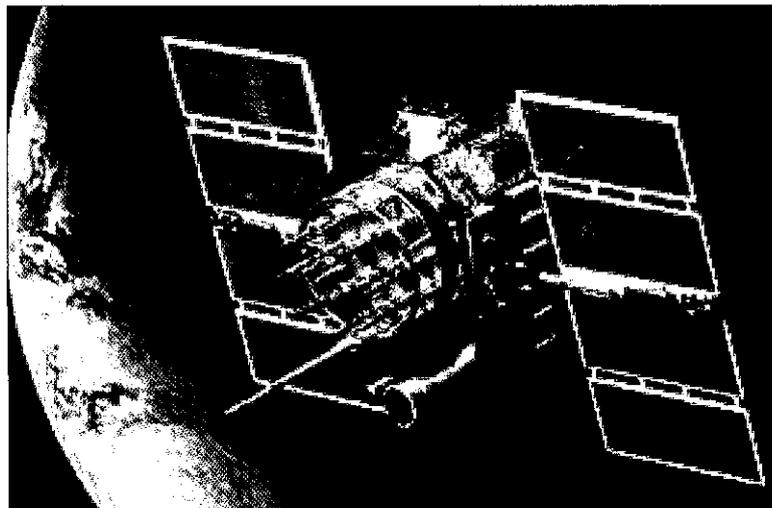
Fonte: [http://pt.wikipedia.org/wiki/Campo\\_magnetico\\_da\\_terra#Campo\\_magnetico\\_da\\_terra](http://pt.wikipedia.org/wiki/Campo_magnetico_da_terra#Campo_magnetico_da_terra)



## 2.2 O QUE É UM SATÉLITE?

Um satélite artificial é um sistema, artefato, que orbita em torno do nosso planeta, com altitude e velocidade constante. Geralmente os satélites estão equipados com meios radioelétricos e são dotados de energia, dispondo ou não um sistema de controle remoto.

Na mais corrente das aplicações, quando se emitem sinais na direção de um satélite, estes sinais são recebidos pelo receptor do satélite que os amplifica, converte espectralmente, podendo desmodular ou processar, quer pelo receptor do satélite que os amplifica, quer comandos, quer os sinais terrestres, que os reenvia através da cadeia emissora do satélite, como sinais destinados a todas as estações que operarem no mesmo espectro radioelétrico do satélite. Na mesma ocasião, em qualquer lugar do mundo que esteja situado no horizonte artificial do satélite, outro amador ou utilizador, pode receber os sinais de rádio e responder o chamador. É assim que se processa uma retransmissão aeroespacial, ou como em síntese, pode funcionar um satélite por mais elementar que ele seja.



Navstar GPS

**Figura 1: Satélite em Órbita**

Fonte: <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/3/3e/Navstar-2.jpg/200px-Navstar-2.jpg>



## **2.2.1 CLASSIFICAÇÃO DOS SATÉLITES**

O setor industrial da exploração comercial de satélites, está hoje mais dedicado à colocação de satélites no espaço em órbitas geo-estacionários, e com massas úteis que podem variar entre 1000 Kg e mais de 5 toneladas onde se podem incluir as estações orbitais tripuladas.

Mas a evolução das engenharias aeroespacial e eletrônica tem permitido potenciar e explorar tecnologias alternativas, que permitam entre outras, reduzirem substancialmente o tamanho e aumentar a eficiência dos satélites. Estas condições permitem reduzir o tamanho dos satélites de tal forma que são hoje classificados da seguinte forma:

Satélites Grandes: possuem mais do que 1000Kg

Satélites Médios: entre 500Kg e 1000Kg

Satélites Pequenos: menos de 500Kg, estes por sua vez tem uma subdivisão:

Minisatélites: entre 100Kg e 200Kg

Microsatélites: entre 10Kg e 100Kg

Nanosatélites: entre 1Kg e 10Kg

Picosatélites: entre 100g e 1Kg

Femtosatélites: menores do que 100g

A tecnologia empregue nos satélites pequenos, possibilita outras aplicações como a simulação de satélites através do vôo passivo de balões na alta atmosfera terrestre, ou em aeronaves elétricas controladas remotamente nos vôos atmosféricos acima dos 10.000 metros de altitude, num espaço onde os aviões convencionais já não podem voar. Tudo isto permite desenvolver aplicações novas e conhecimentos susceptíveis de levarem à moderna exploração do espaço, facilitando o desenvolvimento tecnológico do espaço, facilitando o desenvolvimento tecnológico terrestre, com maior rapidez e rotação na renovação dos sistemas e utilizações, que permitem novas soluções, melhorias e inovações constantes.

## 2.2.2 OS SATÉLITES E SUAS ÓRBITAS

Os satélites dispõem basicamente de dois tipos de órbitas terrestres: a circular e a elíptica.

A órbita circular é efetuada pelos satélites que orbitam a Terra de forma circular, ou seja, aqueles que mais ou menos conseguem manter a mesma distância em relação à Terra, entre os pólos e o equador, com movimento e altitude orbital constantes em relação à superfície terrestre. Esta é a mais comum e conhecida das órbitas.

Os satélites que efetuam órbitas elípticas têm uma característica peculiar porque permanecem a orbitar mais tempo sobre a mesma localização terrestre, focando o mesmo horizonte artificial durante várias horas ou dias, pelo fato das suas órbitas serem bastante mais extensas e longínquas da Terra, quer a partir dos pólos, quer do Equador. Existe um terceiro tipo de órbita, que é denominada por geo-estacionária, em virtude do satélite acompanhar o movimento de rotação e permanecer focado no mesmo horizonte terrestre.

## 2.2.3 OS PEQUENOS SATÉLITES

A estrutura modular dos pequenos satélites é muito reduzida, sendo em geral constituída por funções elementares, tais como:

### **a) Estrutura Mecânica do Satélite:**

A mecânica estrutural do satélite é a base de suporte que mantém fixados na órbita, estabilizados e climatizados, todos os aspectos modulares do sistema do satélite. Incorpora a fixação exterior dos painéis solares, antenas e propulsão (nos casos em que ela existe), a fixação e climatização interior das baterias, sistemas energéticos, módulos radioelétricos e eletrônica de controle. Da estrutura fazem ainda parte, as partes de proteção contra radiações.

### **b) Sistema de Energia:**

A energia do satélite está baseada na transformação da energia solar em energia elétrica, através da sua captura, armazenamento da corrente contínua, gestão e proteção dos



circuitos. A gestão e proteção incluem o controle da capacidade, a medida da corrente nominal de cada sistema e subsistema, a sua comutação e desligamento

quando se torna necessário. A proteção dos circuitos inclui a filtragem e distribuição de todas as componentes de corrente contínua, necessária para alimentar o satélite com todos os seus sistemas modulares, de baixo ruído, e de alta potência.

***c) Telemetria e Telecomando TM/TC do Satélite:***

O sistema de telecomando do satélite tem por função permitir o controle integrado do satélite em termos dos sistemas radioelétricos e da própria aeronave, de modo a tornar efetiva as medidas de segurança e controle de cada um dos sistemas de rádio e energia, como seletores de antenas ou interruptores de baterias, incluindo outras tarefas mais elaboradas, como novas versões de software para o computador de bordo destinadas a diversificadas funções de gestão.

***d) Determinação e Controle de Atitude do Satélite:***

O equipamento dedicado ao serviço de *Attitude Determination and Control System* ADCS é em geral um sistema complexo e caro do ponto de vista financeiro, contudo, pode trazer vantagens econômicas de exploração do satélite. O desenvolvimento dos sistemas de satélites pequenos dispensou de algum modo o ADCS, substituindo-o por sistemas passivos de estabilização magnética, por não necessitarem de energia e controle remoto permanente. O sistema magnético de estabilização passiva de uma aeronave orbital, é necessário para fixar e estabilizar a posição relativa do satélite, como das antenas em relação ao solo, e foi muito aplicado nos microsatélites da AMSAT durante os anos de 1990.

Quando os regimes de funcionamento térmico e energético do satélite estão fixados e estabilizados, a fixação num eixo, dos pontos de inércia do satélite, são facilmente controlados, através do gradiente de gravidade ou boom aerodinâmico para a estabilização passiva de um satélite fixado em regime orbital *LEO low earth orbit*. Nestas condições o efeito gradiente da gravidade terrestre tenderá a alinhar o satélite ou a aeronave pelo maior eixo do campo gravitacional. Os sistemas de controle ativo utilizam rodas de reação para gerarem um torque magnético, mas são sistemas que consomem uma energia considerável.

***e) Determinação e Controle Orbital do Satélite:***

O controle orbital é relativamente comum em satélites de massa superior a 500 kg, mas muito menos comum nos minisatélites de massa inferior a 200 kg. Geralmente os satélites com controle orbital são equipados com sistemas de motorização remotamente controlados, denominados por *cold-gas propulsion*, que utilizam Nitro.

***f) Sistemas de Rádio, Comando e Comunicações:***

Todas as ligações interativas com o satélite em órbita são feitas a partir de uma estação terrena de controle e comando. Esta ligação é geralmente disposta com múltiplos acessos, que são conferidos a cada um dos seus utilizadores e está baseada num conjunto de ligações por rádio. Para isso estão disponíveis no satélite um ou mais links de rádio que são distribuídos de acordo com um conveniente plano de frequência, fixados numa ou mais bandas.

Nestas condições, qualquer satélite dispõem de pelo menos, um emissor e um receptor, através do qual se podem fazer serviços e simultaneamente dirigir e receber ações de controle seletivo do satélite.

Externamente o satélite está equipado com um conjunto de sistemas irradiantes.

As antenas do satélite podem ser uma ou diversas, sendo instaladas de acordo com o referido plano de frequências do satélite.



### **CAPÍTULO 3 – PEQUENOS SATÉLITES NO BRASIL**

Atualmente, o interesse em desenvolvimento de satélites está voltado para equipamentos menores, mais sofisticados e com menos de 10kg, os nanosatélites. Os nanosatélites têm a vantagem de poderem ser utilizados em missões rápidas e baratas, como é o caso do monitoramento ambiental de algumas regiões do nosso planeta. Ainda por cima oferecem a qualquer país a chance de poder ter seu próprio satélite no espaço. Além disso, esse tipo de satélite abre para as pequenas companhias ou institutos de pesquisa uma chance de competir com os gigantes espaciais.

A nanotecnologia possui uma contribuição estratégica nesse setor, pois abre possibilidades para o domínio de tecnologia de ponta utilizada nesses pequenos satélites. Essa tecnologia tem grande importância, pois permite o desenvolvimento de materiais mais leves e mais resistentes a certas restrições, como altas temperaturas, radiação, etc. Dessa forma, através de pesquisas neste setor aeroespacial, aumentam as possibilidades de desenvolvimento desses pequenos satélites, os quais podem ser projetados com massa entre 1 e 10 Kg. Sendo assim, os mesmos incorporam novos avanços tecnológicos que permitem a construção de sistemas espaciais confiáveis, de alto desempenho e ao mesmo tempo mais econômicos, possibilitando também a realização de projetos educacionais e de treinamento.



Em nosso País, temos, através da pesquisa, grandes possibilidades de desenvolver nanosatélites, e até mesmo a classe dos CubeSats, os quais são cubos de aproximadamente 10 cm<sup>3</sup> e massa aproximada de 1 Kg. Como exemplo de satélites desse porte desenvolvidos no Brasil conforme descritos anteriormente neste trabalho, temos o nanosatélite Unosat, que apesar de todas as dificuldades, foi projetado e construído inteiramente em uma universidade através de estudantes com a orientação de professores, sendo um ótimo programa educacional e de treinamento. Outro exemplo que podemos mencionar é o 14 Bissat, o qual foi desenvolvido por estudantes no Estado do Paraná em parceria com uma universidade Ucraniana, estando atualmente em estado final de testes na Ucrânia, onde brevemente será realizado seu lançamento.

Com certeza, nosso País tem muita capacidade e estudantes interessados em realizar esse tipo de atividade. A principal dificuldade encontrada para desenvolvê-las é a falta de recursos para pesquisa e desenvolvimento, já que há pouco investimento e apoio nestas atividades por parte da AEB e boicote de todos os incentivos do CRS/CIE/INPE - MCT, em conjunto com o LACESM/CT - UFSM, por parte da Diretoria do INPE/MCT.



## **CAPÍTULO 4 – CONCLUSÃO**

Com este Relatório o bolsista pode demonstrar as atividades desenvolvidas, basicamente sua revisão bibliográfica, junto ao Projeto de Miniaturização de Satélites do CRS/CIE/INPE - MCT, no período de Março de 2008 a Junho de 2008.

A pesquisa não pode ser mais bem elaborada, pois o bolsista está iniciando no processo de iniciação científica.

Com estas atividades o bolsista desenvolveu habilidades de pesquisa, tanto em trabalhos de grupo como individuais. Os conhecimentos adquiridos nessas pesquisas bibliográficas foram de grande importância, uma vez que estas atividades não são ministradas nas ementas das disciplinas do Curso de Engenharia Mecânica da UFSM. Estes estudos foram importantes para o crescimento profissional e pessoal da bolsista, tanto no aprimoramento técnico como no seu desenvolvimento em áreas de formação pessoal, como liberdades pessoais, auto-estima, autoconfiança, principalmente aprimorando suas habilidades de autodidatismo, liderança, iniciativa e criatividade.



## **AGRADECIMENTOS**

Gostaria de agradecer a meu orientador, Dr. Ijar Milagre da Fonseca e a meu Co-Orientador Dr. Nelson Jorge Schuch pelo apoio prestado em todas as dificuldades encontradas no decorrer do trabalho desenvolvido.

Não poderia deixar de mencionar, e agradecer aos meus colegas e acadêmicos do curso de Engenharia Mecânica: Silvano Lucas Prochnow, Lucas Lopes Costa e Rafael Lopes Costa que muito contribuíram no desenvolvimento das atividades.

Meus sinceros agradecimentos pela aprovação do projeto e de minha substituição do aluno anterior e ao Dr. José Carlos Becceneri, Coordenador do Programa PIBIC/INPE CNPq/MCT, que oportunizaram a dar os primeiros passos na pesquisa científica e tecnológica e um grande crescimento pessoal.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Stancato, F.; **Unosat: The First Brazilian University Nanosatellite**; Universidade do Norte do Paraná.

[2] Stancato, F.; Prodsan, Y.; **14 Bissat, an International Student Experience**; Faculdade Metropolitana Londrinense; Phd Student at Dniepropetrovsk National University, Dniepropetrovsk, Ukraine.

[3] Vaneta, P. V.; Culver, H.; Gagosian, J.; Johnson, M; Kellogg, J.; Mangus, D.; Michalek, T.; Sank, V.; Tompkins, S.; **NASA/GSFC Nano-Satellite Technology Development**; NASA-GSFC, Greenbelt, Maryland.

[4] Melro, A. R.; **Programa SSeti**; Faculdade de Engenharia da Universidade de Porto.

[5] Páginas na rede internet:

1. <http://www.wikipedia.com.br>
2. <http://www.stec2005.space.aau.dk/?sessions>
3. <http://www.space.unopar.br/>
4. <http://paginas.fe.up.pt/ssetiexpress/>
5. <http://centaur.sstl.co.uk/SSHHP/nano/index.html>
6. [http://www2.uol.com.br/ecologia/pesquisa-public/ecologia/ecologia\\_89\\_destaque.htm](http://www2.uol.com.br/ecologia/pesquisa-public/ecologia/ecologia_89_destaque.htm)
7. <http://www.sat.cnpm.embrapa.br/satelite/saci.html>
8. <http://inventabrasilnet.t5.com.br/satscd.htm>
9. [http://www.cbbers.inpe.br/pt/programas/p\\_satelites.htm](http://www.cbbers.inpe.br/pt/programas/p_satelites.htm)
10. [http://www.inpe.br/pesquisa\\_e\\_desenvolvimento/ete.htm](http://www.inpe.br/pesquisa_e_desenvolvimento/ete.htm)