



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
**INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS**

## **RECEPTORES PARA O SISTEMA GALILEO**

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

**PROCESSO N° 105400/2005-0**

**Rodrigo Gerlach Silva** (UFSM, Bolsista PIBIC/INPE - CNPq/MCT, Março de 2007 –  
Julho de 2007)

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

**Viviane Cassol Marques** (UFSM, Agosto de 2006 – Fevereiro de 2007)

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

**Dr. Otavio Santos Cupertino Durão** (Orientador, CPA/INPE – MCT)

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

**Dr. Nelson Jorge Schuch** (Co-Orientador, CRS/INPE – MCT)

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

Santa Maria, Julho de 2007



## **DADOS DE IDENTIFICAÇÃO**

Bolsista: Viviane Cassol Marques, Substituída, período 08/2006 a 02/2007.

Curso de Engenharia Mecânica  
Laboratório de Ciências Espaciais de Santa Maria  
LACESM/CT – UFSM  
Centro de Tecnologia – CT/UFSM  
Universidade Federal de Santa Maria – UFSM  
Santa Maria - RS

Bolsista: Rodrigo Gerlach Silva, período 03/2007 a 07/2007

Curso de Engenharia Mecânica  
Laboratório de Ciências Espaciais de Santa Maria  
LACESM/CT – UFSM  
Centro de Tecnologia – CT/UFSM  
Universidade Federal de Santa Maria – UFSM  
Santa Maria - RS

Orientador:

Dr. Otavio Santos Cupertino Durão  
Departamento de Mecânica Espacial e Controle – DMC/INPE – MCT

Co-Orientador:

Dr. Nelson Jorge Schuch  
Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais – CRSPE/INPE – MCT

Processo CNPq N°

Colaboradores:

Jean Carlos Daroit - Curso de Engenharia Mecânica da UFSM vinculado ao LACESM/CT - UFSM.

Rodrigo Gerlach Silva - Curso de Engenharia Mecânica da UFSM vinculado ao LACESM/CT - UFSM.

Viviane Cassol Marques – Curso de Engenharia Mecânica da UFSM vinculada ao LACESM/CT - UFSM.

Local de Trabalho/Execução do Projeto:

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

Agência Financiadora:

Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq/MCT junto ao Programa PIBIC/INPE – CNPq/MCT

---

Identificação		Recursos Humanos		Linhas de Pesquisa		Indicadores do Grupo			
  <p style="text-align: center;"><b>Diretório dos Grupos de Pesquisa no Brasil</b></p> <p style="text-align: center;"><b>Grupo de Pesquisa</b> <b>Astrofísica - Radioastronomia</b></p> <div style="text-align: right; border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 0 auto;">             Aguardando certificação da instituição ?         </div>									
<b>Identificação</b>									
<b>Dados básicos</b>									
Nome do grupo: Astrofísica - Radioastronomia									
Status do grupo: <b>aguardando certificação pela instituição</b>									
Ano de formação: 1986									
Data da última atualização: 14/06/2007 11:18									
Lider(es) do grupo: Nelson Jorge Schuch - <a href="mailto:nelson.schuch@pq.cnpq.br">nelson.schuch@pq.cnpq.br</a> Natanael Rodrigues Gomes - <a href="mailto:natanael.gomes@lacesm.ufsm.br">natanael.gomes@lacesm.ufsm.br</a>									
Área predominante: Ciências Exatas e da Terra; Astronomia									
Instituição: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE									
órgão: Coordenação de Gestão Científica - CIE <span style="float: right;">Unidade: Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais - CRS</span>									
<b>Endereço</b>									
Logradouro: Caixa Postal 5021									
Bairro: Camobi <span style="float: right;">CEP: 97110970</span>									
Cidade: Santa Maria <span style="float: right;">UF: RS</span>									
Telefone: 33012026 <span style="float: right;">Fax: 33012030</span>									
E-mail: <a href="mailto:njschuch@lacesm.ufsm.br">njschuch@lacesm.ufsm.br</a> <span style="float: right;">Home page: <a href="http://">http://</a></span>									
<b>Repercussões dos trabalhos do grupo</b>									
<p>O Grupo de Pesquisa - Astrofísica e Radioastronomia do Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais - CRS/CIE/INPE-MCT, em Santa Maria, RS, colabora com pesquisadores do: INPE, CRAAM-Universidade P. Mackenzie, DMB/CBUI/USP e LACESM-UFSM. Linhas de Pesquisas: ASTROFÍSICA E RADIOASTRONOMIA, ANTENAS E MECATRÔNICA E ELETRÔNICA E RADIOFREQUÊNCIA. Áreas de interesse da Astrofísica: Sistema Solar, Galáctica e Extra-Galáctica; Cosmologia Observacional; Alta Energia: Partículas &amp; Campos; Relativística &amp; Gravitação; Exobiologia. Instrumentação Radioastronômica: Objetiva a instalação de rádio-interferômetro de longa linha-de-base e estações do Sistema LOFAR no Observatório Espacial do Sul - OES/CRS/CIE/INPE-MCT, em São Martinho da Serra, RS, banda de frequência 10-240 MHz. Objetivos: Mapear o Hemisfério Sul, com superposição no Hemisfério Norte, comparando com os levantamentos: (Universidade de Cambridge-6C,7C,7C(G)), NVSS(NRAO-VLA Sky Survey)e LOFAR, analisando a Esfera Celeste entre 10-240 MHz; Cosmologia Observacional, contagem de rádio-fontes a níveis fracos de densidades de fluxo em baixas frequências; Pesquisar fontes variáveis, como pulsares e radiofontes de natureza não sincrônica; Procura por radiofontes gigantes, radiogaláxias e por aglomerados de radiofontes, a exemplo de aglomerados de galáxias; Procura de radiofontes com o interior "morto", com lóbulos ativos; Procura de emissões no contínuo entre 110-240 MHz de regiões galácticas HII, complexas, não compactas; Procura de aglomerados e superaglomerados de galáxias, procura de evidência de matéria intergaláctica na forma de rádio-halos; Procura de variabilidade de radiofontes em baixas frequências; Mapear a Galaxy e as Nuvens de Magalhães entre 110 e 240 MHz; Pesquisar a Radiação Cósmica de Fundo entre 110-240 MHz; Meio Interestelar, Radiação não-térmica de planetas - Júpiter, Vento Solar e Clima Espacial; Cintilação Interplanetária. Vice-Líderes: Natanael R. Gomes, Ademair Michels.</p>									
<b>Recursos humanos</b>									
<b>Pesquisadores</b> <span style="float: right;">Total: 11</span>									
<table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> <a href="#">Ademar Michels</a>  <a href="#">Alisson Dal Lago</a>  <a href="#">Ezequiel Echer</a>  <a href="#">Jean Pierre Ravulin</a>  <a href="#">José Williams dos Santos Vilas Boas</a>  <a href="#">Marcelo Barcellos da Rosa</a> </td> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> <a href="#">Natanael Rodrigues Gomes</a> - (líder)  <a href="#">Nelson Jorge Schuch</a> - (líder)  <a href="#">Norberto Ulisses de Vasconcellos Oliveira</a>  <a href="#">Orimar Antonio Battistel</a>  <a href="#">Otavio Santos Cupertino Durão</a> </td> </tr> </table>								<a href="#">Ademar Michels</a> <a href="#">Alisson Dal Lago</a> <a href="#">Ezequiel Echer</a> <a href="#">Jean Pierre Ravulin</a> <a href="#">José Williams dos Santos Vilas Boas</a> <a href="#">Marcelo Barcellos da Rosa</a>	<a href="#">Natanael Rodrigues Gomes</a> - (líder) <a href="#">Nelson Jorge Schuch</a> - (líder) <a href="#">Norberto Ulisses de Vasconcellos Oliveira</a> <a href="#">Orimar Antonio Battistel</a> <a href="#">Otavio Santos Cupertino Durão</a>
<a href="#">Ademar Michels</a> <a href="#">Alisson Dal Lago</a> <a href="#">Ezequiel Echer</a> <a href="#">Jean Pierre Ravulin</a> <a href="#">José Williams dos Santos Vilas Boas</a> <a href="#">Marcelo Barcellos da Rosa</a>	<a href="#">Natanael Rodrigues Gomes</a> - (líder) <a href="#">Nelson Jorge Schuch</a> - (líder) <a href="#">Norberto Ulisses de Vasconcellos Oliveira</a> <a href="#">Orimar Antonio Battistel</a> <a href="#">Otavio Santos Cupertino Durão</a>								
<b>Estudantes</b> <span style="float: right;">Total: 19</span>									
<table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> <a href="#">Carlos Roberto Braga</a>  <a href="#">Cleomar Pereira da Silva</a>  <a href="#">Eduardo Ceretta Dalla Favera</a>  <a href="#">Jean Carlos Daroit</a>  <a href="#">Jose Fernando Thuorst</a>  <a href="#">Lucas Lopes Costa</a>  <a href="#">Luzia Lux Lock</a>  <a href="#">Marcelo dos Santos Zastawny</a>  <a href="#">Marcos Vinicius Dias Silveira</a>  <a href="#">Micael da Silva Bacellar</a> </td> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> <a href="#">Nikolas Kemmerich</a>  <a href="#">Rafael Lopes Costa</a>  <a href="#">Roben Castagna Lunardi</a>  <a href="#">Rodrigo Gerlach Silva</a>  <a href="#">Samuel Martins da Silva</a>  <a href="#">Sandro Fettermann Bertagnolli</a>  <a href="#">Silvano Lucas Prochnow</a>  <a href="#">Tardelli Ronan Coelho Stekel</a>  <a href="#">Tiago Jaskulski</a> </td> </tr> </table>								<a href="#">Carlos Roberto Braga</a> <a href="#">Cleomar Pereira da Silva</a> <a href="#">Eduardo Ceretta Dalla Favera</a> <a href="#">Jean Carlos Daroit</a> <a href="#">Jose Fernando Thuorst</a> <a href="#">Lucas Lopes Costa</a> <a href="#">Luzia Lux Lock</a> <a href="#">Marcelo dos Santos Zastawny</a> <a href="#">Marcos Vinicius Dias Silveira</a> <a href="#">Micael da Silva Bacellar</a>	<a href="#">Nikolas Kemmerich</a> <a href="#">Rafael Lopes Costa</a> <a href="#">Roben Castagna Lunardi</a> <a href="#">Rodrigo Gerlach Silva</a> <a href="#">Samuel Martins da Silva</a> <a href="#">Sandro Fettermann Bertagnolli</a> <a href="#">Silvano Lucas Prochnow</a> <a href="#">Tardelli Ronan Coelho Stekel</a> <a href="#">Tiago Jaskulski</a>
<a href="#">Carlos Roberto Braga</a> <a href="#">Cleomar Pereira da Silva</a> <a href="#">Eduardo Ceretta Dalla Favera</a> <a href="#">Jean Carlos Daroit</a> <a href="#">Jose Fernando Thuorst</a> <a href="#">Lucas Lopes Costa</a> <a href="#">Luzia Lux Lock</a> <a href="#">Marcelo dos Santos Zastawny</a> <a href="#">Marcos Vinicius Dias Silveira</a> <a href="#">Micael da Silva Bacellar</a>	<a href="#">Nikolas Kemmerich</a> <a href="#">Rafael Lopes Costa</a> <a href="#">Roben Castagna Lunardi</a> <a href="#">Rodrigo Gerlach Silva</a> <a href="#">Samuel Martins da Silva</a> <a href="#">Sandro Fettermann Bertagnolli</a> <a href="#">Silvano Lucas Prochnow</a> <a href="#">Tardelli Ronan Coelho Stekel</a> <a href="#">Tiago Jaskulski</a>								
<b>Técnicos</b> <span style="float: right;">Total: 3</span>									
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 - Graduação - Analista de Sistemas									
<b>Linhas de pesquisa</b> <span style="float: right;">Total: 3</span>									
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <a href="#">Antenas e Mecatrônica</a></li> <li>• <a href="#">Astrofísica e Radioastronomia</a></li> <li>• <a href="#">Eletrônica e Radiofrequência</a></li> </ul>									
<b>Empresas associadas ao grupo</b> <span style="float: right;">Total: 0</span>									
<b>Indicadores de recursos humanos do grupo</b>									
		<b>Integrantes do grupo</b>				<b>Total</b>			
Pesquisador(es)						11			
Estudante(s)						19			
Técnico(s)						3			



Diretório dos Grupos de Pesquisa no Brasil



Linha de Pesquisa  
**Antenas e Mecatrônica**

**Linha de pesquisa**

**Antenas e Mecatrônica**

Nome do grupo: [Astrofísica - Radioastronomia](#)

Palavras-chave: Antenas e Mecatrônica; Mecânica Fina; Sistemas de Automação; Sistemas de Controle; Sistemas de Robótica, Artefatos Espaciais; Sistemas de Servomecanismos;

**Pesquisadores:**

[Ademar Michels](#)  
[Jean Pierre Raulin](#)  
[José Williams dos Santos Vilas Boas](#)  
[Natanuel Rodrigues Gomes](#)  
[Nelson Jorge Schuch](#)  
[Norberto Ulisses de Vasconcellos Oliveira](#)  
[Otavio Santos Cupertino Durao](#)

**Estudantes:**

[Cleomar Pereira da Silva](#)  
[Jean Carlos Daroit](#)  
[Lucas Lopes Costa](#)  
[Rafael Lopes Costa](#)  
[Rodrigo Gerlach Silva](#)  
[Silvano Lucas Prochnow](#)

**Árvore do conhecimento:**

Engenharias; Engenharia Mecânica; Projetos de Máquinas; Controle de Sistemas Mecânicos;  
Engenharias; Engenharia Elétrica; Medidas Elétricas, Magnéticas e Eletrônicas; Instrumentação; Instrumentação Eletromecânica;  
Engenharias; Engenharia Mecânica; Antenas, Interferometria;

**Setores de aplicação:**

Aeronáutica e espaço

**Objetivo:**

Coordena pesquisas de Engenharia Mecânica, Mecânica Fina e Mecatrônica desenvolvendo tecnologias, antenas e equipamentos para sistemas integrados de radiointerferometria e Sistema LOFAR para instalação no Observatório Espacial do Sul. Atuação em sistemas: de antenas receptoras e/ou transmissoras, de automação, de controle, de servomecanismos complexos, de robótica, confecção de peças e de equipamentos radioastronômicos. Vice-Líder: Ademar Michels.



## SUMÁRIO

<b>DADOS DE IDENTIFICAÇÃO</b>	<b>2</b>
<b>RESUMO</b>	<b>7</b>
<b>CAPÍTULO 1</b>	<b>8</b>
1.1 INTRODUÇÃO	8
1.2 OBJETIVOS DO PROJETO	8
<b>CAPÍTULO 2</b>	<b>10</b>
<b>FUNCIONAMENTO DOS SISTEMAS DE NAVEGAÇÃO POR SATÉLITES</b>	<b>10</b>
2.1 INTRODUÇÃO	10
2.2 GEOMETRIA ORBITAL	10
2.3 TRIANGULARIZAÇÃO	12
<b>CAPÍTULO 3</b>	<b>14</b>
<b>SISTEMAS GNSS</b>	<b>14</b>
3.1 GPS	14
3.1.1 ASPECTOS GERAIS	14
3.1.1.1 SEGMENTO DE CONTROLE	15
3.1.1.2 SEGMENTO DE USUÁRIOS	16
3.2 GALILEO	17
3.2.1 ASPECTOS GERAIS	17
3.2.2 SISTEMA GALILEO	18
3.2.2.1 SEGMENTO ESPACIAL	20
3.2.2.2 SEGMENTO DE SOLO	22
3.2.3 SEGMENTO DO USUÁRIO	24
<b>CAPÍTULO 4 ASPECTOS DOS SINAIS DOS SISTEMAS GNSS</b>	<b>26</b>
4.1 SINAIS DO SISTEMA GPS	26
4.1.1 RANDOM CODE – CÓDIGO ALEATÓRIO	26
4.2 SINAIS DO SISTEMA GALILEO	27
4.2.1 DESCRIÇÃO DO SINAL NO ESPAÇO	27
<b>CAPÍTULO 5</b>	<b>31</b>
<b>RECEPTORES</b>	<b>31</b>
5.1 RECEPTORES GPS	31
<b>CAPÍTULO 6</b>	<b>34</b>
<b>COMPARAÇÃO ENTRE REQUISITOS DE RECEPTORES GALILEO</b>	<b>34</b>
6.1 TESTE DO RECEPTOR DE GALILEO	34
6.2 GERADOR DE SINAL DO TESTE DE GALILEO (GTS)	37
6.2.1 DEMOSTRAÇÃO DO RECEPTOR DE GALILEO	38
6.2.2 RESULTADOS PREVISTOS	39
6.2.3 INSTALAÇÃO DE TESTE COM GTS	40
6.2.4 RESULTADOS DE TESTE COM GTS	41

---



6.3 DESEMPENHO À TERRA DO RECEPTOR DA REFERÊNCIA DA ESTAÇÃO _____	43
6.3.1 DESEMPENHOS CRÍTICOS _____	45
6.3.2 CÓDIGO E ERRO SEGUINDO DO PORTADOR _____	46
6.3.3 SUAVIZAÇÃO DA INTERFERÊNCIA _____	46
6.4 VISTA GERAL DO SIMULADOR DO SOFTWARE _____	48
<b>CAPÍTULO 7 POSSÍVEIS OPORTUNIDADES DE PARTICIPAÇÃO</b>	
<b>BRASILEIRA _____</b>	<b>49</b>
<b>CONCLUSÃO _____</b>	<b>51</b>
<b>AGRADECIMENTOS _____</b>	<b>52</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS _____</b>	<b>53</b>
<b>ATIVIDADES COMPLEMENTARES – PARTICIPAÇÃO E APRESENTAÇÃO EM CONGRESSOS E EM SEMINÁRIOS _____</b>	<b>55</b>
<b>ANEXO I _____</b>	<b>77</b>

---



## RESUMO

Este Relatório visa descrever as atividades de Iniciação Científica e Tecnológica vinculada ao Programa PIBIC/INPE–CNPq–MCT, desenvolvidas pelos bolsistas **Viviane Cassol Marques e Rodrigo Gerlach Silva**, acadêmicos do Curso de Engenharia Mecânica, do Centro de Tecnologia, da Universidade Federal de Santa Maria – UFSM, durante o período de **Agosto de 2006 à Julho de 2007**, no Projeto **“Receptores para o Sistema Galileo”**, junto ao Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais – CRSPE/INPE-MCT, executadas no âmbito da parceria: INPE/MCT – UFSM, através do Laboratório de Ciências Espaciais de Santa Maria. As atividades foram realizadas no Laboratório de Mecânica Fina, Mecatrônica e Antenas – LAMEC/LACESM/CRSPE/INPE-MCT, em Santa Maria, RS.

---



## CAPÍTULO 1

### 1.1 INTRODUÇÃO

A Navegação por Satélites é uma tecnologia que permite que qualquer pessoa com um receptor determine sua posição com alta acuracidade a qualquer tempo e em qualquer lugar através da recepção de sinais provenientes de uma constelação de satélites. Atualmente, o Sistema Global de Posicionamento – GPS, dos Estados Unidos da América e o Russo – GLONASS são os únicos sistemas operacionais de navegação por satélites. A Europa começou a desenvolver um terceiro sistema global, conhecido como ‘Galileo’.

No final do Relatório, no Anexo I, são relacionados os trabalhos apresentados pela bolsista **Viviane Cassol Marques** em congressos e seminários de iniciação e científica e tecnológicos.

### 1.2 OBJETIVOS DO PROJETO

Este Projeto de Pesquisa tem como objetivo fazer um estudo sobre requisitos para os receptores a serem utilizados para o Sistema Galileo de navegação, ora em implantação pela Agência Espacial Européia – ESA, e a possibilidade e ou viabilidade destes receptores serem fornecidos pela indústria nacional, e para quais aplicações e precisões.

Para chegar a estes resultados, os bolsistas deverão levantar informações sobre o sistema Galileo sendo desenvolvido na Europa, as características de seu sinal e compará-los com sistemas e receptores já existentes como o Sistema GPS, dos Estados Unidos da América e o GLONASS, da Rússia. Deverá fazer comparações de capacidade de precisão de localização, características, requisitos e evoluções que devem ser atendidas pelos receptores do novo Sistema de Posicionamento por Satélites Galileo sendo desenvolvido pela ESA.

Outro importante objetivo deste trabalho é a identificação de diferenças dos receptores que serão utilizados para o Sistema Galileo e sistemas similares, como o

---



GPS, ou semelhanças necessárias para a fabricação de receptores que poderão receber sinais provenientes dos dois sistemas citados anteriormente.

Além de identificar também, possíveis oportunidades de participação do Brasil no desenvolvimento de receptores para os Sistemas GPS e Galileo na indústria.

## **CAPÍTULO 2**

# **FUNCIONAMENTO DOS SISTEMAS DE NAVEGAÇÃO POR SATÉLITES**

### **2.1 INTRODUÇÃO**

A idéia da utilização de corpos celestes para navegação acompanha o homem desde os primórdios da humanidade, e, ao que tudo indica, este continuará durante muito tempo utilizando corpos celestes para se orientar, mas, agora, utilizando corpos dispostos convenientemente no espaço e sob seu inteiro controle.

A navegação astronômica possui sérios inconvenientes, dentre os quais dependerem da observação de astros que precisam estar à disposição do usuário em qualquer ponto e a qualquer hora, e ser imprópria para obtenção, em tempo real, da posição de usuários em alta dinâmica. Em compensação, uma vantagem deste sistema é que ele pode ser utilizado por qualquer pessoa habilitada, sem pedir licença para ninguém.

O caminho para uma solução ampla foi dado através de pesquisas realizadas nas décadas de 70 e 80, pela Força Aérea dos Estados Unidos, que levaram ao desenvolvimento de um sistema de navegação por satélites denominado GPS (*Global Positioning System*). Os principais objetivos do GPS são:

- Auxílio à radio navegação em três dimensões com elevada precisão nos cálculos de posição, mesmo com usuários sujeitos a altas dinâmicas;
- Navegação em tempo real;
- Alta imunidade a interferências;
- Cobertura global, 24 horas por dia;
- Rápida obtenção das informações transmitidas pelos satélites.

Como o GPS os demais sistemas de navegação por satélites – GLONASS e Galileo funcionam segundo a geometria orbital e a triangularização.

### **2.2 GEOMETRIA ORBITAL**

---

Segundo as leis de Kepler, não considerando perturbações, as trajetórias dos satélites artificiais são órbitas elípticas, obedecem à lei das áreas e à lei harmônica.

Seis parâmetros, sendo cinco geométricos e um cinemático, chamados parâmetros ou elementos orbitais, caracterizam uma órbita elíptica:

- $\Omega$  - longitude do nodo ascendente;
- $I$  – inclinação;
- $\omega$  - argumento do perigeu;
- $a$  - semi-eixo maior;
- $e$  - excentricidade;
- $\tau$  - época ou tempo do perigeu.

Para definir estes elementos, Figura 2.1, consideremos um sistema de referência OXYZ, tri-ortogonal, com origem no centro da Terra, cujo plano fundamental é o Equador Terrestre, e com o eixo Z coincidindo com o eixo de rotação da Terra. O eixo X aponta para o ponto  $\Upsilon$  ou ponto vernal. Os dois primeiros elementos mencionados definem o plano orbital:

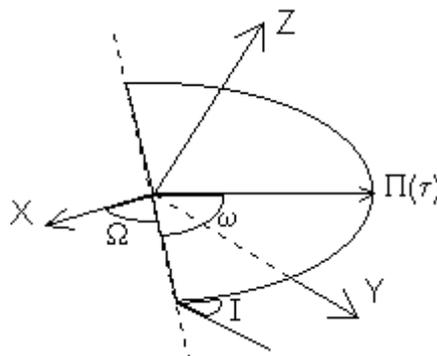
$\Omega$ .... ângulo entre o eixo X e o nodo ascendente (ponto em que o satélite cruza o plano equatorial dirigindo-se do hemisfério sul para o norte);

$I$ ..... ângulo entre o plano do equador e o plano da órbita do satélite.

O terceiro elemento fixa a posição da elipse no plano orbital:

$\omega$ ..... ângulo entre o nodo ascendente e o perigeu (ponto da elipse mais próximo do foco O).

Os elementos  $a$  e  $e$  fixam o tamanho e o achatamento da elipse. O tempo do perigeu  $\tau$  é o instante em que o satélite passa pelo perigeu.



**Figura 2.1 – Parâmetros Orbitais**

### 2.3 TRIANGULARIZAÇÃO

O funcionamento dos sistemas de navegação por satélites – GNSS – se baseia no princípio da triangularização, segundo o qual o observador conhece a posição de um conjunto de satélites em relação a um referencial inercial e a sua posição em relação a este conjunto, e obtém sua própria posição no sistema de referência. O sistema de referência utilizado pelo sistema GPS é o WGS ( WGS-72 até 1986 e WGS-84 a partir de 1987).

A Figura 2.2 apresenta os parâmetros básicos utilizados pelos GNSS na determinação da posição do usuário.

Definindo:

$\vec{R}_u$  = posição do usuário;

$\vec{r}_i$  = posição do i-ésimo satélite;

$\vec{\rho}_i$  = posição do usuário em relação ao i-ésimo satélite.

Assim, admitindo  $\vec{r}_i = ( X_i , Y_i , Z_i )$ , temos a relação :

$( X_u - X_i )^2 + ( Y_u - Y_i )^2 + ( Z_u - Z_i )^2 = \rho_i^2$  Cada satélite i transmite sua posição  $( X_i , Y_i , Z_i )$  e o instante de transmissão  $T_o$ .

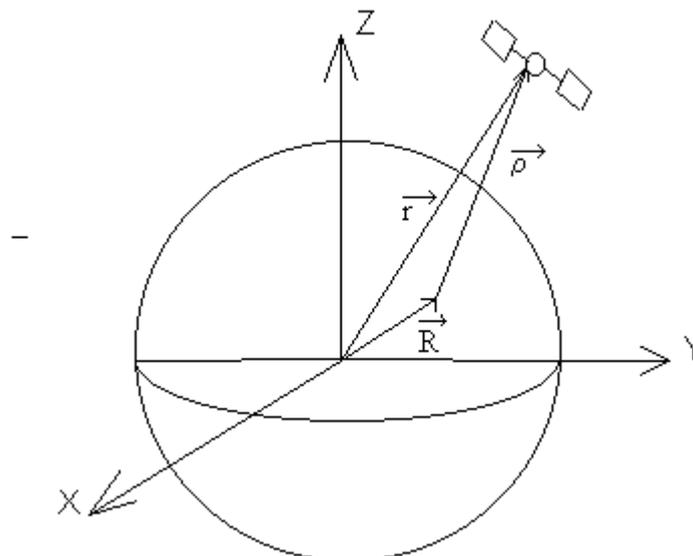


Figura 2.2 – O Princípio Básico do GPS

O usuário possui um receptor que mede os intervalos de tempo de propagação  $\Delta t_i$  decorridos a partir da transmissão do sinal pelo i-ésimo satélite:

$$\Delta t_i = T_i - T_a$$

Considerando uma perfeita sincronização dos relógios e desprezando os efeitos de distorção da ionosfera, efeitos relativísticos, temos:

$$P_i = c \cdot \Delta t_i, \text{ onde } c \text{ é a velocidade da luz.}$$

Se há desvios de sincronização dos relógios, teremos:

$P_i = \rho_i - b_a$ , onde:  $\rho_i$  é a pseudodistância do usuário ao i-ésimo satélite; e  $b_a$  é o erro correspondente ao desvio dos relógios.

Assim, necessitamos dos dados de quatro satélites observados simultaneamente, para obter um sistema de quatro equações, e determinar  $X_u$ ,  $Y_u$ ,  $Z_u$ ,  $b_u$ .

É importante ressaltar que, dependendo da geometria relativa dos satélites, o sistema de equações pode não ter solução. Além disso, se mais de quatro satélites são observados simultaneamente, existe um conjunto de quatro que fornece a solução com menor erro.

A mensagem transmitida por cada satélite ao usuário contém:

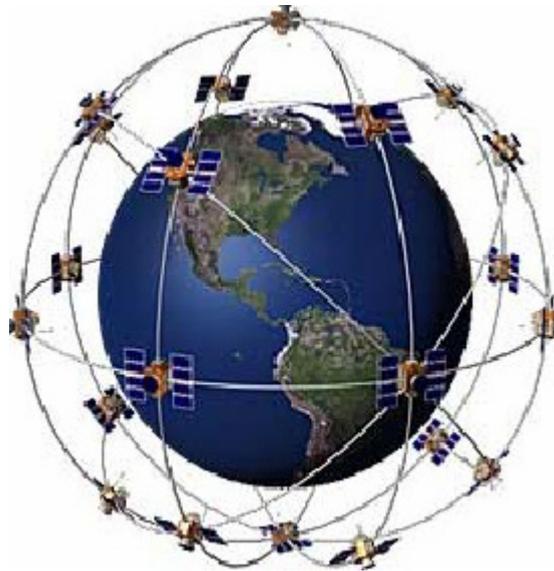
- Parâmetros para correção do relógio do satélite
- Efemérides do satélite
- Almanaque e "saúde" de todos os satélites
- Dados para correção da propagação ionosférica
- Parâmetros para correções orbitais
- Código de identificação

## CAPÍTULO 3 SISTEMAS GNSS

### 3.1GPS

#### 3.1.1 ASPECTOS GERAIS

A constelação de satélites GPS foi projetada para cumprir as finalidades de cálculo da posição, tempo e velocidade das naves americanas em qualquer tempo e em qualquer lugar. Para isso, é necessário que, em qualquer tempo e em qualquer lugar existam, pelo menos, 4 satélites visíveis para a antena, para que possam ser encontradas as 4 incógnitas desejadas, que são, as coordenadas X, Y e Z (latitude, longitude e altitude) do satélite mais o termo do erro dos relógios. Assim a constelação foi prevista como sendo distribuída em 6 planos orbitais defasados entre si de  $6^\circ$  e todos com  $55^\circ$  de inclinação em relação ao plano do Equador. Existem 4 satélites em cada plano orbital, defasados entre si de  $90^\circ$ , perfazendo um total de 24 satélites. Atualmente este número é maior, pois já foram lançados alguns satélites de substituição [2].



**Figura 3.1 – Distribuição espacial dos satélites GPS**

Fonte: <http://www.garmin.com/aboutGPS>

Considerando-se um ângulo útil mínimo de elevação para a utilização dos satélites, chamado de máscara, de  $15^\circ$  consegue-se de 4 a 8 satélites observáveis simultaneamente, diminuindo este ângulo para  $10^\circ$  pode-se ocasionalmente ter 10

---

satélites visíveis e diminuindo ainda mais este valor para 5° esse número aumenta para 12. Deve-se ressaltar, porém, que máscaras muito baixas devem ser evitadas pelo alto ruído nas observações, com consequência direta na precisão das medidas.

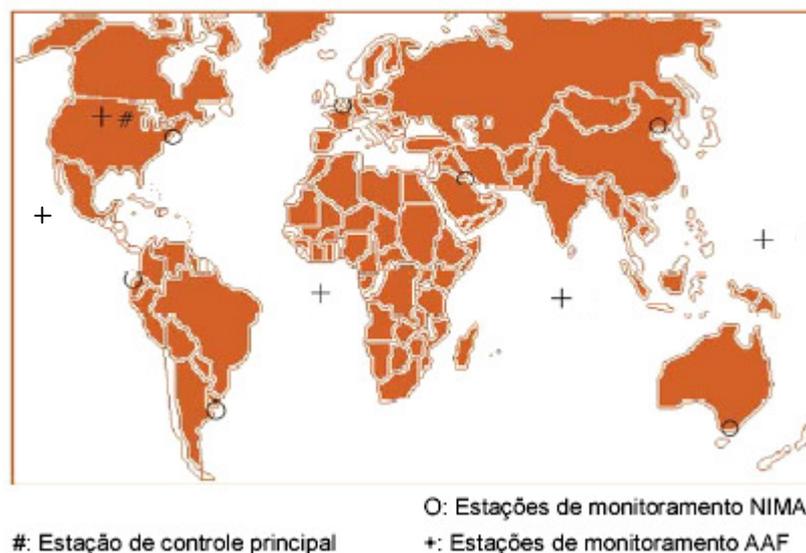
Essa boa cobertura também é possível, além do número e da distribuição espacial dos satélites, pela sua altura em relação à superfície da Terra, que é de aproximadamente 20.200 km, permitindo grande expansão no horizonte local, visualizando satélites até mesmo em hemisférios diferentes [2].

### 3.1.1.1 SEGMENTO DE CONTROLE

É o segmento responsável pela verificação e manutenção constante das órbitas e pela atualização das efemérides que são continuamente transmitidas.

Este segmento é composto pela Estação de Controle principal, chamada Master, localizada na base de Schriever Air Force (antiga Falcon Air Force), Colorado, Estados Unidos. Juntamente com essa existem mais cinco estações de monitoramento AAF – que são de propriedade da Força Aérea Americana – ao redor do globo terrestre, localizadas no Colorado Springs, Havaí, Kwajalein – Pacífico Norte, Diego Garcia – Oceano Índico e Ascención Island – Atlântico Sul.

Distribuição das estações de controle



**Figura 3.2 – Localização das Estações de Controle no mundo**

A Estação Master recebe os dados oriundos das estações de monitoramento, tais estações possuem posição conhecida com alta precisão, possuem relógios altamente precisos e medem continuamente a distância a todos os satélites visíveis. A Estação Master, então, calcula as efemérides e parâmetros de relógio para todos os satélites. Esses dados são passados para uma das 3 estações de controle (em Kwajalein, Diego Garcia e Ascención Island) para serem repassadas aos satélites e formarem as efemérides transmitidas nas mensagens de navegação dos satélites. Essas atualizações são feitas de 2 a 3 vezes ao dia, caso contrário as efemérides ficam com a precisão prejudicada. Este segmento também tinha a função de controlar o nível de SA (Selective Availability), ou seja, controlar a imprecisão induzida do sistema através de interferências em relógios e efemérides.

### **3.1.1.2 SEGMENTO DE USUÁRIOS**

Neste segmento encontra-se toda a gama de receptores, tanto civis como militares.

Os receptores GPS coletam dados enviados pelos satélites, transformando-os em coordenadas, distâncias, tempo, deslocamento e velocidade através de processamento em tempo real ou pós-processados.

Além de receber e decodificar os sinais dos satélites, os receptores são verdadeiros computadores que permitem várias opções: referências; sistemas de medidas; sistemas de coordenadas; armazenamento de dados; troca de dados com outro receptor ou com um computador; etc. Alguns desses modelos possuem arquivos com mapas gravados em sua memória [4].

---



**Figura 3.3 – Exemplos de vários tipos de receptores existentes**

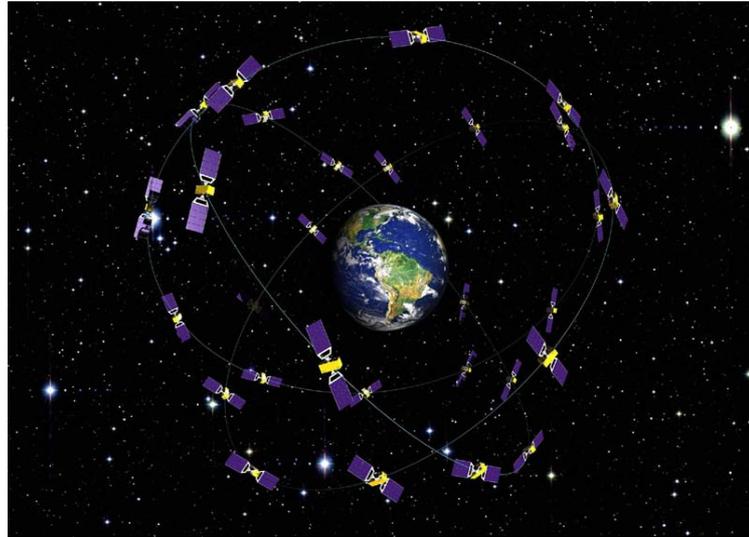
Fonte: <http://www.garmin.com> e <http://www.ashtec.com>

## 3.2 GALILEO

### 3.2.1 ASPECTOS GERAIS

O Galileo será a contribuição europeia para o Sistema de Navegação Global por Satélites (GNSS). O Galileo terá uma infra-estrutura global que compreenderá uma constelação de satélites em Órbita Média Terrestre (*Medium Earth Orbit* – MEO) e será associado a um segmento de solo. O Programa Galileo também inclui o desenvolvimento de equipamentos para usuários, aplicações e serviços. Galileo é definido para operar juntamente com os demais sistemas de rádio navegação globais existentes. Este sistema é totalmente civil, operado sob ordens de controle público.

Neste momento, o Programa Galileo está sendo controlado e financiado pela Comissão Europeia (EC) e pela Agência Espacial Europeia (ESA), sob o mandato dos Estados Membros.



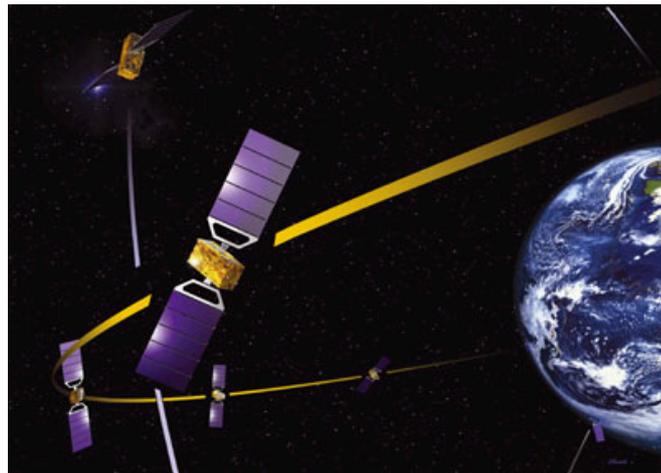
**Figura 3.4 – Distribuição espacial dos satélites Galileo**

Fonte: <http://www.esa.int/esa-mm/mmg.pl?collection=Navigation&type=I>

### **3.2.2 SISTEMA GALILEO**

A arquitetura do Galileo é resultante das atividades de projeto do sistema que tem sido dirigida pela definição dos serviços vistos na seção anterior. A arquitetura deste estágio do projeto tem sido determinada para ser flexível em:

- Ser adaptável a mudanças de missões requeridas.
- Permitir uma gradual implementação dos serviços descritos na seção 3.3.2.
- Permitir a transação das mudanças de configuração dos elementos de sistema.



**Figura 3.5 – Órbita dos satélites Galileo**

Fonte: <http://www.esa.int/esa-mm/mmg.pl?b=b&type=I&mission=Galileo&start=2>

Diferentes partes da infra-estrutura do Galileo são necessárias para fornecer todos os tipos de serviços oferecidos pelo sistema. Conforme a participação de cada parte da infra-estrutura para o suprimento dos serviços, o sistema Galileo tem sido agrupado dentro das seguintes categorias:

- **Componente Global**

O Componente Global é o núcleo da infra-estrutura do sistema Galileo que contém todos os elementos necessários para fornecer o Galileo Satellite-Only Services.

- **Componente Local**

O Componente Local é parte integrante do projeto Galileo e é necessária para fornecer os serviços de assistência localizada. O programa Galileo inclui o desenvolvimento de alguns experimentos com Elementos Locais selecionados para validar o desempenho e as interfaces entre o núcleo do sistema e estes acréscimos locais.

- **EGNOS**

Após o pleno funcionamento do sistema Galileo, o sistema EGNOS será mantido em funcionamento independentemente para evitar modalidades comuns de falhas.

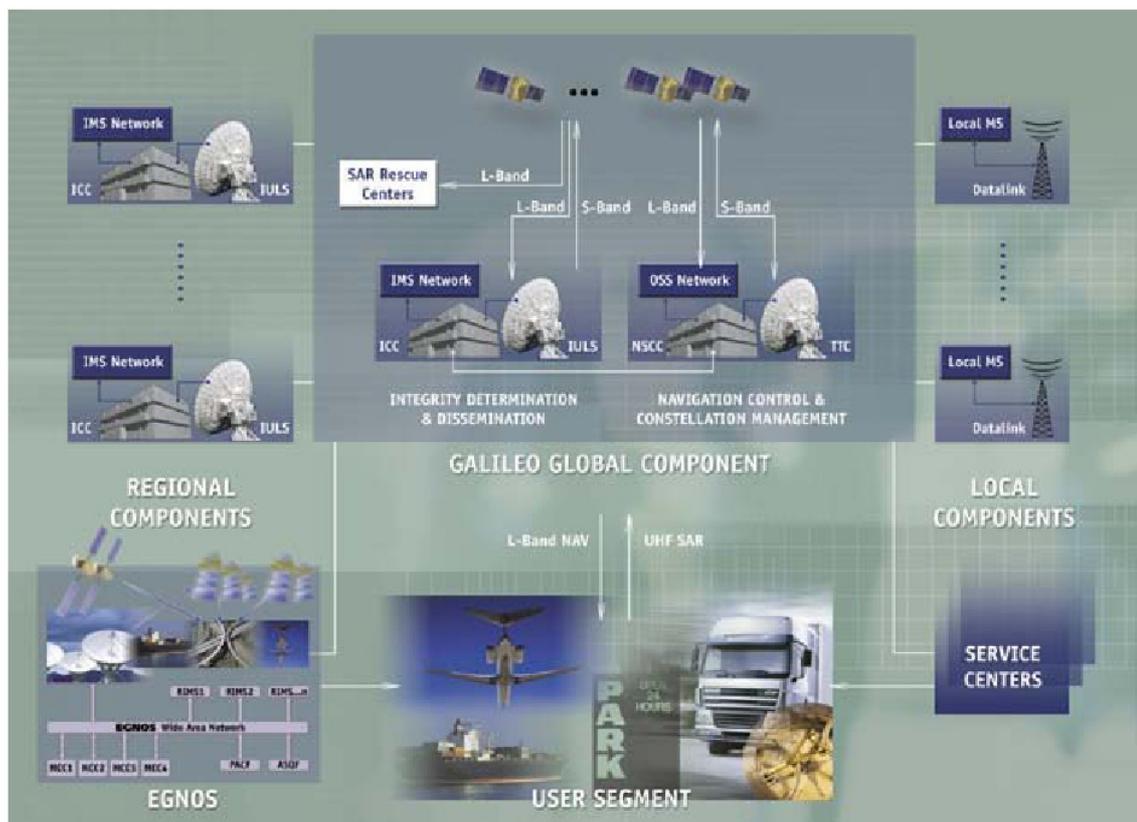
---

- Segmento de Usuário

O Segmento de Usuário é o componente do sistema que receberá e processará os sinais Galileo e os sinais vindos de outros sistemas obtidos pelos serviços Galileo.

- Galileo Externo – componentes de sistema relacionados

Os serviços de Integridade dos Segmentos Europeus e o Sistema de Procura e Salvamento, possuirão interfaces com o Componente Global.



**Figuras 3.6 – Componentes do Sistema Galileo**

Fonte: [http://ec.europa.eu/dgs/energy\\_transport/galileo/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/dgs/energy_transport/galileo/index_en.htm)

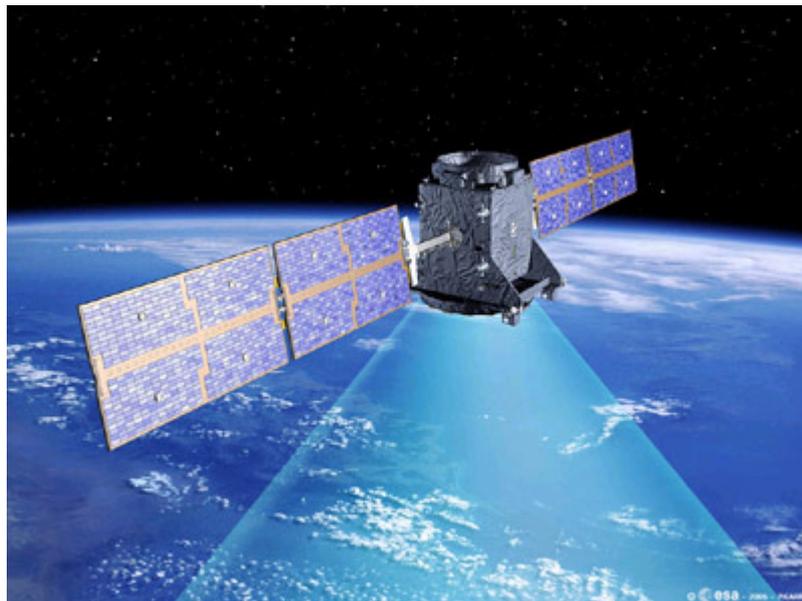
### 3.2.2.1 SEGMENTO ESPACIAL

O Segmento Espacial do Galileo será compreendido de uma constelação com um total de 30 satélites MEO, dos quais 3 serão reservas. Os satélites incluem:

- Uma plataforma
- Uma carga útil para o sistema de navegação
- Uma carga útil para o sistema de Procura e Resgate

Cada satélite transmitirá sinais de tempo precisos, juntamente com a sincronização do relógio, efemérides das órbitas e outros dados. A constelação dos satélites vem sendo otimizada para ter as seguintes especificações nominais da constelação:

- Órbita circular com semi-eixo maior de 29.994 km (que corresponde a 23.616 km de altitude);
- Inclinação orbital de 56°;
- Três planos orbitais igualmente espaçados;
- Nove satélites operacionais em, igualmente espaçados em cada plano;
- Um satélite reserva (também em operação) em cada plano.



**Figuras 3.7 – Satélite Galileo orbitando ao redor da Terra**  
Fonte: [http://www.esa.int/esaNA/SEM5KHXEM4E\\_galileo\\_0.html](http://www.esa.int/esaNA/SEM5KHXEM4E_galileo_0.html)

Parâmetros orbitais e de constelação do Galileo e GPS são diferentes. A qualquer tempo e em qualquer lugar na Terra o número máximo de satélites visíveis para cada sistema é calculado para ser:

---

**Tabela 3.1 – Número máximo de satélites visíveis para vários ângulos de máscara**

Receiver elevation masking angle	Number of visible Galileo satellites	Number of visible GPS satellites	Total
5°	13	12	25
10°	11	10	21
15°	9	8	17

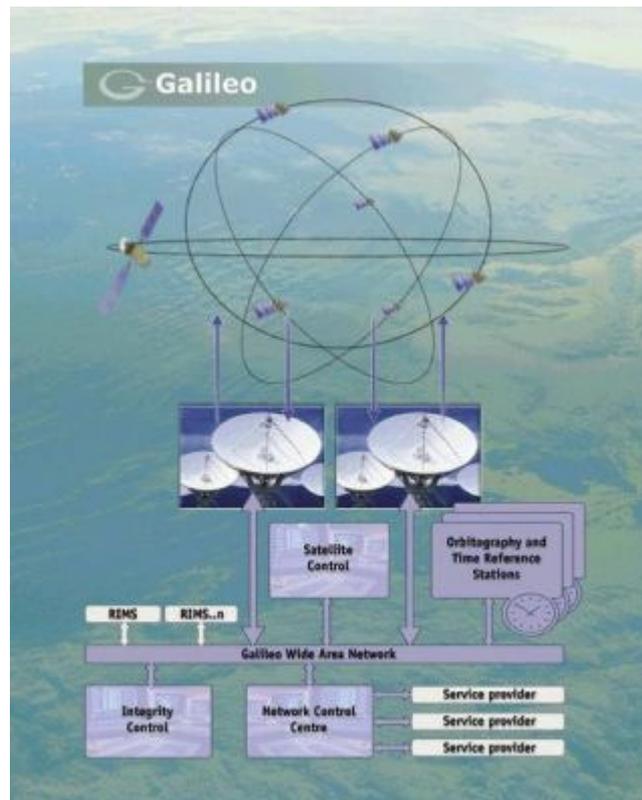
Fonte: Galileo – Mission High Level Definition [8]

### 3.2.2.2 SEGMENTO DE SOLO

As duas funções básicas do Segmento de Solo serão, o controle dos satélites e as missões de controle. O controle dos satélites inclui a administração da constelação através de monitoramento e controle usando o TT&C (Informações de Telemetria & Comando). Missões de controle controlam globalmente as funções do núcleo das missões de navegação (determinação da órbita, sincronização dos relógios) e determina e dissemina (através dos satélites MEO) informações de integridade (mensagens de alerta dentro dos requerimentos do tempo de alarme) em bases globais. As propriedades do segmento de solo são os seguintes:

- O Centro de Controle do Galileo é o coração do sistema e inclui todos os controles e facilidades de processamento. A principal função do Centro de Controle inclui a Determinação das Órbitas, a Sincronização do Tempo, a determinação global da integridade dos satélites, manutenção do tempo no sistema Galileo, monitoramento e controle dos satélites e os serviços necessários para fornecer estes, e as varias tarefas de manutenção.
- As Estações de Sensores do Galileo coletam os dados de navegação vindos dos satélites Galileo assim como informações meteorológicas e outras informações ambientais requeridas. Estas informações são repassadas ao Centro de Controle do Galileo para processamento.
- As Estações Galileo com ligações de alta velocidade incluem a separação das estações de duas maneiras, informações, telemetria e comando na banda S; e missões especificamente próximas às ligações de alta velocidade na banda C, e nas Estações de Sensores do Galileo.

- Missões em Estações de ligações de altas velocidades com somente uma missão próximas às altas ligações ocorrem na banda C.
- Rede de Comunicação de Área Global fornece uma rede ligada a todos os elementos do sistema ao redor do mundo.



**Figura 3.8 – Esquema do Segmento de Solo do Sistema Galileo**

Fonte: [http://www.esa.int/esaCP/GGGWXGE3KCC\\_Improving\\_1.html#subhead1](http://www.esa.int/esaCP/GGGWXGE3KCC_Improving_1.html#subhead1)

Além disso, uma Central de Serviços será implementada com o objetivo de fornecer uma interface aos usuários e dar valor aos serviços adicionais fornecidos por edições programáticas e comerciais. Quando apropriado, para diferentes categorias de serviços, este centro executará funções como fornecer:

- Informações, garantia de desempenho e dados arquivados;
- Informações do desempenho do sistema Galileo no momento e para o futuro;
- Subscrição e acesso a gerência de chaves de acesso;
- Informações de certificação e licenças;

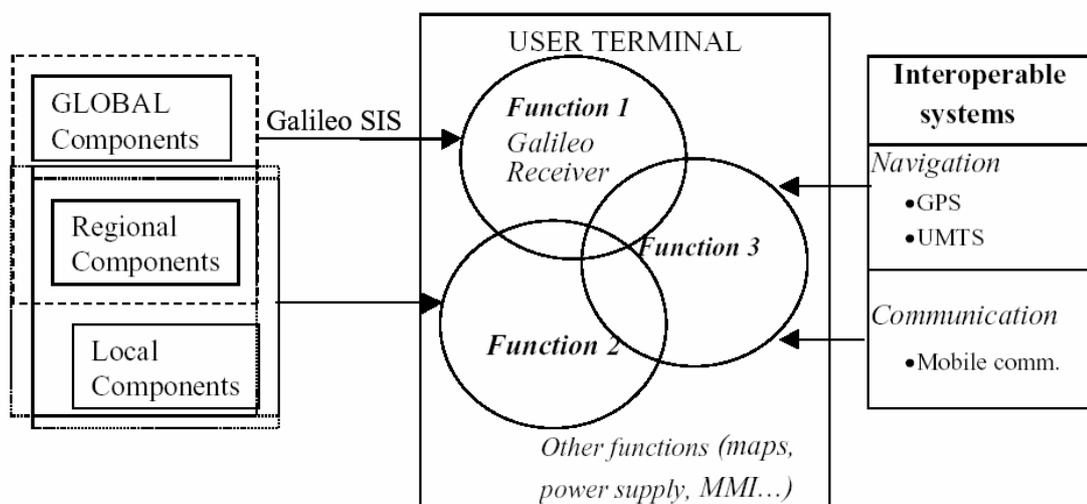
- Interface com componentes locais não europeus;
- Interface com o fornecimento de serviços de procura e resgate;
- Interface com o fornecimento de serviços comerciais do Galileo;

### 3.2.3 SEGMENTO DO USUÁRIO

O Segmento do Usuário será a família de diferentes tipos de receptores de usuários, com diferentes capacidades de uso dos sinais Galileo que irão executar os diferentes serviços do Galileo.

Para beneficiar completamente todos os serviços Galileo (global, local e combinado), os usuários devem ser equipados com **terminais** multifuncionais adequados. As **funções** executadas nos terminais dos usuários são as mostradas a seguir:

- Função 1: receber diretamente os Sinais no Espaço Galileo (**receptor Galileo**);
- Função 2: ter acesso aos serviços fornecidos por componentes regionais e locais;
- Função 3: ser inter-operável com outros sistemas.



**Figura 3.9 – Terminal receptor de usuários**  
Fonte: Galileo – Mission High Level Definition [8]

Como com os Componentes Locais do Galileo, os receptores Galileo serão projetados e construídos como parte integrante da Fase de Desenvolvimento do Galileo. Todas as características de desempenho dos serviços Galileo serão referenciadas às características de desempenho destes receptores, e como tal todos os desenvolvimentos subsequentes nos receptores dos usuários terão que corresponder às mesmas características de desempenho com os mesmos níveis de serviço sendo alcançados.

A primeira função é executada pelo receptor Galileo, que será constituído de uma linha de base de alguns terminais. A segunda e terceira funções serão opcionais e dependerão das necessidades de aplicações. Algumas destas funções poderão ser desempenhadas tecnicamente pelo mesmo componente físico. Por exemplo, a interoperabilidade com o GPS e a recepção dos SIS Galileo podem ser desempenhados por um mesmo receptor combinado. Além do que, a recepção de dados dos componentes locais e a interoperabilidade com os UMTS podem ser desempenhadas por um mesmo componente de hardware.

Como o desempenho de diferentes serviços Galileo é definido pelo nível do usuário, alguns terminais padrão serão desenvolvidos para demonstrar o alcance de desempenho.

---

## **CAPÍTULO 4**

### **ASPECTOS DOS SINAIS DOS SISTEMAS GNSS**

#### **4.1 SINAIS DO SISTEMA GPS**

O GPS está baseado no conceito de medida de distâncias entre uma fonte transmissora e uma fonte receptora de rádio-sinais. Três distâncias medidas e o conhecimento da posição absoluta das três fontes transmissoras (fixos) permitem determinar a posição absoluta da fonte receptora a partir do processo de triangulação. As distâncias são computadas a partir do tempo de propagação das ondas eletromagnéticas no meio e a velocidade de propagação da onda no meio.

O efeito Doppler (desvio da frequência da portadora devido ao deslocamento relativo entre a fonte transmissora - satélite e a fonte receptora - antena do receptor do usuário), e efeitos interferométricos (defasagem da portadora devido à diferença de localização entre duas antenas, de um mesmo receptor ou não) são também utilizados para auxiliar os cálculos de posição e velocidade do usuário. Note que, em ambos os casos, apenas o sinal da portadora é utilizado.

#### **4.1.1 RANDOM CODE – CÓDIGO ALEATÓRIO**

O Pseudo Random Code – Código Pseudo Aleatório é uma parte fundamental do GPS. Fisicamente este é um código digital muito complicado, ou em outras palavras, uma complicada seqüência de pulsos de “liga” e “desliga”.

O sinal é tão complicado que quase parece com um ruído elétrico aleatório. Daí o nome “Pseudo Aleatório”.

Existem várias boas razões para esta complexidade:

Primeiramente, o complexo modelo ajuda a certificar que o receptor não entre em sincronismo com outro sinal acidentalmente. Os modelos são tão complexos, que é altamente improvável que um sinal estático tenha exatamente a mesma forma.

Cada satélite tem seu próprio e único Código Pseudo Aleatório, esta complexidade também garante que o receptor não receba o sinal de outro satélite acidentalmente. Logo, todos os satélites podem usar a mesma frequência sem interferir um ao outro, dificultando também um sinal hostil interferir no sistema. De fato, o

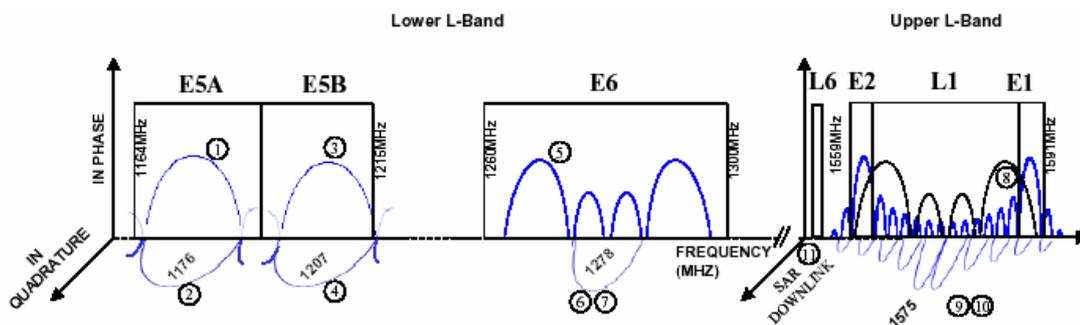
---

Código Pseudo Aleatório dá ao DoD – Departamento de Defesa dos EUA – uma maneira de controlar o acesso ao sistema.

## 4.2 SINAIS DO SISTEMA GALILEO

Os serviços do Galileo serão referenciados pela Estrutura Internacional de Referência Terrestre (ITRF) e pelo sistema de Coordenadas Universais do Tempo (UTC), isto é importante para a interoperabilidade com outros sistemas GNSS, principalmente o GPS.

### 4.2.1 DESCRIÇÃO DO SINAL NO ESPAÇO



**Figura 4.1 – Descrição do Sinal no Espaço Galileo**  
Fonte: Galileo – Mission High Level Definition [8]

O Galileo fornecerá 10 sinais nas seguintes escalas de frequências 1164–1215 MHz (E5A e E5B), 1215–1300 MHz (E6) e 1559–1592 MHz (E2-L1-E1), alocadas no Serviço de Rádio Navegação por Satélites (RNSS) em faixas de frequências. Detalhes são descritos abaixo.

Quatro sinais serão transmitidos na banda 1164–1215 MHz:

- Um par de sinais centrados em 1176,450 MHz, na escala de frequências de 1164 – 1188 MHz (E5A):

- 1 sinal que carrega uma mensagem com baixa taxa de dados (25 bps), é representado pelo sinal ①
- 1 sinal sem nenhum dado (também chamado de sinal piloto) para aumentar a robustez do sinal à nível do receptor, é representado pelo sinal ②
- Um par de sinais centrados em 1207,140 MHz, na escala de frequências de 1188 – 1215 MHz (E5B):
  - 1 sinal que carrega uma mensagem da navegação de 125 bps, também suporta integridade e dados SAR, é representado pelo sinal ③
  - 1 sinal sem nenhum dado (também chamado de sinal piloto) para aumentar a robustez do sinal à nível do receptor, é representado pelo sinal ④
- Os sinais em E5A e E5B serão gerados coerentemente, conseqüentemente dando a possibilidade de serem processados juntos para:
  - (1) Aumentar a acuracidade,
  - (2) Redundância (para suavizar a interferência dos DMEs).

Três sinais serão transmitidos na banda 1260–1300 MHz, centrados em 1278,750 MHz.

- 1 sinal com espectro dividido que possui encriptação governamental, definido para aplicações governamentais que requerem uma continuidade dos serviços mesmo em tempos de crise, é representado pelo sinal ⑤
- Um par de sinais protegidos com encriptação comercial fornecendo alta resolução de ambigüidade com potencialidade para aplicações diferenciais, entre elas:
  - 1 sinal que carrega uma mensagem da navegação de 500 bps que suporta um valor adicional referente a dados com propósitos comerciais, é representado pelo sinal ⑥
  - 1 sinal sem nenhum dado (também chamado de sinal piloto) para aumentar a robustez do sinal à nível do receptor, representado pelo sinal ⑦ e é representado pelo mesmo formato de onda que o sinal anterior

Três sinais serão transmitidos na banda 1559–1591 MHz, centrados em 1575,42 MHz.

- 1 sinal com espectro dividido flexível que possui encriptação governamental, definido para aplicações governamentais que requerem uma continuidade dos serviços mesmo em tempos de crise, é representado por dois formatos de onda diferentes (sinal 8)
- Um par de sinais, dentre os quais:
  - 1 sinal que carrega uma mensagem da navegação de 100 bps, também suporta integridade e dados SAR, é representado pelo sinal 9
  - 1 sinal sem nenhum dado (também chamado de sinal piloto) para aumentar a robustez do sinal à nível do receptor, representado pelo sinal 7 e é representado pelo mesmo formato de onda que o sinal anterior 10

A tabela 4.1 resume as características de todos os sinais. As taxas de dados estão ainda sob a consolidação através de estudos de projeto do Galileo realizados pela ESA.

**Tabela 4.1 – Características dos sinais Galileo**

Id do Sinal	Sinal	Frequência central	Modulação	Taxa de quebra	Cód. de encrip.	Taxa de dados	Encriptação dos dados
1	Sinal de dados E5A	1176 MHz	BPSK (10)	10 Mcps	Não	50sps 25bps	Não
2	Sinal piloto E5A	1176 MHz	BPSK (10)	10 Mcps	Não	Não dados	Não dados
3	Sinal de dados E5B	1207 MHz	BPSK (10)	10 Mcps	Não	250sps 125bps	Não
4	Sinal piloto E5B	1207 MHz	BPSK (10)	10 Mcps	Não	Não dados	Não dados
5	Sinal espectro dividido E6	1278 MHz	BOC (10,5)	5 Mcps	Sim-aprov governam	250sps 125bps	Sim
6	Sinal dados comercial E6	1278 MHz	BPSK (5)	5 Mcps	Sim - comercial	1000sps 500bps	Sim
7	Sinal piloto comercial E6	1278 MHz	BPSK (5)	5 Mcps	Sim - comercial	Não dados	Não dados
8	Sinal espectro dividido L1	1575 MHz	BOC (n,m)	M Mcps	Sim-aprov governam	250sps 125bps	Sim
9	Sinal de dados L1	1575 MHz	BOC (2,2)	2 Mcps	Não	200sps 100bps	Não
10	Sinal piloto L1	1575 MHz	BOC (2,2)	2 Mcps	Não	Não dados	Não dados

Fonte: Galileo – Mission High Level Definition [8]

Os valores m e n são valores operacionais e sujeitos aos avanços técnicos do comercio.



A mínima energia recebida na terra (por antenas a 0 dBW) seria de 158 dBW para cada sinal, exceto pelos sinais 5 e 8 que seria de 155 dBW.

## **CAPÍTULO 5 RECEPTORES**

### **5.1 RECEPTORES GPS**

O princípio básico de funcionamento da transmissão dos sinais GPS é o Spread-Spectrum (Espectro Espalhado ou Espalhamento do Espectro), que consiste em espalhar o espectro do sinal transmitido e “re-compactar” o espectro no receptor, aumentando com isso a relação sinal/ruído (S/R) na recepção e a imunidade a interferências espúrias (intencionais ou não).

A Figura 5.1 apresenta a estrutura básica de um receptor GPS. A antena deve ter características omni-direcionais para poder captar qualquer satélite em qualquer região acima do horizonte (na prática a FAA recomenda a utilização de satélites 7,5 graus acima do horizonte) e ser isotrópica para ter igual ganho em todas as direções. Antenas helicoidais (cônicas ou cilíndricas) e antenas do tipo micro-strip são largamente utilizadas. A primeira etapa de RF consiste num pré-amplificador com alta relação S/R e filtros para eliminar sinais com frequências próximas dos sinais L1 e L2. Após esta etapa os sinais L1 e L2 são convertidos para frequências intermediárias menores. Os loops de código e da portadora recuperam os sinais digitais codificados e os efeitos Doppler na portadora, respectivamente. O loop de código utiliza a técnica de correlação para sincronizar os sinais codificados (C/A ou P). Os dados digitais, da mensagem GPS, são recuperados após o loop de código.

---

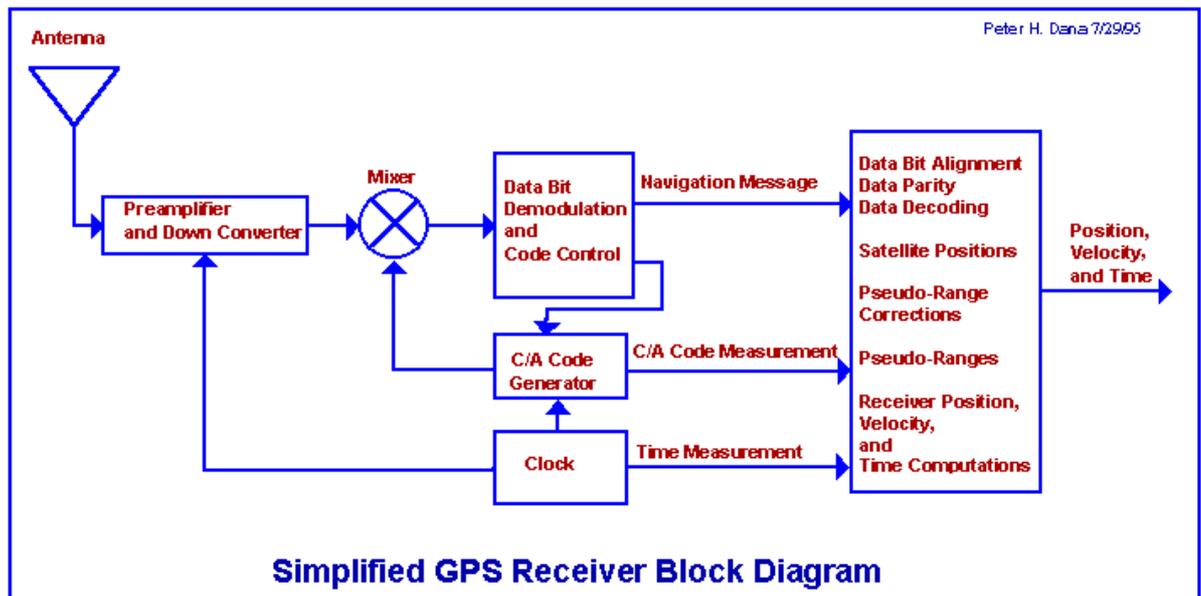


Figura 5.1 – Diagrama simplificado de um receptor GPS

Fonte: <http://www.arvm.org/gps/basico.html>

Os dados necessários para navegação são:

- Os pseudo-ranges relativos a quatro satélites (medidas) e as posições absolutas dos quatro satélites (fornecidas na mensagem GPS digital).
- As informações Doppler são utilizadas como "informação adicional" para melhorar a estimativa da posição do usuário.
- Os pseudo-ranges são fornecidos na saída do loop de código.

As posições dos satélites são computadas a partir das efemérides contidas na mensagem GPS digital. Os efeitos Doppler são obtidos na saída do Loop da Portadora.

Os receptores são classificados segundo:

- a) Aplicação civil (código C/A) ou militar (código P);
- b) Com sinal L1 somente ou com sinais L1 e L2;
- c) Aquisição serial, paralela ou multiplexada de sinais dos satélites;
- d) Número de canais;
- e) Alta, média e baixa dinâmica e geodésica (antenas estáticas).

A recepção das frequências L1 e L2 permitem corrigir os erros devido à propagação atmosférica. O modo de aquisição consiste na forma como os sinais dos satélites são captados pelo receptor:

- *Serial* – A mensagem de um satélite só é captada após o término da captação da mensagem do satélite anterior, normalmente num único canal receptor;
- *Paralela* – As mensagens de vários satélites são captadas simultaneamente, em vários canais receptores;
- *Multiplexada* – As mensagens de vários satélites são captadas num processo de multiplexação através de um único canal receptor.

Os receptores seriais e multiplexados utilizam um ou dois canais, um para recepção de mensagens e outro para rastreamento e controle. Os receptores paralelos utilizam de 4 a 8 canais. Cada receptor apresenta sua vantagem particular em função do custo, da precisão e da simplicidade (confiabilidade). A tendência atual de fabricação de receptores emprega hardware com antenas tipo micro-strip integrados com pré-amplificadores de RF e circuitos híbridos com circuitos de RF e processadores de sinais digitais e software com algoritmos de processamento de sinais, cálculo e controle/monitoração.

As classificações de receptores em função da dinâmica referem-se ao movimento dinâmico (de translação e de rotação) a que as antenas ficam sujeitas durante a aquisição dos sinais. Manobras com altas acelerações e velocidades e movimentos angulares (por exemplo, caças manobrando) são exemplos de veículos com alta dinâmica. Veículos com média dinâmica são, por exemplo, automóveis, submarinos, aviões etc. Veículos com baixa dinâmica são, por exemplo, navios, aviões cargueiros e de passageiros. As aplicações geodésicas utilizam antenas estáticas quase que exclusivamente.

---

## **CAPÍTULO 6**

### **COMPARAÇÃO ENTRE REQUISITOS DE RECEPTORES GALILEO**

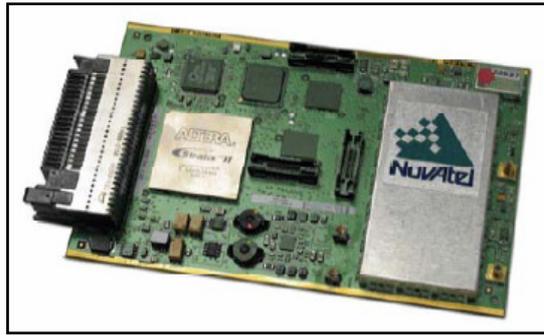
#### **6.1 RECEPTOR DO TESTE DE GALILEO**

NovAtel desenvolveu um Receptor do Teste de Galileo (GTR). Sob a primeira fase deste desenvolvimento, foi projetado um único par do transmissor/receptor da frequência a avaliar o desempenho de Galileo. Numa segunda fase foi concedido um segundo contrato pelo CSA para estender este trabalho a uma frequência dupla de L1/E5a GTR.

O GTR inclui um cartão baseado FPGA (*Field Programmable Gate Array*) novo do receptor de L1/E5a. Este cartão novo do receptor é integrado em uma versão modificada do tipo 1 de GUS (*Ground Uplink System*) e WAAS (*Wide Area Augmentation System*). A natureza altamente modular do GTR permite que outras frequências e serviços possam ser adicionados no futuro à unidade.

O GTR consiste em um cerco que contem cartões individuais do receptor. O cartão do receptor dedicado a seguir sinais de Galileo é o cartão do receptor de Galileo L1/E5a mostrado em figura 6.1. O cartão do receptor de Galileo L1/E5a para uma dupla-modalidade (Galileo/GPS) e o receptor (L1/E5a) dupla-frequência, e puder operar-se como um receptor autônomo quando não no cerco GTR. É povoado com um FPGA e pode ser configurado para seguir até 16 canaletas de toda a combinação de Galileo L1, Galileo E5a, GPS L1, GPS L5, WAAS L1, ou WAAS L5. O receptor inclui o pulso digital que anula em ambas as frequências para imitar a interferência pulsada na banda. O FPGA e o processador da base da banda podem reproduzir um novo programa de memória ROM através da relação do porto de série. A habilidade de reprogramar o receptor no campo é uma característica atrativa, considerando que a estrutura do sinal de Galileo está ainda no fluxo. O receptor pode operar-se com os sinais GSTB-V2, assim como os sinais atualmente definidos de IOV. O projeto inclui os sinais civis de Galileo L1 definidos como códigos da memória, com a volta do projeto em torno da hora de executar códigos novos na ordem dos minutos.

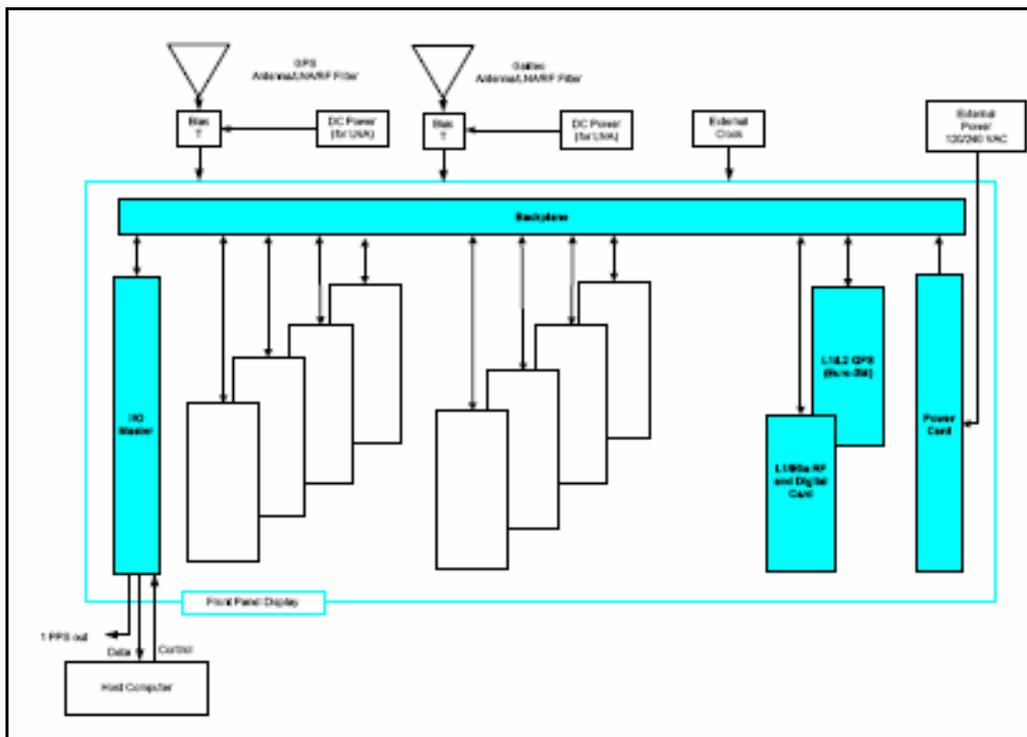
---



**Figura 6.1 – Cartão do receptor de Galileo L1/E5a**

Fonte: [http://www.novatel.ca/documents/papers/INO2005\\_novatelgalileotesteceiver.pdf](http://www.novatel.ca/documents/papers/INO2005_novatelgalileotesteceiver.pdf)

O cerco GTR conterá inicialmente dois cartões do receptor, um cartão do receptor de Galileo L1/E5a (como descrito dentro o parágrafo precedente) e um cartão do receptor dedicaram a GPS L1/L2. O cartão do receptor do GPS no GTR é o cartão de Euro-3M, que foi desenvolvido para o receptor de WAAS G-II. O Euro-3M é baseado em receptores de OEM4-G2 de NovAtel e caracteriza diversos realces tais como a qualidade do sinal que monitora (SQM), melhorias a MEDLL (*Multipath Estimating Delay-Lock-Loop*) patenteado de NovAtel, a detecção da correlação transversal de SafeTrak™ de NovAtel, a verificação da sincronização do bocado e a adição de anular digital do pulso L2. O cartão de Euro-3M será usado determinar a solução da posição e do tempo durante a campanha do teste da versão 2 da cama do teste do sistema de Galileo (GSTV-V2), quando somente um ou dois satélites de Galileo estarão na operação. A solução do tempo será fornecida ao cartão de Galileo L1/E5a. Um diagrama de bloco do GTR é mostrado em figura 6.2. O cerco para o GTR será uma modificação do cerco construído para o NovAtel WAAS G-II. Uma foto da parte dianteira do WAAS G-II é mostrada em figura 6.3, e em uma vista superior no mostrado em figura 6.4. O GTR consiste em um cartão de Galileo L1/E5a, em um cartão do receptor de Euro-3M GPS L1/L2, e em um cartão mestre do I/O contido em um padrão de EIA cremalheira incluída 19 polegadas com um LCD no painel dianteiro.



**Figura 6.2 – Diagrama de bloco de GTR**

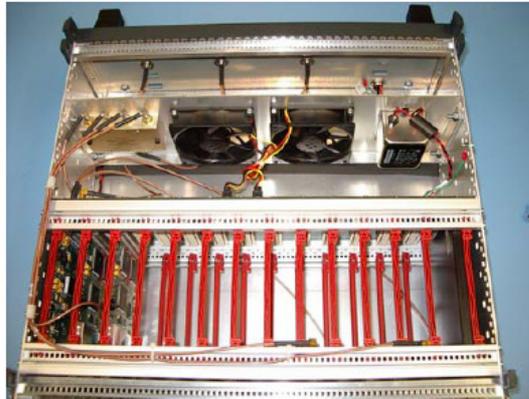
Fonte: [http://www.novatel.ca/documents/papers/INO2005\\_novatelgalileotesteceiver.pdf](http://www.novatel.ca/documents/papers/INO2005_novatelgalileotesteceiver.pdf)



**Figura 6.3 – Cerco do receptor de WAAS G-II**

Fonte: [http://www.novatel.ca/documents/papers/INO2005\\_novatelgalileotesteceiver.pdf](http://www.novatel.ca/documents/papers/INO2005_novatelgalileotesteceiver.pdf)

O GTR é capaz de prender até dez cartões Euro do fator do formulário. Os cartões do receptor e as seções adicionais do receptor podem ser usados por alguns do GPS, do Galileo, ou dos sinais de SBAS (*Satellite Based Augmentation System*)



**Figura 6.4 – Vista superior do receptor de WAAS G-II**

Fonte: [http://www.novatel.ca/documents/papers/INO2005\\_novatelgalileotesteceiver.pdf](http://www.novatel.ca/documents/papers/INO2005_novatelgalileotesteceiver.pdf)

Os cartões do receptor são conectados ao cartão mestre do I/O através de uma placa traseira passiva. A placa traseira permite que os dados intermediários digitados da frequência (SE) sejam compartilhados entre os cartões múltiplos do receptor, aumentando desse modo o número de correlatores disponíveis ao eliminar polarizações do radio frequência do inter-placa (RF). Permite também uma comunicação da inter-placa sobre uma relação do USB (*Universal Serial Bus*). O cartão mestre do I/O coordena a comunicação da inter-placa e fornece a sincronização cronometrando para os cartões do receptor.

## **6.2 GERADOR DE SINAL DO TESTE DE GALILEO (GTS)**

O Gerador de Teste do Sinal de Galileo (GTS) é uma versão modificada do GUS de WAAS - tipo 1, gerador de sinal projetado pelo vale de silicone do GPS, comercializado por NovAtel para o programa de GCCS (*Geostationary Communication and Control Segment*) de Raytheon. As fotos da parte dianteira e da parte traseira do gerador de sinal de GUS são mostradas em figura 6.5 e em figura 6.6. O GTS transmite para cada uma um sinal. E de E5a das frequências de L1 BOC. Um sinal de uma referência de 10 megahertz e 1 PPS são requeridos na entrada do GTS. O GTS

---

incorpora códigos da memória L1 e códigos secundários de L1 e de E5a como definidos atualmente para os satélites de IOV (*In Orbit Validation*). As mensagens da navegação de L1 e de E5a são intercaladas e FEC (*Forward Error Correction*) codificadas.



**Figura 6.5 – Gerador de sinal de GUS**

Fonte: [http://www.novatel.ca/documents/papers/INO2005\\_novatelgalileotesteceiver.pdf](http://www.novatel.ca/documents/papers/INO2005_novatelgalileotesteceiver.pdf)

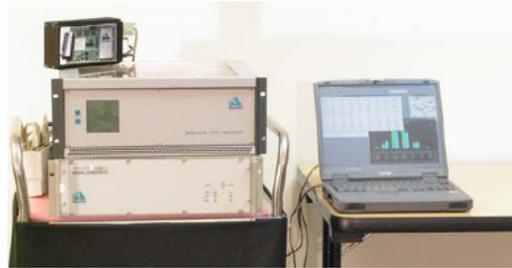


**Figura 6.6 – Painel traseiro de gerador de sinal de GUS**

Fonte: [http://www.novatel.ca/documents/papers/INO2005\\_novatelgalileotesteceiver.pdf](http://www.novatel.ca/documents/papers/INO2005_novatelgalileotesteceiver.pdf)

### 6.2.1 DEMONSTRAÇÃO DO RECEPTOR DE GALILEO

O GTR é o primeiro com dupla-modalidade operacional e receptor de dupla frequência na América do Norte. Uma fotografia da instalação de demonstração é dada em figura 6.7.



**Figura 6.7 – Instalação GTR do programa demonstrativo**

Fonte: [http://www.novatel.ca/documents/papers/INO2005\\_novatelgalileotesteceiver.pdf](http://www.novatel.ca/documents/papers/INO2005_novatelgalileotesteceiver.pdf)

### 6.2.2 RESULTADOS PREVISTOS

Antes de testar foi executada, a análise para determinar o ruído previsto do código para os sinais de Galileo L1 e de E5a. As derivações da expressão aproximada para prever os desempenhos seguindo do código têm sido publicadas previamente, e são baseadas no clássico Papel estreito de Correlator<sup>TM</sup> (Camionete Dierendonck e outros., 1992). Tem-se determinado previamente que a expressão aproximada para o ruído do pseudorange para o código de L1 BOC, dado a largura de faixa e o tempo de integração normalizado L1 GTR da pré-deteção, é:

$$\sigma_c = T_c \frac{1}{\sqrt{3}} \sqrt{\frac{B_L D}{2 \frac{C}{N_0}} \left[ 1 + \frac{2}{T \frac{C}{N_0} (2-D)} \right]} \quad (1)$$

onde:

$D$  é o afastamento normaliza da breve latitude,

$T$  é o tempo de integração da pré-deteção,

$T_c$  é o período da microplaqueta,

$BL$  é a largura de faixa do DLL,

$C/N_0$  é o portador para propalar a relação, e:  $BLT \ll 1$ .

Para a comparação, o 1º desempenho previsto do código do sigma do sinal de BPSK (Camionete Dierendonck e outros., 1992) é:

$$\sigma_c = T_c \sqrt{\frac{B_L D}{2 \frac{C}{N_0}} \left[ 1 + \frac{2}{T \frac{C}{N_0} (2-D)} \right]} \quad (2)$$

A expressão aproximada para o ruído do pseudorange para o sinal de E5a, dado a largura de faixa e o tempo de integração normalizado E5a GTR da pré-deteção, é dada por:

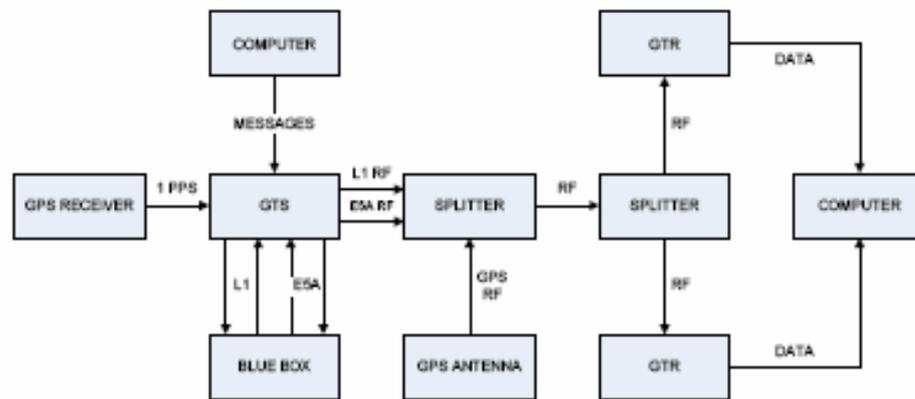
$$\sigma_c = T_c \sqrt{\frac{B_L}{2 \frac{C}{N_0}} \left[ \frac{1}{b} + \frac{b}{\pi-1} \left( D - \frac{1}{b} \right)^2 \right] \left[ 1 + \frac{2}{T \frac{C}{N_0} (2-D)} \right]} \quad (3)$$

Onde:

- b é a largura de faixa normalizada do fim dianteiro,
- e:  $BLT \ll 1$ .

### 6.2.3 INSTALAÇÃO DE TESTE COM GTS

A configuração do teste para o GTS e dois cartões do receptor de L1/E5a Galileo é mostrada em figura 6.8. Um computador é usado controlar o GTS através do GUI. A saída do RF do GTS é combinada com o RF de uma antena do GPS. Este sinal combinado do RF então é rachado e dirigido a dois receptores GTR. Os receptores output registros da escala a um computador de anfitrião. Todas as conexões a e dos computadores em figura 6.8 são através das relações do porto de série.



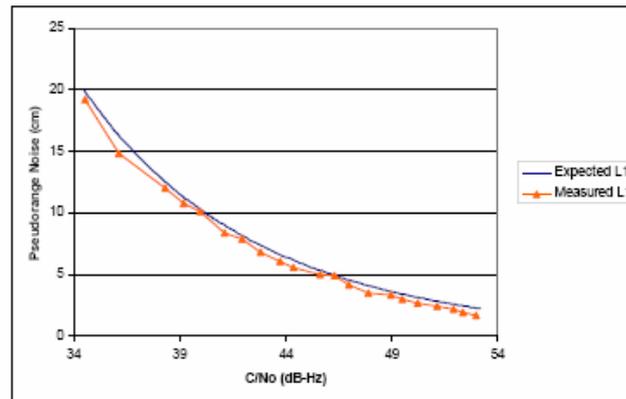
**Figura 6.8 – Instalação de teste**

Fonte: [http://www.novatel.ca/documents/papers/INO2005\\_novatelgalileotesteceiver.pdf](http://www.novatel.ca/documents/papers/INO2005_novatelgalileotesteceiver.pdf)

Os testes foram executados nos sinais de L1 e de E5a. Uma fonte de ruído calibrada e uns atenuadores variáveis controlados por computador foram usados variar o C/N0 sobre o tempo. Os níveis do ruído e do sinal foram calibrados usando um analisador de espectro antes do teste. Os receptores foram ajustados até as medidas da escala da saída, que foram registradas pelo computador de anfitrião. O gerador de sinal foi conectado a dois receptores e as únicas diferenças foram computadas entre as medidas da escala.

#### 6.2.4 RESULTADOS DE TESTE COM GTS

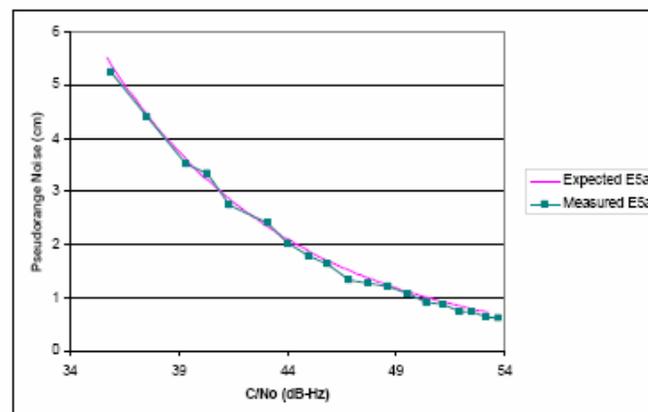
O ruído do pseudorange L1, usando o GTS como a fonte do sinal, é mostrado em figura 6.9. Os resultados estão dentro do programa com o desempenho previsto descrito pela equação 1.



**Figura 6.9 – Ruído medido e previsto de Pseudorange de sinais de Galileo L1 com sinal gerado GTR**

Fonte: [http://www.novatel.ca/documents/papers/INO2005\\_novatelgalileotesteceiver.pdf](http://www.novatel.ca/documents/papers/INO2005_novatelgalileotesteceiver.pdf)

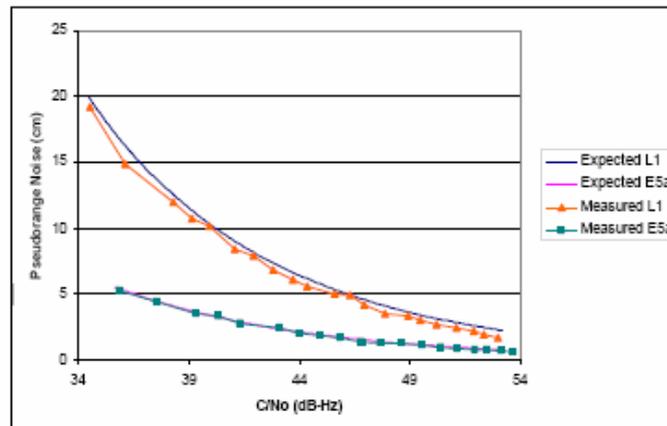
Os resultados do ruído do pseudorange de E5a são dados em figura 7.0. Os resultados são na linha do desempenho previsto descrito pela equação 3.



**Figura 7.0 – Ruído medido e previsto de Pseudorange de sinais de Galileo E5a com sinal gerado GTR**

Fonte: [http://www.novatel.ca/documents/papers/INO2005\\_novatelgalileotesteceiver.pdf](http://www.novatel.ca/documents/papers/INO2005_novatelgalileotesteceiver.pdf)

Para finalidades ilustrativas, uma comparação de resultados do ruído do pseudorange de L1 e de E5a é mostrada na figura 7.1. O ruído de E5a é mais baixo devido à taxa de amostragem mais elevada.



**Figura 7.1 – Ruído de Pseudorange de sinais de Galileo com sinal gerado GTR**  
Fonte: [http://www.novatel.ca/documents/papers/INO2005\\_novatelgalileotesteceiver.pdf](http://www.novatel.ca/documents/papers/INO2005_novatelgalileotesteceiver.pdf)

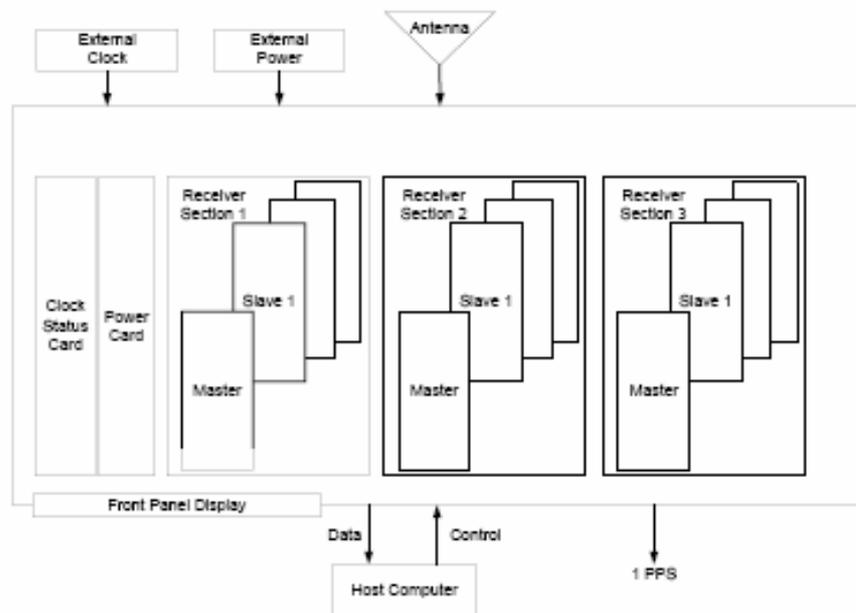
### 6.3 DESEMPENHO À TERRA DO RECEPTOR DA REFERÊNCIA DA ESTAÇÃO

A função preliminar dos receptores em um GNSS é fornecer consistentemente medidas para decodificar a fase dos símbolos do sinal e do pseudorange e do portador da precisão elevada. A habilidade de fornecer esta informação em ambientes menos do que ideais é também uma exigência. A fim de igualar-se com os níveis da garantia do projeto, muitas das funções subordinadas executadas geralmente por um receptor posicionando num baseado satélite são eliminadas, porque não são requeridas para esta aplicação. Os receptores de GNSS são eficazes para posições fixas, a operação contínua, e as entradas do oscilador da referência da alta qualidade. Adicionalmente, a rede compreendida de receptores múltiplos fornece a informação redundante. Esta informação redundante pode ser usada para detectar erros e melhorar o desempenho com confiabilidade e exatidão maiores do que é possível para um receptor autônomo. Embora um receptor em uma rede pode conseqüentemente apresentar mais agressividade na coleta de dados e assim fornecer mais informação por causa das proteções adicionais fornecidas a rede. Atualmente o desenvolvimento do receptor da referência de Galileo (GRR) realiza-se na fase da definição das exigências. NovAtel,

sob o contrato ao ESA, está desenvolvendo um simulador do software elevado a ser usado para verificar exigências de desempenho durante esta fase. NovAtel está desenvolvendo também um projeto de alto nível da arquitetura para o GRR.

O projeto conceptual nivelado para o GRR é baseado no receptor comum da referência de NovAtel (CRR) atualmente no desenvolvimento para WAAS (ver figura 7.2). Um único rádio análogo de RF/IF para cada frequência de Galileo é executado. Além, o projeto suporta opcionalmente frequências do GPS. O rádio ajustado de RF/IF suporta somente os sinais na faixa de frequência que contem o sinal transmitido desejado. Os sinais digitados são correlacionados então por um número de mecanismos paralelos. Cada mecanismo se otimiza para seguir um sinal transmitido. As acumulações resultantes da correlação são usadas no código e no portador que seguem laços de controle. As acumulações da correlação são usadas também extrair os símbolos transmitidos. O estado dos vários laços seguindo é provado periodicamente em momentos precisos com respeito à época do receptor. Esta informação dá forma à base das medidas da fase do pseudorange e do portador de saída pelo receptor. Estas medidas são acompanhadas pela informação recolhida do estado da canaleta, tal como a canaleta que segue o estado, pelo sinal medido Doppler, sinal estimado C/N0, erros estimados dos laços de controle da fase do portador e do pseudorange, etc. O sistema da linha de base seguirá os sinais que compreendem o serviço aberto e o serviço da segurança. No total o receptor terá a habilidade de seguir 15 sinais de L1B (dados), 15 sinais (piloto) de L1C, 15 sinais de E5a-I (dados), 15 sinais (piloto) de E5a-Q, 15 sinais de E5b-I (dados), 15 E5b-Q (piloto), e 15 sinais de AltBOC simultaneamente. O receptor terá também a potencialidade para suportar cartões adicionais para seguir os sinais L1A (FOTORRECEPTORES) e E6.

---



**Figura 7.2 – Arquitetura funcional de GRR**

Fonte: [www.novatel.ca/documents/papers/novatelGRR\\_ION2003.pdf](http://www.novatel.ca/documents/papers/novatelGRR_ION2003.pdf)

A arquitetura proposta do receptor fornece para um arranjo flexível da ferragem acomodar os realces futuros. Esta flexibilidade requer quase nenhuma mudança na elevação ( os componentes funcionais nivelados), mas fornecem os meios de melhorar o desempenho do receptor como: o pseudorange e o portador fase da exatidão da medida; mitigação multi-caminho; detecção da distorção do sinal; e ritmo de transferência do receptor. Por exemplo, os cartões adicionais do receptor podem ser adicionados dentro do chassi para fornecer os corretores extras necessitados para a execução da monitoração da qualidade do sinal (SQM) ou estimar o MEDLLTM (*Multipath Estimation Delay Lock Loop*). Os cartões múltiplos podem compartilhar do mesmo dado digitado através da placa traseira, assim eliminando polarizações do RF.

### 6.3.1 DESEMPENHOS CRÍTICOS

A finalidade da simulação do software de fidelidade elevado é verificar que um receptor à terra da referência pode se encontrar com as exigências propostas. Esta seção revê algumas das exigências de desempenho de GRR que podem ser verificadas com a simulação antes do desenvolvimento do receptor.

### **6.3.2 CÓDIGO E ERRO SEGUINDO DO PORTADOR**

As medidas comuns do desempenho de um receptor de GNSS são: o 1º código do sigma e o ruído e as polarizações seguindo do portador. O ruído é dependente da largura de faixa seguindo do laço, do tempo de integração da pré-deteção, do afastamento do discriminador, da largura de faixa da interface, e dos outros fatores. As polarizações são dependentes dos efeitos de corromper do sinal tais como multi-caminho. As várias aproximações numéricas existem estimando o código e o ruído e polarizações seguindo do portador, e estes estimados podem ser usados para especificar as exigências do receptor. A simulação do receptor de fidelidade elevada pode ser usada para confirmar o código e exigências seguindo do portador.

### **6.3.3 SUAUIZACÃO DA INTERFERÊNCIA**

O efeito da interferência do radio frequência (IRF) é reduzir o nível  $C/N_0$  dos sinais recebidos. Se o nível  $C/N_0$  deixar cair abaixo do ponto inicial seguindo, uma perda do fechamento ocorrerá. Cuidado pode ser tomado com o projeto do receptor que segue laços para reduzir o efeito do IRF. As seguintes generalizações podem ser feitas no que diz respeito a seguir laços:

- O período da integração da pré-deteção deve ser tão curto quanto o stress dinâmico elevado inferior. Entretanto, o período da integração da pré-deteção pode ser aumentado para melhorar o ponto inicial seguindo para sinais fracos e durante períodos do IRF.
  - Um filtro de laço estreito da largura de faixa filtrará para fora mais ruído (melhorar a potencialidade do IRF). Os settles largos de um filtro fixo de laço da largura de faixa filtrará mais rapidamente, mas é somente problema dinâmico elevado inferior desejável.
-

- A ordem do laço é sensível à mesma ordem da dinâmica (isto é, primeiramente é sensível ao stress da velocidade, segunda ordem é sensível ao stress do acelerador, terceira ordem é sensível ao stress do empurrão).

A definição dos ambientes previstos da interferência para o GSS é progressiva. Os valores propostos preliminares para a interferência na banda (níveis recebidos nominais presumidos do poder - 152 o dBW para L1, dBW -152 para o E6, - do dBW 155 para E5a, e - dBW 155 para E5b) são dados na tabela 1, e na interferência fora da banda proposta são dados na tabela 2. As condições pulsadas propostas da interferência são dadas na tabela 3.

**Tabela 1 - Suposições na banda propostas da interferência**

<b>Nominal in-band interference</b>	-141.3 dBW in any 1 MHz
<b>Extreme in-band interference</b>	-131.3 dBW in any 1 MHz

Fonte: [www.novatel.ca/documents/papers/novatelGRR\\_ION2003.pdf](http://www.novatel.ca/documents/papers/novatelGRR_ION2003.pdf)

**Tabela 2 - Suposições fora da banda propostas da interferência**

Frequency (MHz)	Total Interference/Minimum Desired Signal Power Ratio (I/S)
$f < 1127.95$	100 dB
$1127.95 < f < 1164.45$	$100 - 2 * (f - 1127.95)$ dB
$1188.45 < f < 1192.07$	27 dB
$1216.07 < f < 1237.41$	$27 + 2 * (f - 1216.07)$ dB
$1237.41 < f < 1258.75$	$69.7 - 2 * (f - 1237.41)$ dB
$1298.75 < f < 1335.25$	$27 + 2 * (f - 1298.75)$ dB
$1335.25 < f < 1522.552$	100 dB
$1522.552 < f < 1559.052$	$100 - 2 * (f - 1522.552)$ dB
$1591.788 < f < 1628.29$	$27 + 2 * (f - 1591.788)$ dB
$f > 1628.29$	100 dB

Fonte: [www.novatel.ca/documents/papers/novatelGRR\\_ION2003.pdf](http://www.novatel.ca/documents/papers/novatelGRR_ION2003.pdf)

**Tabela 3 - Parâmetros pulsados da interferência**

<b>Parameter</b>	<b>Value</b>
Interference power (dBm)	+20
Duty cycle (%)	10
Pulse width (ms)	0.125
Bandwidth (kHz)	100

Fonte: [www.novatel.ca/documents/papers/novatelGRR\\_ION2003.pdf](http://www.novatel.ca/documents/papers/novatelGRR_ION2003.pdf)

#### **6.4 VISTA GERAL DO SIMULADOR DO SOFTWARE**

Para ajudar no desenvolvimento do simulador do software, NovAtel comprou a caixa de ferramentas comercial da simulação do sinal de MATLAB GPS de NAVSYS Corporação. A caixa de ferramentas de NAVSYS é uma coleção das limas do código de fonte que podem ser usadas para estudar os efeitos dos satélites do código GPS C/A em um receptor convencional do GPS. NovAtel está usando os blocos de edifício do núcleo da caixa de ferramentas de NAVSYS, junto com os blocos de edifício modificados para a estrutura do sinal de Galileo, para desenvolver simulações do GRR. Nesta seção nós fornecemos uma vista geral da simulação do software.

## **CAPÍTULO 7**

### **POSSÍVEIS OPORTUNIDADES DE PARTICIPAÇÃO BRASILEIRA**

Representantes da Agência Espacial Brasileira (AEB) e da Comissão Européia (CE) negociam participação brasileira no sistema de navegação e posicionamento por satélite Galileo.

A comunicação oficial deve ser realizada por via diplomática e permitirá que o país inicie as negociações com a CE para definir os termos da cooperação. Embora o Brasil tenha acesso aos dados do sistema GPS, o projeto europeu se propõe a trazer diferenciais quanto à integridade, confiabilidade e melhor resolução das informações posicionais repassadas pela constelação de satélites.

É sempre importante ter acesso a um sistema que deve funcionar, no futuro, como uma espécie de alternativa ao GPS, originalmente criado pelos norte-americanos para fins militares.

A NovAtel, uma companhia da área de tecnologia de posicionamento preciso, recebeu uma licença válida por dez anos da Agência Espacial Européia (ESA), que permite a venda de receptores que rastreiam sinais do Galileo. A expectativa é que o sistema europeu de navegação por satélite esteja completo até 2012.

O receptor EuroPak-15a, em fase de produção, vai permitir aos usuários rastrear não apenas os sinais L1 e L5 do sistema americano GPS, mas também os sinais L1 e E5a do Galileo. A empresa já está apta a realizar transações comerciais com parceiros e representantes na área de receptores do Galileo.

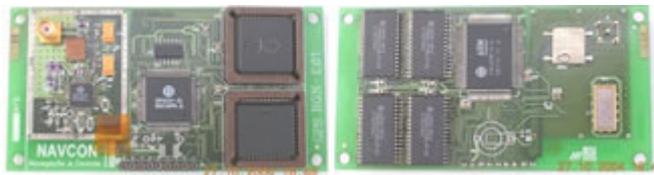
O critério usado para a entrega da licença baseou-se na participação da empresa no programa Galileo Receiver Chain (GRC), e na contribuição no desenvolvimento do Galileo, que começou em 2000. Já o receptor EuroPak-15a foi inicialmente desenvolvido segundo um contrato com a Agência Espacial Canadense, com início em 2004.

O EuroPak-15a está apto a receber os sinais do Giove-A, o primeiro satélite de testes e validação de órbita do Galileo, que foi lançado no final de 2005.

A empresa NAVCON Navegação e Controle, localizada em São José dos Campos – SP. Possui entre outras atividades o projeto e desenvolvimento de sistemas monitoração/navegação utilizando GPSS (*Global Position Satellite Systems*) e

---

sensores/sistemas inerciais e o desenvolvimento de receptores GPS para aplicações especiais, foi feito o estudo detalhado do hardware e software de um receptor (ver figura 7.3), localizando-se as modificações que devem ser feitas em softwares de receptores comerciais, de modo a adaptá-los a aplicações de altas altitudes, velocidades e acelerações.. Receptores projetados para essas características estão sujeitos a restrições de venda pelos países desenvolvidos. Como subproduto do domínio da tecnologia, a NAVCON terá a capacitação de realizar sistemas com integração do processamento de sinais GPS, sensores inerciais e telefonia celular, por exemplo.



**Figura 7.3 – hardware e software de um receptor NAVCON**

Fonte: <http://www.navcon.com.br>

A Navcon conta com a parceria de pessoal e empresas de experiência na tecnologia espacial, de modo a garantir soluções com a qualidade necessária. A companhia aplica sua experiência na proposição de sistemas de navegação e guiagem, por meio da integração de sistemas inerciais (giroscópios e acelerômetros) com GPS e outros sensores, mantendo uma modularidade, que permite sua aplicação à navegação aérea, marítima ou terrestre. Tem inclusive a capacidade de desenvolvimento de receptores GPS para aplicações profissionais e aeroespaciais.

No momento a produção de receptores capazes de captar os sinais do Sistema Galileo esta em fase de desenvolvimento e aprimoramento, estima-se que muito em breve será mais um produto de qualidade a disposição no mercado nacional e mundial.

A Navcon domina a tecnologia em projetos e aplicações de sistemas e sensores inerciais, bem como sistemas híbridos. A empresa tem em sua carteira de clientes a Petrobras, o CTA, e o Inpe.

Com certeza, nosso país tem capacidade e estudantes interessados em realizar estudos ainda mais expressivos para a concretização da participação brasileira no Sistema Galileo de Navegação. Seja ,com estudos direcionados para receptores ou com o desenvolvimento de novas tecnologias em Navegação por Satélites.

## **CAPÍTULO 8 CONCLUSÃO**

Com este Relatório podemos demonstrar as atividades técnicas e científicas desenvolvidas no período de Agosto de 2006 à Junho de 2007 junto ao Laboratório de Mecânica Fina Mecatrônica e Antenas do Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais, em Santa Maria, RS. Descrevemos o funcionamento e as características do Sistema de Navegação por Satélites mais utilizados mundialmente, o GPS, e o novo sistema, que está em fase de implantação, o Galileo além das características dos receptores destes sistemas.

Após a descrição dos dois sistemas de navegação por satélites citados anteriormente foi possível fazer um estudo do funcionamento dos receptores para o Sistema Galileo. Como, o cartão do receptor de Galileo L1/E5a para uma dupla-modalidade (Galileo/GPS) e o receptor (L1/E5a) dupla-freqüência, que possibilitam uma maior rapidez e precisão no recebimento de sinais. Também foram estudados geradores de sinais e descrevemos as vantagens que os usuários finais obterão quando utilizarem receptores híbridos, ou seja, que recebem os sinais provenientes tanto do GPS quanto do Galileo, devido à maior cobertura, podendo ser usado mesmo em centros urbanos.

Apesar de, até o momento, não termos respostas e acesso a nenhuma informação das pessoas responsáveis pelo lado brasileiro, tanto da AEB-MCT quanto do CRECTEAL, sobre as possibilidades da participação brasileira no Sistema Galileo, seria de grande importância e interessante a participação do Brasil devido às inúmeras vantagens que os Estado Membros possuem em relação aos demais usuários.

Com estas atividades os bolsistas desenvolveram 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 de ambos os bolsistas, tanto no aprimoramento técnico como em seus desenvolvimentos em áreas de formação pessoal, como liberdades pessoais, auto-estima, autoconfiança, principalmente aprimorando suas habilidades de autodidatismo e liderança.

---

## **AGRADECIMENTOS**

Gostaríamos de agradecer a nosso Orientador, Dr. Otavio Santos Cupertino Durão e a nosso Co-Orientador Dr. Nelson Jorge Schuch pelo apoio prestado em todas as dificuldades encontradas no decorrer do trabalho.

Não poderia deixar de mencionar, e agradecer a meus colegas e acadêmicos do curso de Engenharia Mecânica Silvano Lucas Prochnow, Jean Paulo Guarnieri e Jean Carlos Daroit que muito contribuíram no desenvolvimento das atividades.

Sinceros agradecimentos ao CRS/INPE-MCT e ao CNPq/MCT pela concessão da bolsa e ao Dr. Jose Carlos Becceneri, Coordenador do Programa PIBIC/INPE - CNPq/MCT, que nos oportunizou a dar os primeiros passos na pesquisa científica e um grande crescimento pessoal.

Gostaríamos de agradecer ao apoio recebido pelas Sras. Angelita Tavares e Marta Seeger, responsáveis pela secretaria do CRSPE/INPE-MCT, e a Professora Damaris K. Pinheiro, que nunca mediu esforços para dar apoio aos alunos de Iniciação Científica vinculados ao LACESM/CT-UFSM também não poderíamos deixar de agradecer a Sra. Egídia , secretária PIBIC.

---

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Fontana, S. P.; **Sistema de Posicionamento Global GPS: A Navegação do Futuro**; Editora Mercado Aberto; Porto Alegre; RS; 2002. 2ª edição.
- [2] Farret, J. C.; **Aspectos Gerais do Sistema de Posicionamento Global GPS**; Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola; Santa Maria; RS.
- [3] Horváth, Tamás; **Performance Comparison of Wide Area Differential GPS Systems**; Department of Geodesy and Geomatics Engineering; University of New Brunswick; Canada; 2002.
- [4] Albuquerque, P. C. G.; Santos, C. C.; **GPS Para Iniciantes**; Mini Curso – XI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento; INPE; São José dos Campos; SP; 2003.
- [5] Stuck, B. M.; Kuga, H. K.; **Medindo Distâncias Através de Um Único Receptor GPS**; INPE; São José dos Campos; SP; 2005.
- [6] Gomes, V. M.; Chiaradia, A. P. M.; Prado, A. F. B. A.; **Análise da Mensagem de Navegação Transmitida e da Geometria dos Satélites GPS**; INPE; São José dos Campos; SP; 2000.
- [7] Lago, I. F.; Ferreira, L. D. D.; Krueger, C. P.; **GPS e GLONASS: Aspectos Teóricos e Aplicações Práticas**; Universidade Federal do Paraná; Curso de Pós-graduação em Ciências Geodésicas; Curitiba; PR; 2002.
- [8] European Commission; **Galileo: Mission High Level Definition**; 2002.
- [9] European Commission; **Galileo**; 2000. CD-RM.
- [10] The Institute of Navigation; **National Technical Meeting – Integrating Technology**; San Diego; California; 2002. CD-ROM.
- [11] Páginas na rede internet:
1. <http://www.mundogeo.com.br/>
  2. <http://www.glonass-center.ru/>
  3. [http://www.colorado.edu/geography/gcraft/notes/gps/gps\\_f.html](http://www.colorado.edu/geography/gcraft/notes/gps/gps_f.html)
-



4. <http://www.trimble.com/gps/>
  5. <http://tycho.usno.navy.mil/gpsinfo.html>
  6. [http://europa.eu.int/comm/dgs/energy\\_transport/galileo/index\\_en.htm](http://europa.eu.int/comm/dgs/energy_transport/galileo/index_en.htm)
  7. <http://www.environmental-studies.de/Galileo/galileo.html>
  8. <http://www.esa.int/esaNA/index.html>
  9. [http://www.cnes.fr/html/455\\_461\\_1507.php](http://www.cnes.fr/html/455_461_1507.php)
  10. <http://www.sec.noaa.gov/SolarCycle/>
  11. [http://www.tpub.com/content/et/14090/css/14090\\_16.htm](http://www.tpub.com/content/et/14090/css/14090_16.htm)
  12. <http://www.fas.org/spp/military/program/nav/transit.htm>
  13. [http://en.wikipedia.org/wiki/Transit\\_\(satellite\)#column-one#column-one](http://en.wikipedia.org/wiki/Transit_(satellite)#column-one#column-one)
  14. <http://www.novatel.ca>
  15. <http://www.navcon.com.br>
-



## **ATIVIDADES COMPLEMENTARES – PARTICIPAÇÃO E APRESENTAÇÃO EM CONGRESSOS E EM SEMINÁRIOS**

Neste período foi possível apresentar os seguintes trabalhos:

- **Título:**

*FACILIDADES E VANTAGENS OFERECIDAS PELO NOVO SISTEMA DE POSICIONAMENTO GLOBAL, GALILEO*

**Autores:**

**Viviane Cassol Marques;** Jean P. Guarnieri; Silvano L. Prochnow;  
Jean C. Daroit, Otávio S. C. Durão; Nelson J. Schuch.

**Evento:**

XXI Jornada Acadêmica Integrada – JAI 2006

**Local:**

Universidade Federal de Santa Maria – UFSM – Santa Maria/RS

**Data:**

28 e 30 de Novembro de 2006

**Tipo de participação:**

Autora

---



- **Título:**



*ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE O PROJETO GALILEO E OS  
DEMAIS SISTEMAS GNSS*

**Autores:**

**Viviane Cassol Marques;** Jean P. Guarnieri; Silvano L. Prochnow;  
Jean C. Daroit, Otávio S. C. Durão; Nelson J. Schuch.

**Evento:**

SBGEA-2006 - Simpósio Brasileiro de Geofísica Espacial e Aeronomia

**Local:**

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE  
São José dos Campos/SP

**Data:**

23 e 26 de Outubro de 2006

**Tipo de participação:**

Autora

---

**SBGE A 2006 CERTIFICADO**

Certificamos que **VIVIANE CASSOL MARQUES** participou do **Simpósio Brasileiro de Geofísica Espacial e Aeronomia**, realizado em São José dos Campos de 23 a 26 de outubro de 2006, na qualidade de apresentador.

**Hisao Takahashi**  
Presidente do Comitê Organizador

**Inez Steciarihi Batista**  
Vice-Presidente do Comitê Organizador Local

**PROMOÇÃO**

**PATROCÍNIO**

**APOIO**

Logos: INPE, SBGE, RCMpq, SBGE, Unifap, ALAGE, ZAPESP



• **Título:**

*ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE O PROJETO GALILEO E OS  
DEMAIS SISTEMAS GNSS*

**Autores:**

**Viviane Cassol Marques;** Jean P. Guarnieri; Silvano L. Prochnow;  
Otávio S. C. Durão; Nelson J. Schuch.

**Evento:**

SICINPE-2006 - Seminário de Iniciação Científica do Inpe

**Local:**

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE  
São José dos Campos/SP

**Data:**

11 e 12 de Julho de 2006

**Tipo de participação:**

Autora

---



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
**INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS**

## PROGRAMA INSTITUCIONAL DE BOLSAS DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA - PIBIC/INPE/CNPq

Conferimos o presente Certificado a **VIVIANE CASSOL MARQUES** por sua participação com o trabalho intitulado: “ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE O PROJETO GALILEO E OUTROS SISTEMAS GNSS”, sob a orientação do(a) Prof(a). **Otávio Santos Cupertino Durão**, no Seminário de Iniciação Científica do INPE- SICINPE, realizado em São José dos Campos-SP, nos dias 11 e 12 de julho de 2006.

São José dos Campos, 12 de julho de 2006.

  
**JOSÉ CARLOS BECCENERI**  
Coordenador Institucional do PIBIC



**Título:**

*Confeção de Protótipos de Antenas Dipolo do Radiotelescópio LOFAR.*

**Bibliografia:**

DAROIT, Jean Carlos; GUARNIERI, Jean Paulo; **MARQUES, Viviane Cassol**; PROCHNOW, Silvano Lucas; SCHUCH, Nelson Jorge. CONFECÇÃO DE PROTÓTIPOS DE ANTENAS DIPOLO DO RADIOTELESCOPIO LOFAR. **ANAIS: 21<sup>a</sup> Jornada Acadêmica Integrada - 21<sup>a</sup> JAI**. Santa Maria, 2006 – Brasil.

**Tipo de Participação:**

Co-Autora.

---





**Título:**

*As Tendências da Tecnologia Espacial para o Desenvolvimento de Satélites Miniaturizados.*

**Bibliografia:**

PROCHNOW, Silvano Lucas; DAROIT, Jean Carlos; GUARNIERI, Jean Paulo; **MARQUES, Viviane Cassol**; DURÃO, Otavio Santos Cupertino; SCHUCH, Nelson Jorge. AS TENDÊNCIAS DA TECNOLOGIA ESPACIAL PARA O DESENVOLVIMENTO DE SATÉLITES MINIATURIZADOS. **ANAIS: 21ª Jornada Acadêmica Integrada - 21ª JAI**. Santa Maria, 2006 – Brasil.

**Tipo de Participação:**

Co-Autora.

---



**Título:**



*Desenvolvimento de Pequenos Satélites no Brasil.*

**Bibliografia:**

PROCHNOW, Silvano Lucas; DAROIT, Jean Carlos; GUARNIERI, Jean Paulo; **MARQUES, Viviane Cassol**; DURÃO, Otavio Santos Cupertino; SCHUCH, Nelson Jorge. DESENVOLVIMENTO DE PEQUENOS SATÉLITES NO BRASIL. **ANAIS: Livro de Resumos do Simpósio Brasileiro de Geofísica Espacial e Aeronomia - SBGEA 2006**. São José dos Campos, 2006 – Brasil.

**Tipo de Participação:**

Co-Autora.

---

**SBGE 2006 CERTIFICADO**

Certificamos que **SILVANO LUCAS PROCHNOW** participou do **Simpósio Brasileiro de Geofísica Espacial e Aeronomia**, realizado em São José dos Campos de 23 a 26 de outubro de 2006, na qualidade de apresentador.

*[Handwritten signature]*  
Hisao Takahashi  
Presidente do Comitê Organizador

*[Handwritten signature]*  
Inez Steciariini Batista  
Vice-Presidente do Comitê Organizador Local

**PROMOÇÃO** **PATROCÍNIO** **APOIO**



**Título:**

*Análise de Protótipos de Antenas Dipolo Desenvolvidas para o Projeto LOFAR.*

**Bibliografia:**

DAROIT, Jean Carlos; GUARNIERI, Jean Paulo; **MARQUES, Viviane Cassol**; PROCHNOW, Silvano Lucas; SCHUCH, Nelson Jorge. ANÁLISE DE PROTÓTIPOS DE ANTENAS DIPOLO DESENVOLVIDAS PARA O PROJETO LOFAR. **ANAIS: Livro de Resumos do Simpósio Brasileiro de Geofísica Espacial e Aeronomia - SBGEA 2006.** São José dos Campos, 2006 – Brasil.

**Tipo de Participação:**

Co-Autora.

---

**SBGE 2006 CERTIFICADO**

Certificamos que **JEAN CARLOS DAROIT** participou do **Simpósio Brasileiro de Geofísica Espacial e Aeronomia**, realizado em São José dos Campos de 23 a 26 de outubro de 2006, na qualidade de apresentador.

*[Handwritten signature]*  
Hisao Takahashi  
Presidente do Comitê Organizador

*[Handwritten signature]*  
Inez Staciarini Batista  
Vice-Presidente do Comitê Organizador Local

**PROMOÇÃO** **PATROCÍNIO** **APOIO**

**INPE** **SBGT** **RCNPq** **SBGT** **UniLDP** **ALGE** **JAPESP**

Comitê Nacional de Desempenho Científico e Tecnológico



**Título:**

*Estudo de Subsistemas de Controle de Atitude para Aplicação em Pequenos Satélites.*

**Bibliografia:**

PROCHNOW, Silvano Lucas; DAROIT, Jean Carlos; GUARNIERI, Jean Paulo; **MARQUES, Viviane Cassol**; DURÃO, Otavio Santos Cupertino; SCHUCH, Nelson Jorge. ESTUDO DE SUBSISTEMAS DE CONTROLE DE ATITUDE PARA APLICAÇÃO EM PEQUENOS SATÉLITES ANAIS: XXI Congresso de Iniciação Científica e Tecnológica em Engenharia - CRICTE 2006. Ijuí, 2006 – Brasil.

**Tipo de Participação:**

Co-Autora.

---





**Título:**

*Construção de Antenas Dipolo Similares as do LOFAR.*

**Bibliografia:**

DAROIT, Jean Carlos; GUARNIERI, Jean Paulo; **MARQUES, Viviane Cassol**; PROCHNOW, Silvano Lucas; SCHUCH, Nelson Jorge. CONSTRUÇÃO DE ANTENAS DIPOLO SIMILARES AS DO LOFAR. ANAIS: XXI Congresso de Iniciação Científica e Tecnológica em Engenharia - CRICTE 2006. Ijuí, 2006 – Brasil.

**Tipo de Participação:**

Co-Autora.

---





**Título:**

*Uma Análise da Tecnologia Espacial Nacional para o Desenvolvimento de Pequenos Satélites.*

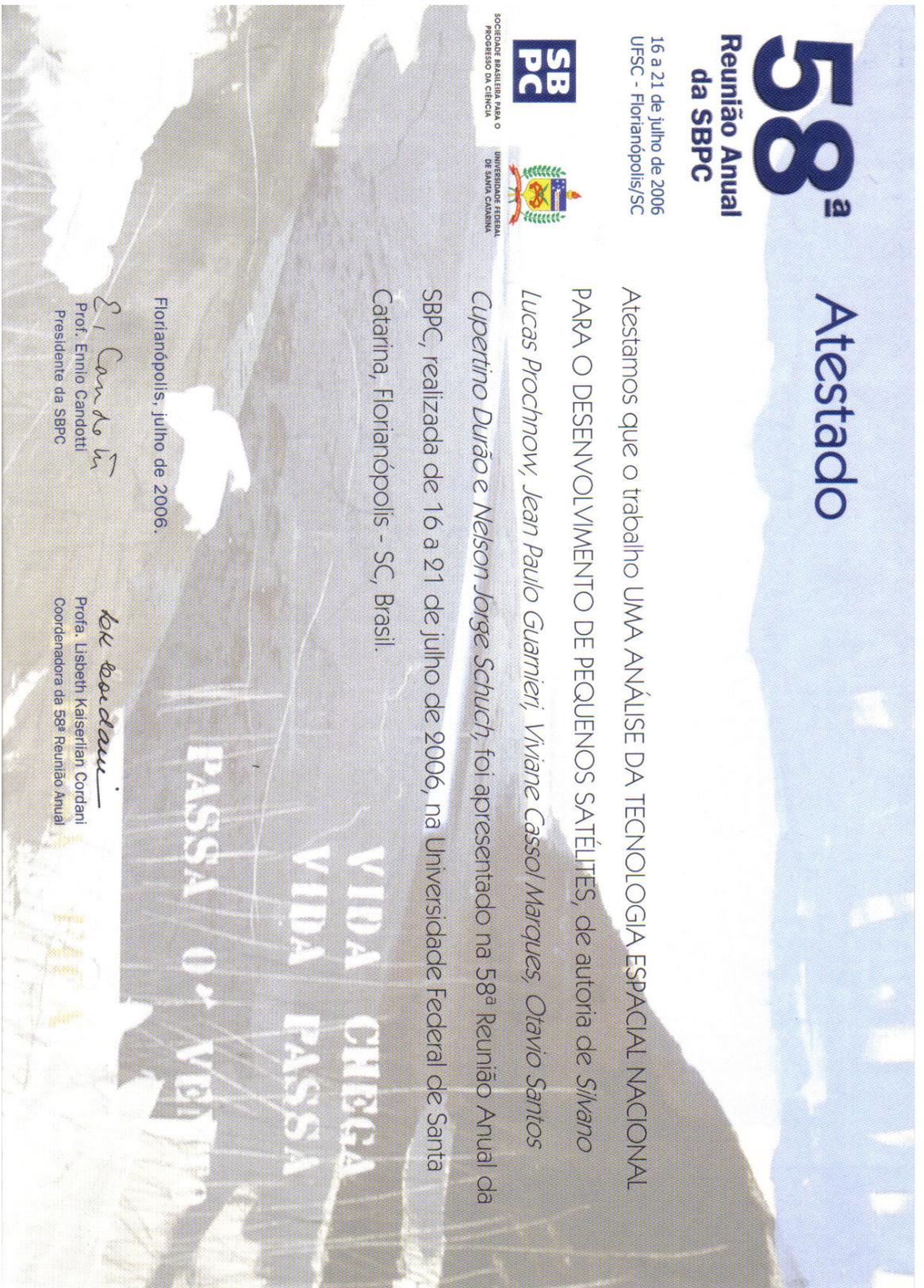
**Bibliografia:**

PROCHNOW, Silvano Lucas; GUARNIERI, Jean Paulo; **MARQUES, Viviane Cassol**; DURÃO, Otavio Santos Cupertino; SCHUCH, Nelson Jorge. UMA ANÁLISE DA TECNOLOGIA ESPACIAL NACIONAL PARA O DESENVOLVIMENTO DE PEQUENOS SATÉLITES. **ANAIS: 58<sup>a</sup> Reunião Anual da SBPC**. Florianópolis, 2006 – Brasil.

**Tipo de Participação:**

Co-Autora.

---





**Título:**

*Projeto Mecânico do Sistema de Movimentação Sincrônica das Antenas de Captação do Radiointerferômetro Protótipo Instalado no Observatório Espacial do Sul - OES/CRSPE/INPE - MCT.*

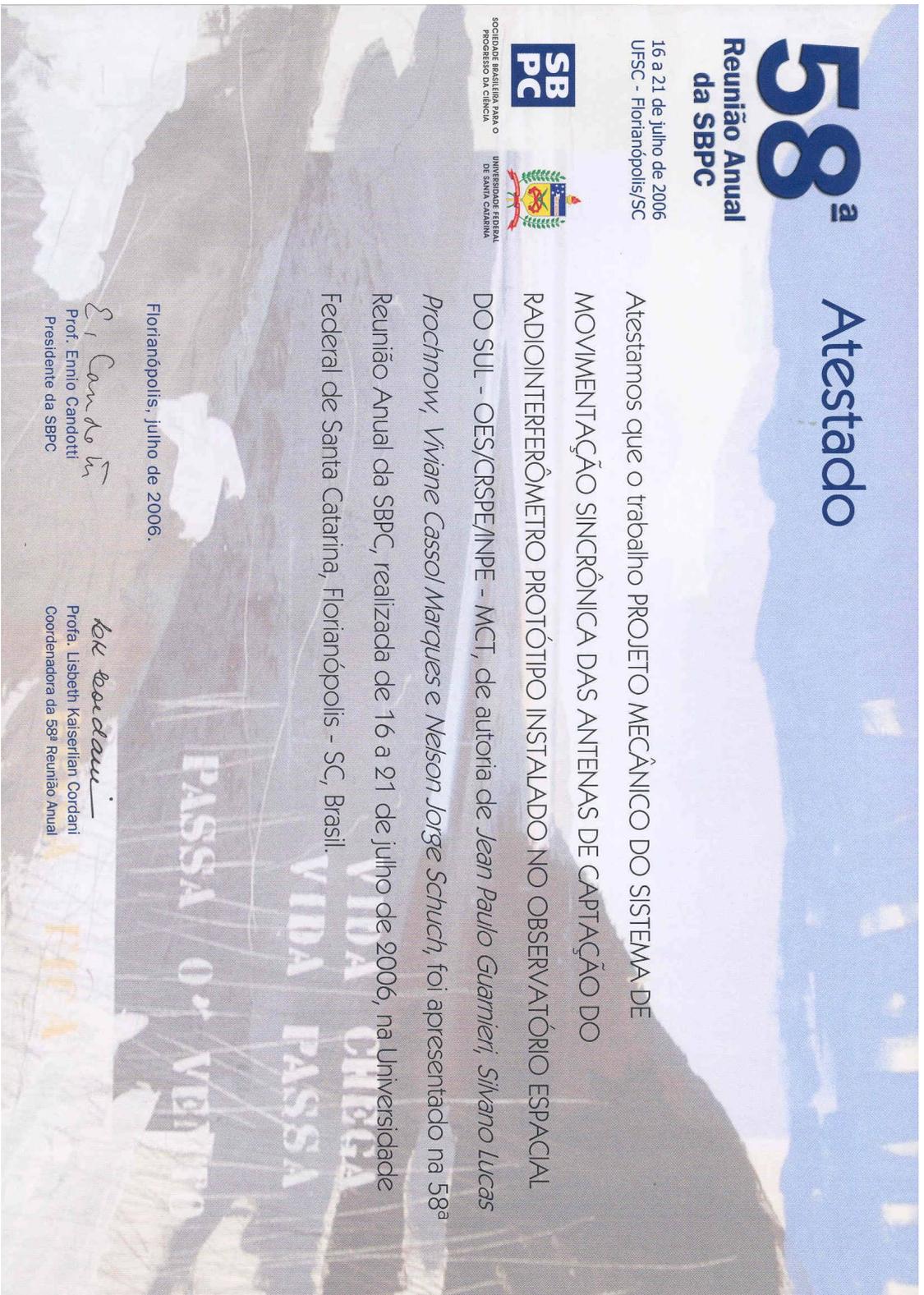
**Bibliografia:**

GUARNIERI, Jean Paulo; **MARQUES, Viviane Cassol**; PROCHNOW, Silvano Lucas; SCHUCH, Nelson Jorge. PROJETO MECÂNICO DO SISTEMA DE MOVIMENTAÇÃO SINCRÔNICA DAS ANTENAS DE CAPTAÇÃO DO RADIOINTERFERÔMETRO PROTÓTIPO INSTALADO NO OBSERVATÓRIO ESPACIAL DO SUL - OES/CRSPE/INPE - MCT. **ANAIS: 58ª Reunião Anual da SBPC**. Florianópolis, 2006 – Brasil.

**Tipo de Participação:**

Co-Autora.

---



## **ANEXO I**

### **DEFINIÇÕES**

#### ***Acuracidade***

Neste contexto, acuracidade é um valor estatístico e é definida como o grau de concordância entre a estimativa ou mensuração da posição e/ou velocidade e a posição e/ou velocidade verdadeira do usuário em um dado nível de confiança, em um dado instante de tempo e numa dada localização da área de cobertura.

A acuracidade é geralmente especificada como o erro da posição num nível de confiança de 95%. Há diversas definições de acuracidade de posição, dependendo de cada aplicação em particular:

- **Previsível:** É a acuracidade da solução de um posicionamento efetuado pelo sistema de rádio navegação com respeito às coordenadas geográficas ou geodésicas da Terra.
- **Repetido:** É a acuracidade com que um usuário retorna a uma posição em que as coordenadas já tenham sido calculadas anteriormente com o mesmo sistema de navegação.
- **Relativo:** É a acuracidade com que um usuário determina uma posição relativa a outra posição sem levar em consideração qualquer erro que possa conter com relação as suas verdadeiras posições.
- **Variante:** É a acuracidade com que um usuário pode medir uma posição relativa a outro usuário que utilize o mesmo sistema de navegação ao mesmo tempo.

Uma definição mais específica, que caracterize os erros de sistema no cálculo do posicionamento (não considerando os erros de aplicação de navegação), é feito pela definição de acuracidade do EGNOS que somente leva em conta os erros emitidos aos receptores GNSS padrões.

#### ***Limite do Alarme***

---

Representa o máximo valor de erro permitido no posicionamento do usuário antes que um alarme seja disparado dentro de um tempo de alarme específico. Este limite de alarme é dependente de considerações feitas pelo operador, e cada usuário é responsável pela sua determinação para possuir a integridade necessária para uma dada operação com as informações recebidas pelo Galileo SIS.

Frequentemente é referido como HAL (Limite de Alarme Horizontal) e VAL (Limite de Alarme Vertical), e XAL que pode ser usado para HAL ou VAL.

### ***Disponibilidade***

A disponibilidade dos Serviços de Navegação é a probabilidade com que o serviço de Posicionamento e o serviço de monitoramento da Integridade (quando aplicável) são disponibilizados e fornecidos, com uma requerida acuracidade, integridade (quando aplicável) e desempenho de continuidade. O serviço será declarado disponível quando a acuracidade e integridade forem maiores ou iguais aos requeridos para a operação e quando for estimado que o sistema esteja disponível durante todo o período necessário para a operação.

Disponibilidade é uma característica de serviço para todos os potenciais usuários durante toda a vida do sistema e então é aplicado somente aos SIS.

### ***Risco de Continuidade***

Risco de continuidade é a probabilidade que o sistema tem de não fornecer informações de direção com a acuracidade e integridade requeridas para uma dada operação.

### ***Risco de Integridade***

Esta é a probabilidade de que durante o período de operação um erro, não importando a fonte, possa resultar no cálculo de um posicionamento com erros excedentes a um valor máximo permitido, chamado Limite do Alarme, e o usuário não é informado deste problema dentro do tempo de alarme específico.

### ***RAIM***

---

O Monitoramento Autônomo da Integridade do Receptor (RAIM) é a proteção da solução de navegação fornecida pelo receptor do usuário contra erros de posicionamento excedentes ao limite do alarme. O monitoramento da integridade pelo receptor de um usuário consiste no processamento dos sinais recebidos de todos os satélites visíveis. Como mais satélites que o requerido estarão disponíveis para o cálculo do posicionamento, são possível identificar e rejeitar informações errôneas. O RAIM então fornecerá um aviso, quando existirem falhas (por exemplo, quando um erro de posicionamento exceder o limite do alarme). Além disso, se um receptor de usuário utilizar informações adicionais ou medidas de outro sistema de navegação e/ou de outros sensores, então a integridade da solução de navegação, que é fornecida pelo receptor do usuário, aumentará.

#### ***Tempo para Alarme***

O sistema Tempo para Alarme é definido como o tempo de partida, quando condições de alarme ocorrem, até o momento em que um alarme é disponibilizado à interface do usuário. É o tempo necessário para se detectar as condições de alarme e inclui um componente para este requerimento.

#### ***Acuracidade do Sincronismo***

A Acuracidade do Sincronismo é relacionada à acuracidade da solução de navegação quando usada para aplicações de tempo. Mede a diferença entre uma escala de tempo estimado à uma escala de referência. Da mesma maneira como para a acuracidade de posicionamento, a acuracidade do sincronismo é também expressada através de estatísticas.

---