



Ministério da  
**Ciência e Tecnologia**



sid.inpe.br/mtc-m19/2011/03.22.13.25-TDI

**UMA PROPOSTA PARA A ATUALIZAÇÃO DO  
SEGMENTO ESPACIAL DO SISTEMA BRASILEIRO DE  
COLETA DE DADOS ORIENTADA PELA  
ENGENHARIA DE SISTEMAS**

Jaqueline Vaz Maiolino

Dissertação de Mestrado do Curso de Pós-Graduação em Engenharia e Tecnologia Espaciais/Gerenciamento de Sistemas Espaciais, orientada pelo Dr. Marcelo Lopes de Oliveira e Souza, aprovada em 20 de maio de 2011.

URL of the original document:

<<http://urlib.net/8JMKD3MGP7W/39CMM2S>>

INPE  
São José dos Campos  
2011

## **PUBLICADO POR**

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE

Gabinete do Diretor (GB)

Serviço de Informação e Documentação (SID)

Caixa Postal 515 - CEP 12.245-970

São José dos Campos - SP - Brasil

Tel.:(012) 3208-6923/6921

Fax: (012) 3208-6919

E-mail: pubtc@sid.inpe.br

## **BOARD OF PUBLISHING AND PRESERVATION OF INPE INTELLECTUAL PRODUCTION (RE/DIR-204):**

### **Chairperson:**

Dr. Gerald Jean Francis Banon - Coordenação Observação da Terra (OBT)

### **Members:**

Dr<sup>a</sup> Inez Staciarini Batista - Coordenação Ciências Espaciais e Atmosféricas (CEA)

Dr<sup>a</sup> Maria do Carmo de Andrade Nono - Conselho de Pós-Graduação

Dr<sup>a</sup> Regina Célia dos Santos Alvalá - Centro de Ciência do Sistema Terrestre (CST)

Marciana Leite Ribeiro - Serviço de Informação e Documentação (SID)

Dr. Ralf Gielow - Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPT)

Dr. Wilson Yamaguti - Coordenação Engenharia e Tecnologia Espacial (ETE)

Dr. Horácio Hideki Yanasse - Centro de Tecnologias Especiais (CTE)

### **DIGITAL LIBRARY:**

Dr. Gerald Jean Francis Banon - Coordenação de Observação da Terra (OBT)

Marciana Leite Ribeiro - Serviço de Informação e Documentação (SID)

Deicy Farabello - Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPT)

### **DOCUMENT REVIEW:**

Marciana Leite Ribeiro - Serviço de Informação e Documentação (SID)

Yolanda Ribeiro da Silva Souza - Serviço de Informação e Documentação (SID)

### **ELECTRONIC EDITING:**

Vivéca Sant´Ana Lemos - Serviço de Informação e Documentação (SID)



Ministério da  
**Ciência e Tecnologia**



sid.inpe.br/mtc-m19/2011/03.22.13.25-TDI

**UMA PROPOSTA PARA A ATUALIZAÇÃO DO  
SEGMENTO ESPACIAL DO SISTEMA BRASILEIRO DE  
COLETA DE DADOS ORIENTADA PELA  
ENGENHARIA DE SISTEMAS**

Jaqueline Vaz Maiolino

Dissertação de Mestrado do Curso de Pós-Graduação em Engenharia e Tecnologia Espaciais/Gerenciamento de Sistemas Espaciais, orientada pelo Dr. Marcelo Lopes de Oliveira e Souza, aprovada em 20 de maio de 2011.

URL of the original document:

<<http://urlib.net/8JMKD3MGP7W/39CMM2S>>

INPE  
São José dos Campos  
2011

Cataloging in Publication Data

---

Maiolino, Jaqueline Vaz.

M285p Uma proposta para a atualização do segmento espacial do sistema brasileiro de coleta de dados orientada pela engenharia de sistemas / Jaqueline Vaz Maiolino. – São José dos Campos : INPE, 2011.

xxviii+194 p. ; (sid.inpe.br/mtc-m19/2011/03.22.13.25-TDI)

Dissertação (Mestrado Engenharia e Tecnologia Espaciais/Gerenciamento de Sistemas Espaciais) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2011.

Orientador : Dr. Marcelo Lopes de Oliveira e Souza.

1. Engenharia de sistemas . 2. Missão de coleta de dados. 3. Segmento espacial. 4. Sistema brasileiro de coleta de dados. 5. Constelações de satélites. I.Título.

CDU 629.783

---

Copyright © 2011 do MCT/INPE. Nenhuma parte desta publicação pode ser reproduzida, armazenada em um sistema de recuperação, ou transmitida sob qualquer forma ou por qualquer meio, eletrônico, mecânico, fotográfico, reprográfico, de microfilmagem ou outros, sem a permissão escrita do INPE, com exceção de qualquer material fornecido especificamente com o propósito de ser entrado e executado num sistema computacional, para o uso exclusivo do leitor da obra.

Copyright © 2011 by MCT/INPE. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording, microfilming, or otherwise, without written permission from INPE, with the exception of any material supplied specifically for the purpose of being entered and executed on a computer system, for exclusive use of the reader of the work.

Aprovado (a) pela Banca Examinadora  
em cumprimento ao requisito exigido para  
obtenção do Título de Mestre em

Engenharia e Tecnologia  
Espaciais/Gerenciamento de Sistemas  
Espaciais

Dr. Petrônio Noronha de Souza



---

Presidente / INPE / SJCampos - SP

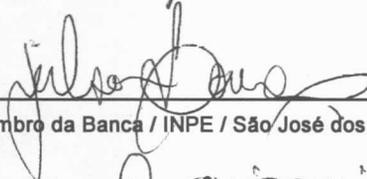
Dr. Marcelo Lopes de Oliveira e Souza



---

Orientador(a) / INPE / SJCampos - SP

Dr. Geilson Loureiro



---

Membro da Banca / INPE / São José dos Campos - SP

Dr. César Celeste Ghizoni



---

Convidado(a) / Conv. Equatorial Sis / São José dos Campos - SP

Aluno (a): Jaqueline Vaz Maiolino

São José dos Campos, 20 de maio de 2011



*“Podemos até ignorar, mas não temos como escapar para lugar algum da presença de Deus. O mundo está repleto dele. Ele anda incógnito por todo lugar. E o incógnito nem sempre é fácil de penetrar. Nossa luta real é contra nos esquecermos de nos preocupar com isso. E por acordarmos de verdade. Mais ainda, por continuarmos acordados.”*

C.S.Lewis



*A Deus, que permitiu que este trabalho fosse realizado  
e escolheu as pessoas que me apoiaram.*



## AGRADECIMENTOS

Ao Dr. Marcelo Lopes de Oliveira e Souza, pela sábia orientação, competência no ensino e exigência.

Ao Dr. Wilson Yamaguti, pelo grande estudo que realizou sobre o assunto, também com os profissionais do INPE, e colaborou para a realização deste trabalho.

Ao Dr. Adenilson Silva por proporcionar discussões e sugestões que serviram para crescimento, aprendizado e incentivo à pesquisa.

À Dra. Maria do Carmo, pela oportunidade de aprendizado, realização profissional e pessoal.

Aos membros da Banca Examinadora, pela atenção dispensada ao lerem a minha Dissertação e ao me avaliarem.

Aos professores do Curso CSE/ETE do INPE, pelos conhecimentos compartilhados, pelos quais sou muito grata.

Aos funcionários da Biblioteca do INPE, pela eficiência, pelo auxílio na construção dos roteiros de formatação e também pela revisão deste trabalho.

Ao INPE, pelas facilidades oferecidas através da organização do curso de Pós-Graduação e do suporte e autonomia dados à Biblioteca, no sentido de sempre priorizar o conhecimento e evolução intelectual e profissional.

A meu pai, Dr. Célio Costa Vaz, exemplo de vida que me estimulou a dar este passo, pelo apoio e ensino diário.

A minha mãe, Sêlva Maria Nunes Vaz, pelo amor e força, por estar ao meu lado me encorajando, especialmente nos momentos difíceis.

A meus irmãos, Gabriele e Bruno, pelo companheirismo principalmente.

A meu esposo, Gilson Maicon Maiolino, por me entender pacientemente e apoiar os meus estudos.

À Elisabeth, por ser minha grande amiga em todos os momentos, e por me encorajar para que eu persistisse nesta conquista.

À empresa Orbital Engenharia, pelo suporte oferecido na utilização de ferramentas computacionais utilizadas neste trabalho e pelo tempo dispensado para que eu pudesse me ausentar nos momentos mais críticos para a finalização deste trabalho.

A todas as pessoas que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização desta Dissertação.

A Deus, autor da vida, sempre presente.

Muito obrigada.

## RESUMO

A presente dissertação apresenta e estuda uma proposta para a atualização do Segmento Espacial do Sistema Brasileiro de Coleta de Dados orientada pela Engenharia de Sistemas, com ênfase em uma análise de cobertura de um sistema orbital de microssatélites, nomeados SCD N, para coleta de dados ambientais oriundos de sinais provenientes de diversas plataformas no solo, para armazená-los a bordo e retransmiti-los no instante adequado para estações de recepção em solo, compatíveis com o Sistema Brasileiro de Coleta de Dados (SBCD) já implantado no País pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), o qual já dispõe de quase mil Plataformas de Coleta de Dados (PCD) espalhadas pelo território nacional. São apresentados os requisitos de missão: funcionais, operacionais e de interface. São realizadas análises visando demonstrar as principais características do sistema em órbita, como taxa temporal de visibilidade de uma plataforma no solo, tempo de visibilidade do satélite por estações terrenas e tempo de revisita. São realizados estudos para proporcionar a definição do sistema orbital de SCDs N (definição da quantidade de microssatélites) de modo a ser capaz de adquirir dados de plataformas espalhadas em regiões do globo, bem como, de ser temporariamente visível, para efeito de telecomunicações, por estações terrenas posicionadas também em regiões do globo. É apresentada uma análise comparativa onde os parâmetros número de planos orbitais, número de satélites por plano, longitude da ascensão reta e inclinação são variados visando identificar qual combinação apresenta o maior percentual de atendimento aos requisitos de missão. Diferentes orientações são também apresentadas. Uma vez identificada a combinação do número de planos e número de satélite mais promissora, é efetuada uma otimização buscando encontrar inclinações que forneçam cobertura ótima. Em seguida, utiliza-se a combinação de planos orbitais e número de satélites por plano que resulte na constelação que requeira o menor número de microssatélites SCD N e aperfeiçoa-se o valor da inclinação de modo a minimizar os intervalos entre acessos. Outros parâmetros de interesse como número de acessos e duração dos acessos são também verificados e analisados.



# **A PROPOSAL FOR UPDATING THE SPACE SEGMENT OF THE NATIONAL DATA COLLECTING SYSTEM GUIDED BY SYSTEMS ENGINEERING**

## **ABSTRACT**

This research addresses a proposal for updating the Space Segment of the National Data Collecting System guided by Systems Engineering, with emphasis on coverage analysis of an orbital satellites system, named SCD N, intended to provide environmental data collection from ground data collecting platforms (PCDs) spread over the Brazilian territory, to provide on board data storage capacity and to transmit the data to a Ground Receiving Station during a convenient orbit passage over it. The data will be received in UHF frequency and it will be transmitted to ground in S-Band frequency. The functional, operational and interface mission requirements are presented. Analyses are performed in order to demonstrate the main characteristics of the system in orbit. Studies are also performed in order to provide the definition of the orbital system SCDs N (number of satellites definition) in order to be able to acquire data from platforms in the world as well as to be temporarily visible, for telecommunications purposes from ground stations positioned in global regions. The study comprises a comparative analysis where the parameters of number of orbital planes, number of satellites per plane, right ascension and inclination are varied to identify which combination has the highest percentage to meet the mission requirements. Different orientations are also presented. Once identified the best combination of orbital planes and number of satellites, an optimization is performed trying to find inclinations that provide optimal coverage. Then it uses the combination of orbital planes and numbers of satellites per plane that requires the lowest number of SCD N and optimizes the inclination in order to minimize the access intervals. Other parameters of interest such as access number and access duration are also analyzed.



## LISTA DE FIGURAS

	<u>Pág.</u>
Figura 2.1 - Processo de Análise do Problema e Desenvolvimento da Solução de Engenharia de Sistemas.....	13
Figura 2.2 - Diagrama de contexto para o processo de definição dos requisitos dos <i>stakeholders</i> .....	14
Figura 2.3 - Processo de análise de requisitos.....	15
Figura 2.4 - Diagrama de contexto para o processo de análise dos requisitos.....	15
Figura 2.5 - Fases de um projeto do setor espacial.....	17
Figura 2.6 Lançadores de Cargas Úteis para Órbitas Não Geoestacionárias abaixo de 200kg entre 1993 e 2007.....	26
Figura 2.7 - Preços de Lançadores (em US\$ Milhões).....	27
Figura 2.8 Capacidade de Carga Útil Efetivamente Lançada.....	28
Figura 2.9 - Representação elementos orbitais no sistema geocêntrico-equatorial.....	31
Figura 2.10 - Representação dos elementos orbitais no plano da órbita.....	32
Figura 4.1 - Passagens do SCD-1 e SCD-2 sobre Cuiabá. Cada traço representa uma passagem de 10 minutos em média.....	52
Figura 4.2 - Satélite de Coleta de Dados -1.....	52
Figura 4.3 <i>Stakeholders</i> e preocupações do produto SBCD.....	63
Figura 5.1 - Dados de Entrada no Ambiente Matlab 7.5.....	78
Figura 6.1 - Satélites SCDs N com o eixo de rotação orientado para o Nadir no Equador (2D).....	82
Figura 6.2 - Satélites SCDs N como eixo de rotação orientado para o Nadir no Equador.....	82
Figura 6.3 - Satélites SCDs N com o eixo de rotação orientado para o Norte (2D).....	83
Figura 6.4 - Satélites SCDs N com o eixo de rotação orientado para o Norte (3D).....	84
Figura 6.5 - Cobertura versus Inclinação.....	92
Figura 6.6 - Variação do Intervalo de Cobertura versus Latitude.....	93
Figura 6.7 - Variação do Intervalo de Cobertura versus Latitude.....	95
Figura 6.8 - Variação do Tempo de Acesso versus Latitude.....	96
Figura 6.9 - Cobertura versus Inclinação.....	98
Figura 6.10 - Variação do Intervalo de Cobertura versus Latitude.....	99
Figura 6.11 - Variação do Intervalo de Cobertura versus Latitude.....	100
Figura 6.12 - Variação do Tempo de Acesso versus Latitude.....	101
Figura 6.13 - Atendimento do Requisito Cobertura versus Inclinação.....	103
Figura 6.14 - Variação do Intervalo de Cobertura versus Latitude.....	104
Figura 6.15 - Variação do Intervalo de Cobertura versus Latitude.....	105
Figura 6.16 - Variação do Tempo de Acesso versus Latitude.....	106
Figura 6.17 - Cobertura global (2D) – Inclinação 18 graus – Orientação Nadir no Equador.....	108
Figura 6.18 - Cobertura global (3D) – Inclinação 18 graus – Orientação Nadir no Equador.....	108

Figura 6.19 -Tempo máximo de revisita versus latitude.....	109
Figura 6.20 - Cobertura global (2D) – Inclinação 21.5 graus – Orientação Norte.....	110
Figura 6.21 - Cobertura global (3D) – Orientação Norte.....	110
Figura 6.22 - Tempo máximo de Revisita versus Latitude. ....	111
Figura 6.23 - Cobertura global (2D) – Inclinação 18 graus – Orientação Nadir.....	112
Figura 6.24 - Cobertura global (3D) – Orientação Nadir.....	112
Figura 6.25 - Tempo máximo de revisita versus latitude.....	113

## LISTA DE TABELAS

	<u>Pág.</u>
Tabela 2.1 - Estimativa sobre as Características de Satélites.....	18
Tabela 2.2 - Variáveis principais.....	36
Tabela 6.1 - Avaliação inicial para a cobertura com eixo de rotação orientado para o Nadir no Equador – PCD 5 graus. ....	85
Tabela 6.2 - Avaliação inicial para a cobertura com o eixo de rotação orientado para o Nadir no Equador – PCD 10 graus. ....	86
Tabela 6.3 - Avaliação inicial para a cobertura com o eixo de rotação orientado para o: Norte – PCD 5 graus.....	88
Tabela 6.4 - Avaliação inicial para a Cobertura com orientação para o Nadir – PCD 5 graus.....	90
Tabela 6.5 - Avaliação da cobertura com orientação para o Nadir – 60 dias.....	94
Tabela 6.6 - Avaliação da cobertura com orientação para o Nadir – 60 dias.....	100
Tabela 6.7 - Avaliação da cobertura com orientação para o Nadir – 60 dias.....	104
Tabela 6.8 - Avaliação da Cobertura Global – 60 dias. ....	107



## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

AEB	Agência Espacial Brasileira
AIS	<i>Automatic Identification System</i>
ANA	Agência Nacional de Águas
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
ARNA	Ascensão Reta do Nodo Ascendente
CBCD	Centro Brasileiro de Coleta de Dados
CBERS	<i>China-Brazil Earth Resources Satellite</i>
CETESB	Companhia de Ambiental do Estado de São Paulo
CCS	Centro de Controle de Satélites
CDR	<i>Critical Design Review</i>
CLA	Centro de Lançamento de Alcântara
CMCD	Centro de Missão de Coleta de Dados
CNAE	Comissão Nacional de Atividades Espaciais
CNES	<i>Centre National d'Études Spatiales</i>
COBAE	Comissão Brasileira de Atividades Espaciais
COTS	<i>Components-off-the-shelf</i>
CPTEC	Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos
CRC	Centro de Rastreamento e Controle
CRN	Centro Regional do Nordeste
CTA	Centro Técnico de Aeronáutica
DAE	Departamento de Assuntos Especiais
DCTA	Departamento de Ciência e Tecnologia Aeroespacial
DMA	Divisão de Clima e Meio Ambiente
DHN	Diretoria de Hidrografia e Navegação
ECSS	<i>European Cooperation for Space Standardization</i>
ESA	<i>European Space Agency</i>
FAA	<i>Federal Aviation Administration</i>
FBM	Satélite Franco-Brasileiro
FRR	<i>Flight Readiness Review</i>

GETEPE	Grupo Executivo e de Trabalhos e Estudos Espaciais
GOCNAE	Grupo de Organização da Comissão Nacional de Atividades Espaciais
IAA	<i>International Academy of Astronautics</i>
IAE	Instituto de Aeronáutica e Espaço
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
IPD	Instituto de Pesquisas e Desenvolvimento
ITA	Instituto Tecnológico de Aeronáutica
LIM	Laboratório de Instrumentação Meteorológica
MCT	Ministério da Ciência e Tecnologia
MECB	Missão Espacial Completa Brasileira
MDR	<i>Mission Definition Review</i>
NACA	<i>National Advisory Committee for Aeronautics</i>
NASA	<i>National Aeronautics and Space Administration</i>
NOAA	<i>National Oceanic and Atmospheric Administration</i>
PCD	Plataforma de Coleta de Dados
PCU	Unidade de Condicionamento de Potência
PDR	<i>Preliminary Design Review</i>
PDU	Unidade de Distribuição de Potência
PNAE	Plano Nacional de Atividades Espaciais
PND AE	Política Nacional de Desenvolvimento das Atividades Espaciais
PROCOD	Processador de Coleta de Dados
PRR	<i>Project Requirements Review</i>
QR	<i>Qualification Review</i>
SACI	Satélite Científico
SATEC	Satélite Tecnológico
SBCD	Sistema Brasileiro de Coleta de Dados
SICS	Sistema de Controle de Satélites
SCD	Satélite de Coleta de Dados
SCD N	Satélite de Coleta de Dados N
SCDAv	Satélite de Coleta de Dados Avançados

SID	Serviço de Informação e Documentação
SINDAE	Sistema Nacional de Desenvolvimento das Atividades Espaciais
SINDA	Sistema Nacional de Dados Ambientais
SRR	<i>System Requirements Review</i>
SSTL	<i>Surrey Satellite Technology Ltd</i>
SIVAM	Sistema de Vigilância da Amazônia
SPG	Serviço de Pós-Graduação
UPC	Unidade de Processamento Central
UPD/C	Unidade de Processamento Distribuído
URSS	União das Repúblicas Socialistas Soviéticas
UTC	Tempo Universal Coordenado
VLS	Veículo Lançador de Satélites



## LISTA DE SÍMBOLOS

$a$	Semi-eixo maior
$e$	Excentricidade
$i$	Inclinação
$f$	Anomalia verdadeira
$\omega$	Argumento do perigeu
$\Omega$	Ascensão reta do nodo ascendente
$\dot{\Omega}$	Taxa de variação da ascensão reta do nodo ascendente



## SUMÁRIO

	<u>Pág.</u>
<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
1.1. A Exploração Espacial no Cenário Internacional.....	2
1.2. As Atividades Espaciais no Brasil.....	3
1.3. A experiência do INPE com Plataforma de Coleta de Dados e a MECB.....	3
1.4. A Agência Espacial Brasileira.....	4
1.5. O desenvolvimento da MECB e dos Satélites no INPE.....	6
1.6. A Situação do Desenvolvimento de Satélites de Pequeno Porte.....	7
1.7. Tema da Dissertação.....	8
1.8. Estrutura do Trabalho.....	9
<b>2 CONCEITOS BÁSICOS.....</b>	<b>11</b>
2.1. Engenharia de Sistemas.....	11
2.1.1. Análise dos <i>Stakeholders</i> .....	13
2.1.2. Análise de Requisitos.....	14
2.1.3. Análises Funcional e Física.....	16
2.1.4. Medidas de Eficácia.....	16
2.1.5. O Ciclo de Vida de um Projeto Espacial.....	17
2.1.6. Definição de uma Missão Espacial.....	17
2.2. Microssatélites Artificiais.....	18
2.2.1. Os Primeiros Microssatélites.....	19
2.2.2. A Contribuição de Surrey.....	20
2.2.2.1. A Utilização de COTS.....	21
2.2.2.2. A Organização do Projeto em Surrey.....	22
2.2.3. Tendências para os Segmentos de Missão.....	23
2.2.4. Oportunidades Recentes.....	24
2.2.5. Países em Desenvolvimento.....	25
2.2.6. Lançadores para Microssatélites.....	26
2.3. Mecânica Orbital.....	29
2.3.1. Constelações de Satélites.....	32
2.3.2. Geometria de Constelações de Satélites.....	33
2.3.3. Cobertura Orbital.....	33
2.3.4. O Design de Constelações de Satélites.....	35
2.3.5. Estrutura das Constelações de Satélites.....	36
<b>3 REVISÃO DA LITERATURA SOBRE ESTUDOS DE CASO.....</b>	<b>39</b>
3.1. Caso 1: Sistema operando com um satélite CBERS.....	40
3.2. Caso 2: Sistema operando apenas com satélites do sistema ARGOS.....	40
3.3. Caso 3: Sistema operando com um CBERS, um SCD e satélites do sistema ARGOS.....	41
3.4. Caso 4: Sistema operando apenas com um satélite CBERS e um satélite SCD.....	41
3.5. Caso 5: Sistema operando com um satélite CBERS e dois satélites SCDs dispostos em planos orbitais distintos.....	42
3.6. Caso 6: Sistema operando com um satélite CBERS e quatro satélites SCDs dispostos em dois planos orbitais distintos.....	43

3.7.	Caso 7: Sistema operando com um satélite CBERS e seis satélites SCDs operando em dois planos orbitais distintos.....	44
3.8.	Caso 8: Sistema operando com um satélite CBERS e três satélites SCDs operando em três planos orbitais distintos.....	44
3.9.	Caso 9: Sistema operando com um satélite CBERS e seis satélites SCDs operando em três planos orbitais distintos.....	45
3.10.	Caso 10: Sistema operando com um satélite CBERS e nove satélites SCDs operando em três planos orbitais distintos.....	45
3.11.	Caso 11: Sistema operando com um satélite CBERS e quatro satélites SCDs operando em quatro planos orbitais.....	45
3.12.	Caso 12: Sistema operando com um satélite CBERS e oito satélites SCDs operando em quatro planos orbitais distintos.....	46
3.13.	Conclusões dos Estudos de Caso.....	46
3.14.	Constelação de Baixo Custo.....	47
<b>4</b>	<b>FORMULAÇÃO DO PROBLEMA.....</b>	<b>49</b>
4.1.	Seleção da Missão.....	49
4.2.	Objetivos da Missão Coleta de Dados Ambientais.....	49
4.3.	Descrição do Sistema Brasileiro de Coleta de Dados.....	50
4.4.	Estrutura do Sistema Brasileiro de Coleta de Dados.....	50
4.5.	Descrição do Segmento Espacial.....	51
4.6.	Satélite SCD-1.....	52
4.7.	Satélite SCD-2.....	55
4.8.	Descrição do Segmento Solo.....	57
4.9.	Mudanças ocorridas no SBCD.....	62
4.10.	<i>Stakeholders</i> da Missão de Coleta de Dados Ambientais.....	62
4.11.	Necessidades de Atualização do Segmento Espacial.....	63
4.12.	Requisitos de Missão do Segmento Espacial.....	70
4.12.1.	Requisitos Funcionais.....	70
4.12.2.	Requisitos Operacionais.....	72
4.12.3.	Requisitos de Interface.....	73
4.13.	Parâmetros em função das Medidas de Efetividade.....	73
4.14.	O Problema.....	74
<b>5</b>	<b>PROPOSTA PARA O SEGMENTO ESPACIAL.....</b>	<b>75</b>
5.1.	Modelo Utilizado nas Simulações.....	77
5.2.	Parâmetros Utilizados.....	78
<b>6</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>81</b>
6.1.	Estabilização do Microsatélite por Rotação.....	81
6.1.1.	Eixo de Rotação Orientado para o Nadir no Equador.....	81
6.1.2.	Eixo de Rotação Orientado para o Norte.....	83
6.2.	Comparação entre orientações dos eixos de rotação.....	84
6.2.1.	Estabilização por Rotação – Orientação Nadir no Equador.....	84
6.2.2.	Estabilização por rotação com o eixo de rotação orientado para o Norte.....	87
6.3.	Estabilização por Gradiente de Gravidade com Orientação para o Nadir.....	89
6.4.	Varredura da Inclinação.....	90
6.4.1.	Estabilização por Rotação com o eixo de rotação orientado para o Nadir no Equador.....	91

6.4.2.	Estabilização por Rotação com o eixo de rotação orientado para o Norte.....	97
6.4.3.	Apontamento Nadir - Gradiente .....	101
6.5.	Cobertura Global.....	106
6.5.1.	Orientação – Nadir no Equador .....	107
6.5.2.	Orientação – Eixo de Rotação Apontado para o Norte .....	109
6.5.3.	Orientação – Eixo de Rotação Apontado para o Nadir .....	111
<b>7</b>	<b>CONCLUSÕES E SUGESTÕES.....</b>	<b>115</b>
7.1.	Conclusões.....	115
7.2.	Sugestões para trabalhos futuros.....	116
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>119</b>
	<b>APÊNDICE A: VARREDURA ARNA .....</b>	<b>123</b>
A.1	Varredura da Ascensão Reta do Nodo Ascendente – ARNA .....	123
A.1.1	Orientação: Norte .....	123
A.1.2	Orientação: Nadir no Equador .....	132
A.1.3	Orientação:Nadir (Gradiente de Gravidade).....	140
	<b>APÊNDICE B: AVALIAÇÃO DA COBERTURA – INCLINAÇÃO.....</b>	<b>149</b>
B.1	Orientação – Eixo de Rotação apontando Para o Norte .....	149
B.1.1	Varredura da Inclinação.....	149
B.1.2	Avaliação de Longo Período.....	150
B.2	Orientação – Eixo de Rotação – Nadir no Equador .....	154
B.2.1	Varredura da Inclinação.....	154
B.2.2	Avaliação de Longo Período.....	156
B.3	Apontamento Nadir (Gradiente) .....	160
B.3.1	Varredura da Inclinação.....	160
B.3.2	Avaliação de Longo Período.....	162
	<b>APÊNDICE C: <i>STAKEHOLDERS</i> DO SISTEMA BRASILEIRO DE COLETA DE DADOS .....</b>	<b>166</b>
	<b>APÊNDICE D: SIMULAÇÃO CONSIDERANDO NOVAS ESTAÇÕES TERRENAS DE RECEPÇÃO .....</b>	<b>170</b>
	<b>APÊNDICE E: DESCRIÇÃO DE ALGUNS SISTEMAS DE COLETA DE DADOS EXISTENTES.....</b>	<b>191</b>
E.1	O Sistema ARGOS .....	191
E.2	O Sistema ORBCOMM.....	193
E.3	Os Sistemas Geoestacionários METEOSAT e GOES.....	193
E.4	O Sistema AUTOTRAC .....	193



## 1 INTRODUÇÃO

A partir do momento em que a humanidade dominou as fronteiras geográficas do planeta, imediatamente voltou sua atenção para o espaço exterior. O desejo de romper os limites da Terra e viajar pelo espaço é antigo e são muitos os relatos dessa vontade através dos tempos. Mas, esse desejo só se tornou realidade na segunda metade do século passado. Por outro lado, a idéia de se colocar um satélite em órbita da Terra já existia há pelo menos três séculos. O físico, matemático e astrônomo inglês, Sir Isaac Newton (1642-1727), que introduziu a Lei da Gravitação Universal, também afirmou que um objeto poderia se manter em órbita da Terra, assim como os planetas se mantêm em órbita do Sol, se a velocidade fosse suficiente para vencer a atração gravitacional da Terra. Ele previu que a resistência do ar atmosférico sobre o objeto reduziria sua velocidade ao longo do tempo. A genialidade de Newton permitiu a ele ainda supor que em altitudes mais elevadas, onde a atmosfera é mais rarefeita e oferece menor resistência, o objeto poderia permanecer em órbita da Terra por longos períodos.

A exploração espacial conquistou nova dimensão na disputa de poder entre as nações nas últimas décadas. Ter acesso ao ambiente espacial aumenta o poderio militar, promove o desenvolvimento econômico e confere prestígio político. No contexto internacional, é essencial para elevar a influência de um país, em harmonia com as demais atividades industriais.

A exploração espacial traz enormes desafios técnicos e demanda coragem e preparo humano equiparáveis à fase heróica das grandes navegações. Confere aos países que encontram sucesso nesse empreendimento uma autonomia comparável àquela que possuíam os países colonizadores europeus, capazes de construir embarcações e realizar navegações através dos oceanos, nos séculos XV e XVI.

O espaço é um ativo estratégico que gera foco significativo de investimentos nacionais entre um número crescente de nações. E, apenas meio século depois do lançamento do primeiro satélite, a atividade espacial ganhou tal dimensão que se tornou presença indispensável no cotidiano das pessoas.

## **1.1. A Exploração Espacial no Cenário Internacional**

O marco zero da atividade espacial foi o lançamento do satélite Sputnik I (Iskustvenyi Sputnik Zewli – ou seja, “Companheiro Artificial da Terra”) pela antiga União das Repúblicas Socialistas Soviéticas (URSS), em outubro de 1957. A partir daí os Estados Unidos da América e a URSS se engajaram em uma competição que viria a ser conhecida como “Corrida Espacial”. A disputa se manteve aquecida por cerca de dez anos. A tecnologia espacial teve um papel preponderante nesta jornada, tanto no apoio às pesquisas envolvendo foguetes de sondagem como na colocação em órbita dos primeiros satélites. Neste período também ocorreu a criação da National Aeronautics and Space Administration (NASA), a antiga National Advisory Committee for Aeronautics (NACA) (ROLLEMBERG, R.; et al, 2009).

A partir de então, uma série de missões importantes ocorreram neste cenário espacial, tais como, as primeiras missões para a Lua, o primeiro homem no espaço, atividade extra-veicular, os diversos tipos de satélites artificiais em órbita, exploração interplanetária, os ônibus espaciais e a Estação Espacial Internacional.

É possível observar através do exemplo dos países que desenvolveram seus programas espaciais com sucesso, que o êxito de um programa espacial depende não apenas de recursos financeiros, mas, também, da soberania e autonomia que um país deve possuir para a colocação de satélites em órbita, sem submeter-se a interesses políticos, econômicos e militares das nações que detêm essa capacidade. O domínio do ciclo completo da atividade espacial, que inclui também a autonomia para lançamento de satélites por veículos lançadores próprios em território próprio, está restrito a poucos países, tais como: Estados Unidos, Rússia, Índia, Israel, Japão, China, além das iniciativas conjuntas dos países que integram a União Européia.

Um número cada vez maior de nações, inclusive em desenvolvimento, envidam esforços em programas espaciais visando à afirmação de sua soberania, aumento da segurança nacional e do desenvolvimento econômico e social.

## **1.2. As Atividades Espaciais no Brasil**

O Brasil, como não poderia deixar de ser, acompanhou essa busca pelo espaço exterior e também se organizou para se desenvolver no campo das tecnologias espaciais.

O Brasil foi um dos primeiros países em desenvolvimento a executar atividades espaciais de forma institucionalizada, estabelecendo organizações governamentais dedicadas ao espaço desde o início da década de 1960. O Grupo de Organização da Comissão Nacional de Atividades Espaciais (GOCNAE), diretamente subordinado ao então Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, evoluiu para a Comissão Nacional de Atividades Espaciais (CNAE) que, no início da década de 70, transformou-se no Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), subordinado ao Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT).

O Grupo Executivo e de Trabalhos e Estudos Espaciais (GETEPE), subordinado ao Ministério da Aeronáutica, fundiu-se com o Departamento de Assuntos Especiais (DAE), do Instituto de Pesquisas e Desenvolvimento (IPD), do Departamento de Ciência e Tecnologia Aeroespacial (DCTA), o antigo Centro Técnico Aeroespacial (CTA), dando origem, em 1969, ao Instituto de Aeronáutica e Espaço (IAE), o antigo Instituto de Atividades Espaciais. Com o objetivo de disciplinar as atividades espaciais no país, foi criada, em 1971, a Comissão Brasileira de Atividades Espaciais (COBAE) (ROLLEMBERG, R.; et al, 2009).

## **1.3. A experiência do INPE com Plataforma de Coleta de Dados e a MECB**

No tocante às primeiras experiências do INPE com Plataformas de Coleta de Dados (PCD) por satélites, estas foram realizadas em meados de 1972, com a utilização do satélite francês EOLE. Foram instaladas no Brasil 4 PCDs, em um experimento destinado a verificar a viabilidade tecnológica do conceito, com resultados excelentes.

A partir de 1976, iniciaram-se os estudos visando o desenvolvimento de plataformas no País, para serem utilizadas com satélites existentes de órbita baixa, heliossíncrona

(satélites TIROS/N e NOAA-6), e de órbita geoestacionária (satélite GOES) (OLIVEIRA, F., 1996).

Por ocasião do Primeiro Seminário de Atividades Espaciais, realizado pela COBAE em 1977, foi aprovado o projeto de desenvolvimento e construção de 10 PCDs, posteriormente operadas com o satélite TIROS/N (Sistema ARGOS, franco-americano). Este projeto resultou no desenvolvimento de um protótipo de PCD nacional.

Em 1978, o Projeto de Hidrologia e Climatologia da Amazônia, um projeto de cooperação da Organização das Nações Unidas, propôs a utilização de PCDs para monitorar o nível de rios na Amazônia e medir a precipitação na bacia, com cerca de 100 plataformas operando com o satélite geoestacionário americano GOES.

Ainda por ocasião do Primeiro Seminário de Atividades Espaciais, foi lançado um estudo de viabilidade para a construção de satélites artificiais no Brasil, dentro da Missão Espacial Completa Brasileira (MECB).

As iniciativas nacionais no setor espacial ganharam novo impulso a partir de 1979 com a MECB. Primeiro programa espacial com características efetivas de grande porte e longo prazo, a MECB estabeleceu como metas o desenvolvimento de um veículo lançador (foguetes de propelente sólido) e quatro pequenos satélites com aplicações ambientais (dois para coleta de dados e dois para sensoriamento remoto da Terra), bem como a infra estrutura básica requerida. Abordaremos na Seção 1.5 o desenvolvimento da MECB com mais detalhes.

No início da década de 90, a conjuntura internacional e as mudanças internas levaram à substituição da COBAE por uma nova instituição que, além da estruturada forma de exercer uma atuação mais ampla, pudesse sinalizar inequivocamente o caráter pacífico das atividades espaciais brasileiras.

#### **1.4. A Agência Espacial Brasileira**

A criação da Agência Espacial Brasileira (AEB), em 10 de fevereiro de 1994, com a finalidade de promover o desenvolvimento das atividades espaciais de interesse

nacional, representou uma clara sinalização do reconhecimento pelo governo da importância das atividades espaciais, decorrente não apenas do amplo rol de realizações concretas, mas também, do potencial dessas atividades nas esferas científica, tecnológica, econômica e política. Substituindo a COBAE, a AEB é responsável por formular e coordenar a política espacial brasileira e tem dado continuidade aos esforços empreendidos pelo governo brasileiro, para promover autonomia no setor espacial.

Para nortear estas ações e definir diretrizes, a AEB atua na coordenação central do Sistema Nacional de Desenvolvimento das Atividades Espaciais (SINDAE) e tem a responsabilidade de formular a Política Nacional de Desenvolvimento das Atividades Espaciais (PNDAE) e de formular e implementar o Programa Nacional de Atividades Espaciais (PNAE), cujas atividades são executadas por outras instituições governamentais que compõem o sistema.

O Programa Nacional de Atividades Espaciais foi inicialmente aprovado em agosto de 1996. Concebido para cobrir um período de 10 anos e ser revisado regularmente, organiza as atividades espaciais brasileiras em grandes programas dirigidos à consecução dos objetivos da PNDAE.

O PNAE é estratégico para o desenvolvimento da capacitação e de recursos no domínio da tecnologia espacial no seu ciclo completo e tem por objetivo capacitar o país para desenvolver e utilizar tecnologias espaciais na solução de problemas nacionais e em benefício da sociedade brasileira, contribuindo para a melhoria da qualidade de vida, por meio da geração de riqueza e oferta de empregos, do aprimoramento científico, da ampliação da consciência sobre o território e melhor percepção das condições ambientais (AEB, 2005).

A versão vigente do PNAE, que é fruto da sua terceira revisão, abrange o período de 2005 à 2014, responde às orientações da PNDAE, definindo missões e estabelecendo ações destinadas a concretizar os objetivos ali estabelecidos. Nele se incluem, também, as prioridades e diretrizes que norteiam a execução do conjunto das atividades espaciais e que deverão servir de referência para o planejamento anual e plurianual dos componentes do SINDAE (AEB, 2005).

### **1.5. O desenvolvimento da MECB e dos Satélites no INPE**

Retornando novamente ao desenvolvimento da MECB, o primeiro satélite nacional previsto, com a missão de coleta de dados ambientais, o Satélite de Coleta de Dados (SCD-1), foi lançado por um foguete Pegasus em 9 de fevereiro de 1993. O SCD-1 superou em muito sua vida projetada e continua parcialmente operacional em órbita.

Em 1996 foi iniciada a construção do SCD-2A. Sua finalidade era de dar continuidade a maior extensão ao serviço de coleta de dados e servir de carga útil para o primeiro voo do Veículo Lançador de Satélites 1 (VLS-1). A órbita escolhida para o SCD-2A foi diferente da órbita do SCD-1 a fim de possibilitar uma frequência maior de aquisição de dados sobre a Amazônia e o Nordeste. Porém, em novembro de 1997, o SCD-2A foi perdido com a falha no lançamento do VLS-1.

O segundo satélite brasileiro, o SCD-2, também com a missão de coleta de dados ambientais, foi lançado em 22 de outubro de 1998, novamente por um foguete Pegasus, obteve pleno sucesso, e continua parcialmente operacional em órbita.

Após o sucesso do SCD-1, outros projetos de pequenos satélites científicos e de aplicações de engenharia conseguiram apoio para desenvolvimento. O Satélite Científico 1 (SACI-1) com cerca de 60 kg, foi construído pelo INPE em cooperação com outras instituições de pesquisa nacionais. Infelizmente, a missão SACI-1 falhou, embora o satélite tenha sido colocado na órbita prevista pelo foguete chinês Longa Marcha 4. A série SACI foi descontinuada, com a perda do SACI-2, com a falha no lançamento do VLS-2 ocorrida em 1999.

O desenvolvimento de pequenos satélites foi descontinuado no INPE após a perda do Satélite Tecnológico (SATEC), fato ocorrido no acidente com o VLS-3 em 2003, e com a interrupção da cooperação com a França para desenvolvimento do Satélite Franco-Brasileiro (FBM).

Paralelamente ao programa de foguetes e de pequenos satélites nacionais da MECB, em 1988 o Brasil deu início a outro projeto, em cooperação com a China, cujo objetivo era

desenvolver, lançar e operar satélites de médio porte (uma tonelada e meia) para sensoriamento remoto de recursos naturais.

O Programa CBERS (China-Brazil Earth Resources Satellite – Satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres) nasceu de uma parceria inédita entre o Brasil e a China no setor técnico-científico espacial. Foram lançados até então três satélites CBERS (CBERS-1 em 1999; CBERS-2 em 2004 e o CBERS-2B em 2007). Atualmente, estão sendo desenvolvidos os CBERS 3&4, com previsão de lançamento para 2011 e 2013, respectivamente.

Os satélites da série CBERS possuem cargas úteis de coleta de dados para também contribuir com o Sistema Brasileiro de Coleta de Dados (SBCD). No entanto, por estarem em órbita polar heliosíncrona, apresentam baixa distribuição temporal de passagens na região equatorial para a missão de coleta de dados.

#### **1.6. A Situação do Desenvolvimento de Satélites de Pequeno Porte**

Verifica-se que após o lançamento do primeiro satélite do Programa CBERS, ocorreu o fortalecimento de uma das diretrizes estabelecidas no PNAE, que estabelece que “o progresso no setor espacial é mais significativo quando alavancado por grandes programas mobilizadores” (AEB, 2005).

Movido pela diretriz do PNAE mencionada acima, o País deixou de investir e de dar continuidade ao desenvolvimento de vários pequenos satélites científicos, tecnológicos e de aplicações, deixando até mesmo de repor os SCD-1 e SCD-2, o que talvez se caracterize como um dos maiores equívocos da política espacial brasileira em termos de promover o desenvolvimento de tecnologia no setor espacial.

Como consequência, a não reposição do Segmento Espacial do SBCD, composto pelos satélites SCD-1 e SCD-2 está colocando em risco a continuidade da missão de coleta de dados, uma vez que as vidas úteis do seus satélites se encontram ultrapassadas em muito, prejudicando a comunidade extensa de usuários dos dados fornecidos pelos mesmos.

Do breve histórico apresentado, podem ser inferidas pelo menos três vertentes que motivam a retomada do desenvolvimento de pequenos satélites, em especial para a atualização do segmento espacial do SBCD. A primeira, é a necessidade de atualização dos satélites de coleta de dados para promover a revitalização do SBCD, a segunda é motivada pela necessidade de alcançar os níveis de desenvolvimentos tecnológicos ocorridos nos últimos anos na área de pequenos e microssatélites. Os satélites do porte e tipo dos SCDs são utilizados além de coleta de dados e retransmissão de dados, para identificação automática da posição aproximada das plataformas em solo, como, por exemplo, “Automatic Identification System” (AIS), para localização de pequenas embarcações (COMDEV, 2010). A terceira vertente se baseia no dinamismo que os pequenos e microssatélites podem trazer para o Programa Espacial Brasileiro que carece muito de realizações menos espaçadas no tempo.

### **1.7. Tema da Dissertação**

O tema desta dissertação foi motivado pela relação observada entre o cenário atual do Segmento Espacial do SBCD e as perspectivas de futuros lançamentos de satélites de coleta de dados previstos pelo INPE, segundo o Roteiro de Desenvolvimento de Missões e Tecnologias Espaciais para o período 2008-2020. Este Roteiro apresenta os Satélites de Coleta de Dados Avançados (SCDAv-1 e SCDAv-2) como uma proposta que busca atingir vários objetivos simultâneos, sendo um deles a continuidade operacional do SBCD. Apesar do fato de que até o momento essa aspiração institucional se encontra no mais baixo nível de prioridade, segundo a análise por cancelamento de Missões (INPE, 2008), acredita-se que devido a extrema necessidade de atualização do SBCD e à rápida evolução tecnológica observada nos últimos anos na área de pequenos e micro satélites, essa prioridade será rapidamente revista.

Este trabalho consiste em apresentar e discutir uma proposta para a atualização do Segmento Espacial do SBCD orientada pela Engenharia de Sistemas, no sentido de contribuir como um estudo, para a continuidade da missão, a melhoria, ampliação da capacidade de prestação de serviços dos satélites específicos, o desempenho e a confiabilidade.

## **1.8. Estrutura do Trabalho**

Este trabalho será apresentado da seguinte forma:

O Capítulo 2 apresenta os conceitos básicos para o desenvolvimento do trabalho.

O Capítulo 3 apresenta os estudos de caso recentes relacionados à análise de constelações de satélites.

O Capítulo 4 trata da formulação do problema.

O Capítulo 5 propõe uma solução para o problema.

O Capítulo 6 apresenta os resultados e discussões.

O Capítulo 7 apresenta as conclusões e sugestões para trabalhos futuros.

As referências bibliográficas necessárias para o desenvolvimento do trabalho são apresentadas na seção seguinte à acima descrita.

O Apêndice A apresenta a varredura realizada da Ascensão Reta do Nodo Ascendente (ARNA) que foi utilizada nos resultados.

O Apêndice B apresenta a avaliação da cobertura realizada para a inclinação que foi utilizada nos resultados.

O Apêndice C apresenta os principais *stakeholders* do SBCD.

O Apêndice D apresenta a simulação computacional para o caso de novas Estações Terrenas de Recepção do SBCD.

O Apêndice E descreve alguns sistemas de coleta de dados existentes.



## 2 CONCEITOS BÁSICOS

Este Capítulo apresenta e referencia alguns conceitos básicos (introdutórios) relacionados aos principais assuntos abordados nesse trabalho: engenharia de sistemas, microssatélites e suas constelações.

### 2.1. Engenharia de Sistemas

São poucos os países do mundo a dominar a tecnologia de projeto, desenvolvimento, fabricação, montagem, integração, testes, lançamentos de veículos espaciais e satélites artificiais no espaço, operação e descarte dos mesmos, que são os chamados “processos do ciclo de vida”. Lançar um veículo ao espaço e colocar um satélite em órbita envolve a coordenação de complexas atividades relacionadas às missões espaciais.

Segundo Loureiro (1999), esta complexidade é resultante da interação e número de conexões entre as partes ou elementos de um conjunto. Isso faz com que o projeto ou modificação de uma parte ou subsistema tenha impacto direto em outras partes ou subsistemas, o que não permite o desenvolvimento isolado das partes.

Para cada tipo de missão espacial, quer seja de observação da Terra, observação astronômica, comunicações, meteorologia, coleta de dados, sondagem, militares, recuperáveis e tripuladas (SOUZA, 2008), existem diversas soluções, com diferentes níveis de complexidade. Assim sendo, o exercício de **Engenharia de Sistemas** contribui para a seleção da melhor solução possível a um dado problema/necessidade.

Pelo fato de um satélite artificial constituir em geral em um **sistema** não reparável uma vez colocado em órbita, de elevada precisão e custo, este possui **elementos, atributos e relacionamentos** de modo a atender às especificações, sob condições estabelecidas (são as que o cliente espera que o produto funcione) e por um determinado intervalo de tempo (SOUZA, 2008). A crescente complexidade destes sistemas torna a disciplina de Engenharia de Sistemas muito importante. Desta forma, surge a necessidade de controlar os processos envolvidos em uma dada missão espacial, de forma a contribuir para o alcance dos seus critérios de sucesso.

Na abordagem da Engenharia de Sistemas, utiliza-se um processo para missões aplicadas ao setor espacial (as definições deste processo podem ser encontradas em Loureiro, (1999), NASA, (2007)), com a finalidade de assegurar que todas as necessidades (objetivos e vínculos desejados) do cliente/usuário (*stakeholder*), que por sua vez são transformados em requisitos e posteriormente em especificações de missão e de sistema, serão satisfeitas durante a totalidade do ciclo de vida do sistema (solução). A solução do sistema inclui não apenas o produto final, mas também seus processos de ciclo de vida e algumas de suas organizações que o desempenham.

Os requisitos, processos de análise funcional e física são realizados através da modelagem simultânea de produtos, processos e organização, conforme a proposta moderna de Loureiro (1999). Como os requisitos e atributos são identificados, as relações entre eles também podem ser.

Uma vez estabelecidos os objetivos qualitativos da missão, ou seja, os objetivos que o sistema deve alcançar para ser produtivo, a próxima etapa é transformá-los em requisitos preliminares da missão e restrições, que são as expressões quantitativas de quão bem consegue-se alcançar os objetivos, equilibrando o que se deseja contra o que o orçamento permite (WERTZ; LARSON, 1999). Em outras palavras, o resultado final do processo interdisciplinar começa com a captura das necessidades dos *stakeholders* e conclui com a entrega de uma solução, que pode ser um sistema (produto), verificado e aceito pelos *stakeholders*. A Figura 2.1 a seguir ilustra este processo.

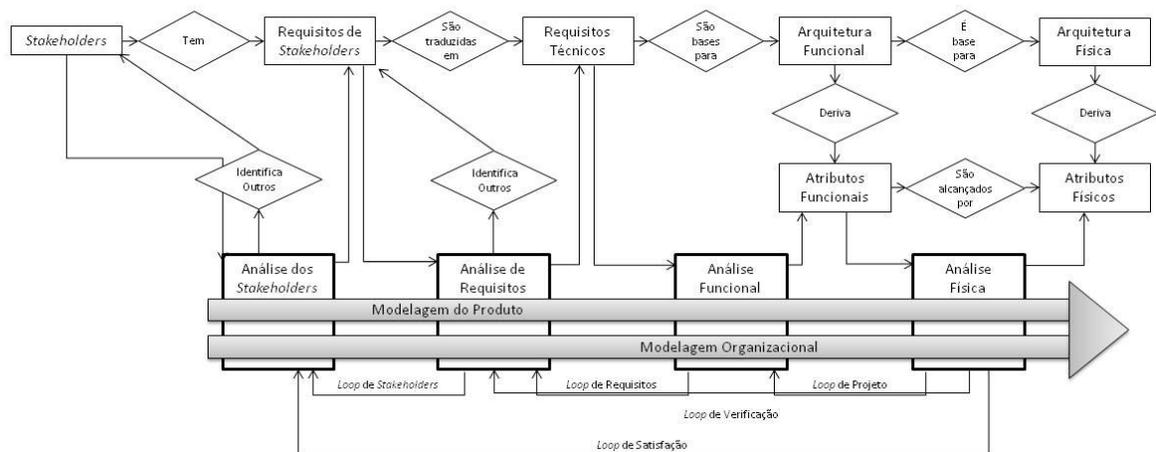


Figura 1.1 - Processo de Análise do Problema e Desenvolvimento da Solução de Engenharia de Sistemas  
 Fonte: Adaptada de Loureiro, (2010).

### 2.1.1. Análise dos Stakeholders

A identificação dos *stakeholders* é realizada mediante a identificação das pessoas ou organizações que são afetadas pelos atributos do produto final, os processos do ciclo de vida e suas organizações no âmbito do esforço de desenvolvimento. Uma maneira de identificar os *stakeholders* é separar o sistema em produtos, processos de ciclo de vida e organizações, e investigar quem são as pessoas ou organizações que interagem diretamente com cada um deles ou são afetadas por cada um deles.

Os requisitos dos *stakeholders* governam o desenvolvimento do sistema, e eles são um fator essencial na definição do escopo do desenvolvimento do projeto. Se uma empresa está adquirindo o sistema, este processo constitui a base para a descrição técnica das prestações de um acordo - geralmente na forma de uma especificação em nível de sistema e interfaces definidas nos limites do sistema (LOUREIRO, 1999).

No processo seguinte (Análise de Requisitos), os critérios de verificação são acrescentados a esta definição. A Figura 2.2 a seguir é o diagrama de contexto para este

processo:

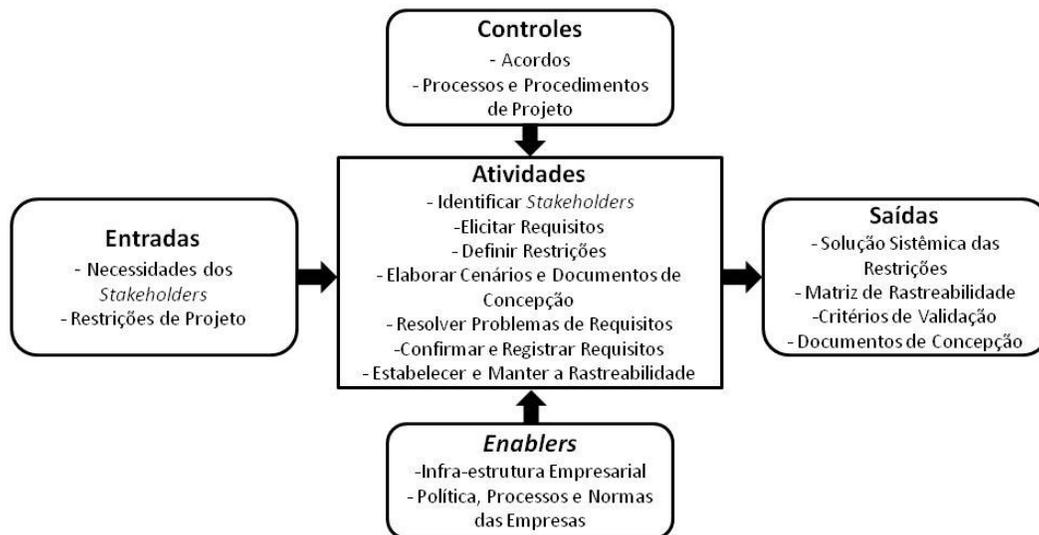


Figura 1.2 - Diagrama de contexto para o processo de definição dos requisitos dos *stakeholders*.

Fonte: Adaptada de INCOSE, (2000).

### 2.1.2. Análise de Requisitos

A análise de requisitos é desencadeada pela identificação de alguns dos *stakeholders* iniciais e as suas necessidades expressas pelos requisitos dos *stakeholders* (interessados). O processo de análise de requisitos, em seguida, identifica outras partes interessadas, suas preocupações e necessidades. Como parte do processo de análise, os requisitos entre as partes interessadas, funções, desempenho, condições, restrições, premissas e objetivos são identificados e são transformados em um conjunto completo e consistente de requisitos técnicos. O conjunto de requisitos técnicos contém condições e requisitos funcionais e de desempenho do produto final e de seus processos de ciclo de vida. Os requisitos técnicos são rastreáveis com relação aos requisitos dos *stakeholders* identificados.

A Figura 2.3 fornece uma visão geral do processo de análise de requisitos. O *loop* de refinamento requisitos assegura o fato de que os requisitos técnicos devem mapear para os requisitos dos *stakeholders* (interessados) e objetivos (LOUREIRO, 1999).

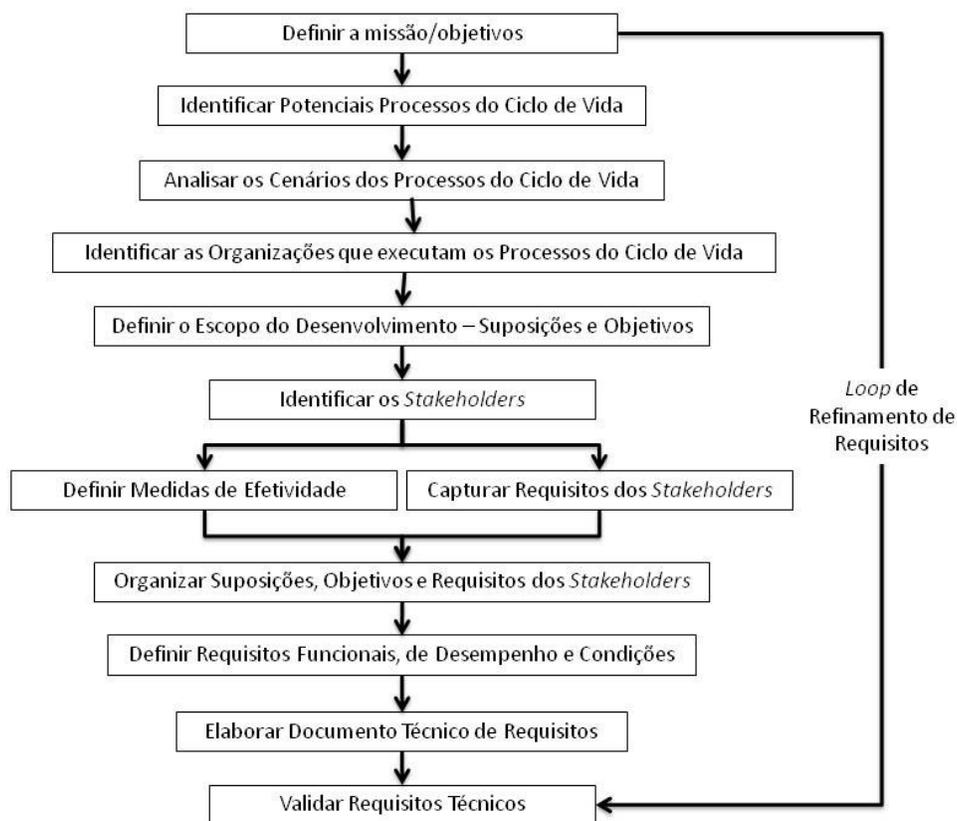


Figura 1.3 - Processo de análise de requisitos.  
 Fonte: Adaptada de Loureiro, (1999).

A Figura 2.4 a seguir apresenta o diagrama de contexto para análise de requisitos.

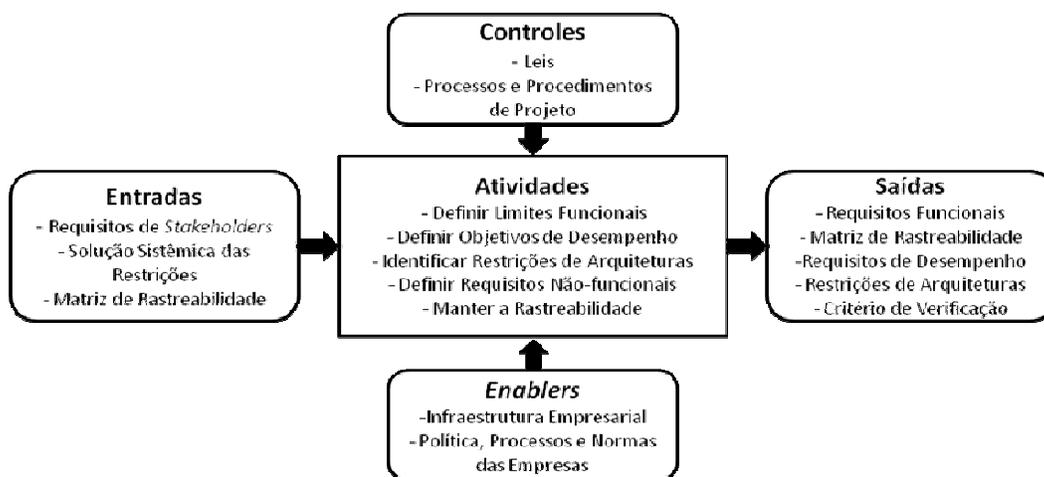


Figura 1.4 - Diagrama de contexto para o processo de análise dos requisitos.  
 Fonte: Adaptada de INCOSE, (2000).

### **2.1.3. Análises Funcional e Física**

A análise funcional traduz os requisitos técnicos em uma arquitetura funcional, do qual os atributos funcionais são derivados. Atributos funcionais descrevem cada elemento na arquitetura funcional. A arquitetura funcional descreve as disposições funcionais e de sequenciamento de sub-funções resultantes da decomposição do conjunto de funções do sistema às suas sub-funções. A análise funcional é realizada sem a consideração de uma solução de projeto.

A análise física traduz a arquitetura funcional em uma arquitetura física a partir do qual os atributos físicos são derivados. Os atributos físicos descrevem cada elemento na arquitetura física. A arquitetura física proporciona uma disposição de elementos, a sua decomposição, interfaces (internas e externas), restrições físicas e projeto.

O processo de análise proposto na Figura 2.1 tem a intenção de fornecer uma definição estruturada e iterativa do problema e desenvolvimento da solução. A natureza iterativa do processo de análise é caracterizado pelos *loops* de requisitos, projeto e verificação na Figura 2.1. O *loop* de requisitos representa o fato de, por exemplo, como novas funções são identificadas, os novos requisitos derivados terão de ser definidos para quantificar a funcionalidade. O *loop* de projeto assegura que as decisões de projeto são feitas, funções específicas, especialmente nos níveis mais baixos, será adicionadas ou reorganizadas. O *loop* de verificação garante que o domínio da solução mapeia corretamente o domínio do problema. O feedback dos requisitos indica a necessidade de confirmar (ou verificar) que as soluções propostas cumprem os requisitos.

### **2.1.4. Medidas de Eficácia**

Um aspecto importante são as medidas de eficácia, pois correspondem à métrica que os *stakeholders* utilizarão para medir sua satisfação com relação à solução proposta pelo sistema, definida através de um esforço de desenvolvimento. As medidas de eficácia refletem as expectativas do cliente em geral e sua satisfação. Principais medidas de eficácia podem incluir desempenho, segurança, operacionalidade, confiabilidade e facilidade de manutenção, ou outros fatores.

Uma maneira de identificar as medidas de eficácia é identificar as preocupações dos *stakeholders* com relação à produtos, processos e organização (LOUREIRO, 1999).

### 2.1.5. O Ciclo de Vida de um Projeto Espacial

Um dos conceitos fundamentais utilizados no setor espacial para o gerenciamento de sistemas é o do ciclo de vida do projeto, que consiste em uma categorização de tudo o que deve ser feito para cumprir um programa ou projeto em fases distintas, separadas por eventos que são revisões de tomada de decisão, ou seja, a autoridade determina a se um programa / projeto está pronto para avançar para a próxima fase do ciclo de vida, conforme pode ser visualizado na Figura 2.5 abaixo:

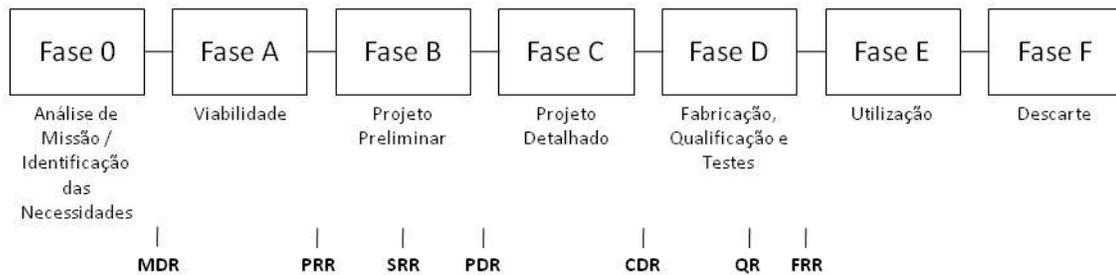


Figura 1.5 - Fases de um projeto do setor espacial.  
Fonte: Adaptada de Loureiro, (1999).

É muito importante que cada etapa seja muito bem documentada, para que em uma etapa posterior seja possível fazer uma reavaliação e também para que o conhecimento adquirido seja utilizado para futuras missões.

Os detalhes das atividades executadas em cada uma dessas fases estão descritos em NASA (2007).

### 2.1.6. Definição de uma Missão Espacial

São de importância ímpar para a concepção e o desenvolvimento de um sistema espacial a coordenação de atividades de engenharia de sistemas para se obter as seguintes definições relacionadas aos Segmentos Espacial, Solo e Lançador:

- Definição da(s) órbita(s) a ser(em) utilizada(s): geoestacionária, sol-síncrona, equatorial, etc. e da estratégia para a sua manutenção, bem como dos parâmetros com impacto no desenvolvimento da(s) carga(s) útil(eis);
- Definição das características do(s) satélite(s) (cargas úteis e plataformas), bem como do número de satélites em órbita (no caso do lançamento de uma constelação): Segmento Espacial;
- Definição dos sistemas de Comando, Controle e Comunicação, bem como da forma de operação do(s) satélite(s): Segmento Solo;
- Lançador(es) a ser(em) utilizado(s): Segmento Lançador.

O desenvolvimento dessas atividades são comumente realizadas por uma equipe de projeto, denominada, equipe de Engenharia de Sistemas, o qual é usualmente composto por um coordenador ou gerente com vasta experiência no desenvolvimento de aplicações espaciais e por especialistas em cada um dos segmentos apresentados acima.

## 2.2. Microssatélites Artificiais

A definição exata do que venha a ser um pequeno ou microssatélite pode não ser muito precisa. Alguns critérios incluem a massa do satélite, o custo, dimensões e o tempo de desenvolvimento. O critério de classificação mais óbvio é baseado na massa do satélite. A Tabela 2.1 a seguir mostra uma estimativa sobre algumas características dos satélites, podendo-se fazer uma avaliação comparativa entre eles.

Tabela 1.1 - Estimativa sobre as Características de Satélites.

Fonte: Adaptada de Kramer; et al., (2008).

CLASSE	MASSA (kg)	CUSTO DE DESENVOLVIMENTO (milhões de reais)	TEMPO DE DESENVOLVIMENTO (anos)
Satélite Grande	$\geq 1000$	$\geq 300$	$\geq 8$
Satélite Médio	500 – 1000	80 – 300	6 – 8
Mínissatélite	100 – 500	20 – 80	4 – 6
Microssatélite	10 – 100	3 – 20	2 – 4
Nanossatélite	1 – 10	0,3 – 3	1 – 2
Pico-satélite	0,1 – 1	$\leq 0,3$	$\leq 1$

### **2.2.1. Os Primeiros Microssatélites**

O assunto “microssatélites” claramente não é novo. Em 1957, a antiga União Soviética foi o primeiro país a lançar um objeto feito pelo homem na órbita terrestre, conforme já mencionado anteriormente. Este satélite, na forma de uma esfera, tinha 58,6 cm de diâmetro e 83,6 kg de massa. Suas dimensões e massa são compatíveis com os modernos microssatélites. A capacidade limitada dos lançadores era o principal fator que confinava o tamanho e a massa do satélite naquela época. Nas décadas seguintes, o tamanho, a complexidade e o custo dos satélites cresceram como, também, cresceu significativamente a capacidade dos veículos lançadores. O Sputnik 2, lançado no mesmo ano, já possuía 543,5 kg, ou seja, sua maior massa já era similar à dos modernos minissatélites. O Sputnik 3, por sua vez, já possuía 1340 kg de massa e o Sputnik 4 foi lançado em 1960 como 4540 kg de massa, um recorde para a época.

A história do Sputnik é um resumo da história dos satélites desde seu lançamento até inícios de 1990, ou seja, é a história de um crescente aumento de massa para fornecer aos satélites maiores funcionalidades. Com o aumento das funcionalidades, e o consequente aumento de massa, os custos e à necessidade de manter o serviço prestado sem interrupção, a vida útil dos satélites foi aumentando, o que, por sua vez, aumentou o esforço de desenvolvimento e qualificação de componentes e equipamentos para que pudessem suportar o agressivo ambiente espacial por mais tempo. Esta espiral envolvendo aumento de funcionalidades, aumento de massa e aumento da vida útil levou ao desenvolvimento de satélites cada vez mais caros que só podiam ser desenvolvidos por grandes institutos financiados diretamente pelos governos ou por grandes empresas que pudessem custear este alto investimento.

Os avanços ocorridos na área de microeletrônica desde 1970, possibilitaram conseguir realizar tarefas extremamente complexas no espaço em pequenas dimensões e o atendimento de diferentes funcionalidades. Em especial, o ritmo veloz com que os microprocessadores eram desenvolvidos era transferido imediatamente aos projetos de microssatélites. Esta velocidade impressionante era advinda de mercados consumidores de produtos industriais extremamente competitivos, ávidos por novidades e dispostos a

pagar por elas, em contraposição ao mercado de componentes militares e espaciais, de avanços mais lentos. Este enfoque de rápida introdução das novas tecnologias era impensável em grandes satélites, que adotavam componentes e tecnologias mais conservadores. Apesar das oportunidades que surgiram com a redução crescente dos componentes e equipamentos, os grandes provedores de satélites continuaram entendendo o assunto como uma oportunidade de aumentar as funcionalidades dos novo satélites, aumentando com isso sua complexidade e, por conseguinte, continuando a aumentar seus custos e tempo de desenvolvimento.

### **2.2.2. A Contribuição de Surrey**

No final dos anos 1970 e início dos anos 1980, a Universidade de Surrey, na Inglaterra, foi pioneira no desenvolvimento do conceito de microssatélites e no emprego da tecnologia existente para tornar este conceito viável sistemicamente. O programa foi iniciado em 1978 e encontra-se hoje estabelecido no Centro de Pesquisa de Engenharia de Satélites. Os objetivos do Centro de Pesquisa de Engenharia de Satélites inicialmente eram pesquisar tecnologias de baixo custo para pequenos satélites, demonstrar o potencial de micro e minissatélites, explorar o seu uso comercial e promover a educação e o treinamento na área de pequenos satélites. Posteriormente, o interesse despertado na comunidade internacional pela iniciativa de Surrey acabou ocasionando a criação de um braço comercial da universidade, o Surrey Satellite Technology Ltd. (SSTL), que ficou responsável por comercializar o know-how desenvolvido pelo programa de micro e minissatélites (ROLLEMBERG, R.; et al, 2009).

O primeiro microssatélite a ser projetado, construído, testado e lançado pelo programa da Surrey foi o UoSAT-1 (UoSAT-OSCAR-9) em 1981. O satélite tinha 74x42x42 cm e uma massa de 52 kg, tendo sido colocado em uma órbita de cerca de 540 km com 97,5° de inclinação (heliossíncrona) pelo lançador americano Thor Delta, a partir da base de lançamento de Vandenberg, por meio de um acordo com a NASA. Seu lançamento aconteceu como “carona” do lançamento do satélite Solar Mesosfera Explorer. O UoSAT-2 também foi lançado por um Thor Delta em 1984.

O UoSAT-1 foi o primeiro microssatélite a colocar um computador de bordo para gerenciamento de energia e de altitude, para controle da distância e realização de experimentos. Foi também o primeiro microssatélite amador a carregar um beacon de Banda S. Ele permaneceu em órbita até 1989, se manteve funcionando até o momento em que reentrou na atmosfera, ultrapassando em muito a sua vida útil prevista. O UoSAT-2, que veio em seguida, foi projetado e construído no tempo recorde de apenas seis meses. Enquanto o UoSAT-1 funcionou por oito anos em órbita, o UoSAT-2 apresentou o impressionante desempenho de ter funcionado por dezoito anos.

#### **2.2.2.1. A Utilização de COTS**

Os microssatélites utilizavam os chamados *components-off-the-shelf* (COTS), desenvolvidos para aplicações terrestres e adaptados para uso espacial. O baixo custo destes micro componentes e a baixa demanda de energia dos equipamentos construídos com eles proporcionaram o desenvolvimento de microssatélites de baixo investimento, desenvolvidos rapidamente, com a utilização das mais avançadas tecnologias disponíveis.

Obviamente, a pergunta que se colocou imediatamente aos projetos de Surrey era como aquelas tecnologias sem histórico de utilização espacial anterior, utilizando COTS não projetados especificamente para suportar o ambiente espacial, e com estratégias de qualificação simplificadas, iriam funcionar no espaço. Algumas técnicas de Surrey para enfrentar estes desafios envolviam unicamente um design inteligente e algumas precauções práticas (ROLLEMBERG, R.; et al, 2009):

- Utilizar uma arquitetura de sistema disposta em camadas, de forma que um sistema secundário ou terciário pudesse assumir eventualmente o papel do primário;
- Utilizar em sistemas principais soluções previamente testadas em outros vôos;
- Utilizar sistemas capazes de operação independente, evitando falhas em cadeia;
- Utilizar a qualificação de sistemas completos em vez de testar cada componente;

- Utilizar testes de *burn-in* antes de qualquer vôo;
- Privilegiar a simplicidade do projeto, evitando partes móveis, interfaces complexas, produtos químicos de difícil avaliação e conexões complexas.

#### **2.2.2.2. A Organização do Projeto em Surrey**

As técnicas de projeto por si só não seriam suficientes para explicar o sucesso de Surrey. Elas foram tentadas por várias organizações tradicionais de desenvolvimento, como institutos de pesquisa e grandes empresas, sem alcançar os mesmos resultados do SSTL. Estas organizações não estavam dispostas a abdicar de seu gerenciamento tradicional, sua estrutura departamental e sua cadeia de comando em prol de um novo enfoque de gerenciamento. Apesar de conseguirem a redução dos sistemas e aumento da confiabilidade, as reduções de custo e de tempo de desenvolvimento não foram as esperadas.

Por sua vez, para conseguir o sucesso alcançado, as técnicas de projeto de Surrey foram complementadas por técnicas de gerenciamento de projetos inteligentes e focadas em resultados rápidos. Estas técnicas se baseavam em alguns pressupostos:

- Concentração no serviço a ser prestado pelo satélite: ele é desenvolvido para atingir um fim específico; assim, o projeto é focado neste objetivo;
- As restrições são conhecidas e o projeto é adaptado para com elas conviver e se ajustar;
- O desenvolvimento é estruturado em grupos pequenos, multifuncionais, de no máximo 25 pessoas;
- Todos os envolvidos no satélite trabalham juntos, no mesmo local, não importando sua especialidade, o que permite uma excelente comunicação, concentração na atividade, alta coesão interpessoal e gerenciamento participativo (todos são responsáveis pelo andamento dos trabalhos);

- O grupo é constituído tanto por especialistas com vasta experiência nos assuntos em pauta, como por estudantes de pós-graduação e jovens profissionais altamente motivados. O equilíbrio entre experiência e juventude era buscado em cada projeto;
- Nível de documentação apropriado e utilização de melhores práticas e lições aprendidas de outros projetos;
- O grupo deve possuir enfoque e inovação tecnológica: querer criar valor com novas propostas.

Foi desenvolvido também o microssatélite Tsinghua-1, com a participação de dez engenheiros chineses do *Tsinghua Space Center*, que permaneceram por um ano em Surrey com os técnicos do SSTL para projetar, fabricar e qualificar o microssatélite em 1988/89. O microssatélite de cerca de 50 kg era destinado à observação da Terra para controle de desastres ambientais e já possuía uma resolução de 50 m a uma altitude de 800 km de órbita heliosíncrona.

Ao longo dos anos de 1980 e 1990, Surrey continuou a desenvolver satélites para atender as mais diferentes missões.

### **2.2.3. Tendências para os Segmentos de Missão**

As principais tendências para todos os segmentos da missão, como o segmento espacial, o segmento lançador e o segmento solo. Basicamente, as tendências que favorecem o conceito microssatélites são (ROESER, 2006):

- Avanços na miniaturização da eletrônica com aumento de capacidade;
- Aparecimento de lançadores de satélites mais baratos;
- Possibilidade de independência no espaço;
- Redução da complexidade de missões com correspondente redução de custos;

- Missões mais frequentes com retornos mais rápidos das aplicações da missão;
- Variedade de missões com correlata diversificação dos usuários;
- Expansão mais rápida do conhecimento científico e tecnológico;
- Melhores módulos de serviço por avanços nas áreas de componentes e subsistemas;
- Custo de satélites operacionais viabiliza constelações dedicadas;
- Redução do tempo de revisita pelo uso de constelações.

#### **2.2.4. Oportunidades Recentes**

Atualmente, pequenos e microssatélites estão criando excelentes oportunidades para pesquisas científicas, tecnológicas e para negócios comerciais, devido ao baixo custo (metade de uma missão de médio porte), ao mesmo tempo em que se verifica uma redução dos orçamentos destinados a área espacial.

A nova geração de pequenos satélites tem provado com sucesso que não somente os pequenos e microssatélites são capazes de promover um programa científico ou tecnológico viável, mas também que podem ter um papel chave nos programas de monitoramento ambiental e observação terrestre. O que está conduzindo os microssatélites ao sucesso é a sua capacidade de se adaptar rapidamente às necessidades dos potenciais clientes (*stakeholders*). E os potenciais clientes possuem necessidades diferentes.

Através da redução do tempo de retorno científico ou tecnológico, as análises podem ser conduzidas dentro de anos e não em décadas. Pequenas missões são bem caracterizadas pela grande flexibilidade e resposta às novas oportunidades nos cenários científico, tecnológico e comercial. Portanto, respostas para muitas questões emergentes características de missões de grande escala podem, atualmente, ser obtidas através de pequenos e microssatélites. As pequenas missões possuem um período mais curto de

desenvolvimento, sendo assim reduzem o custo total e fornecem graus de liberdade financeira adicionais aos orçamentos normalmente apertados dos programas espaciais.

Acima de tudo, pequenas missões tendem a revitalizar a comunidade científica e tecnológica permitindo aos pesquisadores, que em outros casos teriam que esperar anos para obter dados para análise, desenvolver ciências e tecnologias de alta prioridade e qualidade em um período de tempo relativamente curto.

As pequenas missões espaciais ocasionaram uma democratização do ambiente de desenvolvimento por possuírem a capacidade de oferecer a estudantes universitários e a profissionais já graduados, uma oportunidade de conhecer a complexidade das pesquisas científicas e tecnológicas em todos os seus estágios de concepção, realização, análise e publicação. Esta característica contribui para que existam maiores possibilidades de cooperações, principalmente entre empresas privadas e universidades e institutos de pesquisa.

Os benefícios derivados do uso da tecnologia de pequenos e microssatélites têm ganhado reconhecimento mundial. As tecnologias de pequenos e microssatélites se caracterizam por baixos custos e desenvolvimento em um intervalo de tempo relativamente curto e estão aumentando significativamente o seu potencial de aplicação como vetor de desenvolvimento de tecnologia espacial, em especial nos países que estão iniciando seus programas espaciais e em países em desenvolvimento.

#### **2.2.5. Países em Desenvolvimento**

O curto tempo de desenvolvimento e os baixos orçamentos atraíram para este domínio países que normalmente estão à margem de atividade espacial, como a Malásia e Cingapura, por exemplo, mas mesmo grandes países com programas espaciais autônomos, como a China, também optaram por utilizar a via tecnológica dos microssatélites. É interessante perceber que a China, embora envolvida no projeto CBERS, de Observação da Terra, não se furtou a desenvolver satélites com Surrey, começando com o Tsinghua-1, destinado a participar de uma constelação para detecção de desastres ambientais.

A opção da China de desenvolver grandes satélites e também microsatélites é um exemplo a ser seguido. Os microsatélites e os grandes satélites não são mutuamente excludentes, mas complementares. Somente com os grandes satélites se pode conseguir altas potências de transmissão, grandes arranjos de antenas e aberturas óticas, etc. Porém, os microsatélites podem atender a missões científicas, militares, comerciais, desenvolvimento tecnológico, demonstração de competência, transferência de tecnologia, treinamento e educação.

Por outro lado, um programa sustentável de microsatélites depende de um regular acesso ao espaço, ou seja, a capacidade de criação de um sistema em rede de desenvolvimento de microsatélites deve ser acoplada ao desenvolvimento de lançadores capazes de colocar esses microsatélites nas órbitas desejadas, com disponibilidade e custo compatíveis com o negócio microsatélites e alta disponibilidade.

#### 2.2.6. Lançadores para Microsatélites

Os lançadores dedicados a pequenos e microsatélites são numerosos, incluindo um lançador médio, o Dnepr. Os lançadores de maior sucesso são mostrados na Figura 2.6:

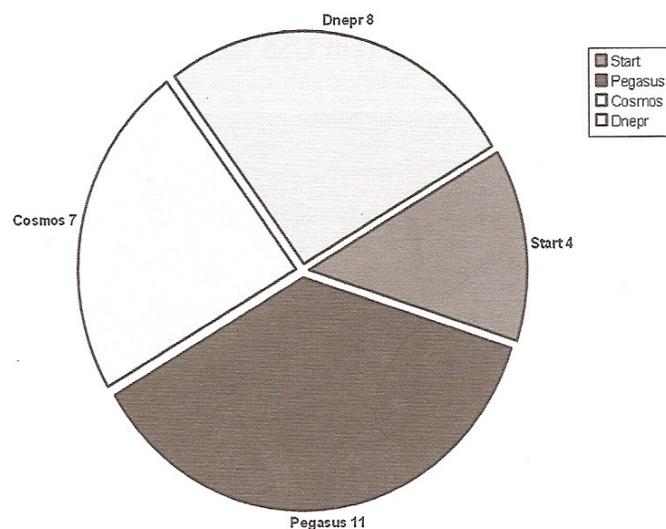


Figura 1.6 Lançadores de Cargas Úteis para Órbitas Não Geoestacionárias abaixo de 200kg entre 1993 e 2007

Fonte: Adaptada de ROLLEMBERG, R.; et al. (2009).

Esses lançadores são os principais concorrentes para um novo desenvolvimento de lançadores para microssatélites. O Pegasus foi o lançador mais ativo neste mercado, seguido por três lançadores russos: o Dnepr, o Cosmos e o Start. É interessante notar que essas opções são bastante diferentes: o Pegasus é um veículo lançado de aeronave, o Dnepr é um míssil balístico descomissionado de médio porte, o Cosmos é um lançador projetado para tal fim (muito embora utilize motores de mísseis), no entanto antigo, enquanto o Start é a única opção inteiramente concebida com motores a propélate sólido (o Pegasus utiliza uma aeronave como 1º estágio). O mais barato é o Start, como pode ser observado na Figura 2.7, provando que a propulsão sólida possui potencial de manter os custos baixos, mas a melhor razão capacidade/preço entre os pequenos lançadores vem do Cosmos. Essa capacidade não é totalmente utilizada, como indica na Figura 2.8, o que demonstra a desvantagem desta solução para lançamentos de microssatélites. O Pegasus apresenta melhor relação entre massa de satélite efetivamente lançada e capacidade de carga, viajando muito carregado e apresentando ótima relação entre custo total efetivo por massa. Essa situação é exatamente oposta à do Dnepr, que possui grande capacidade de carga, mas que lança normalmente cargas úteis leves, que têm que arcar com os custos totais do lançador.

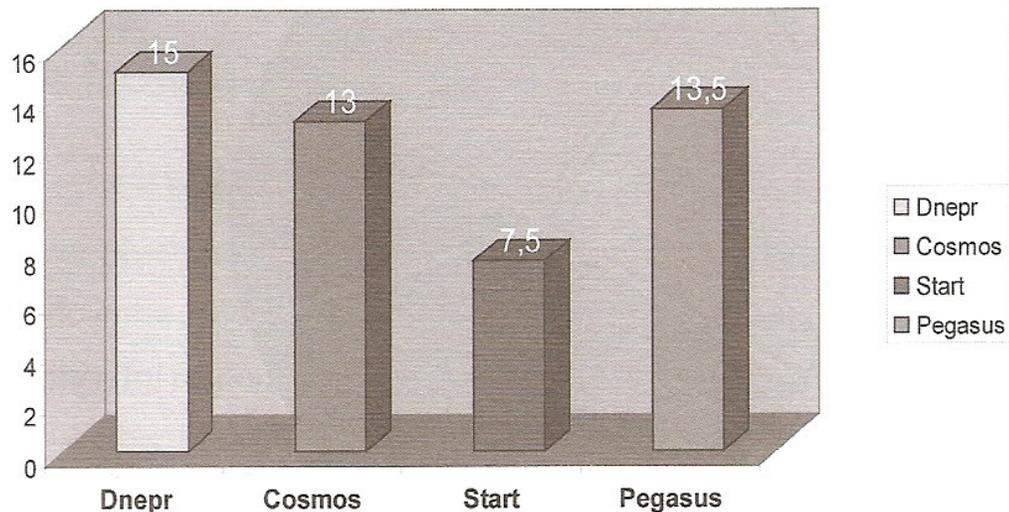


Figura 1.7 - Preços de Lançadores (em US\$ Milhões).

Fonte: Adaptada de ROLLEMBERG, R.; et al. (2009).

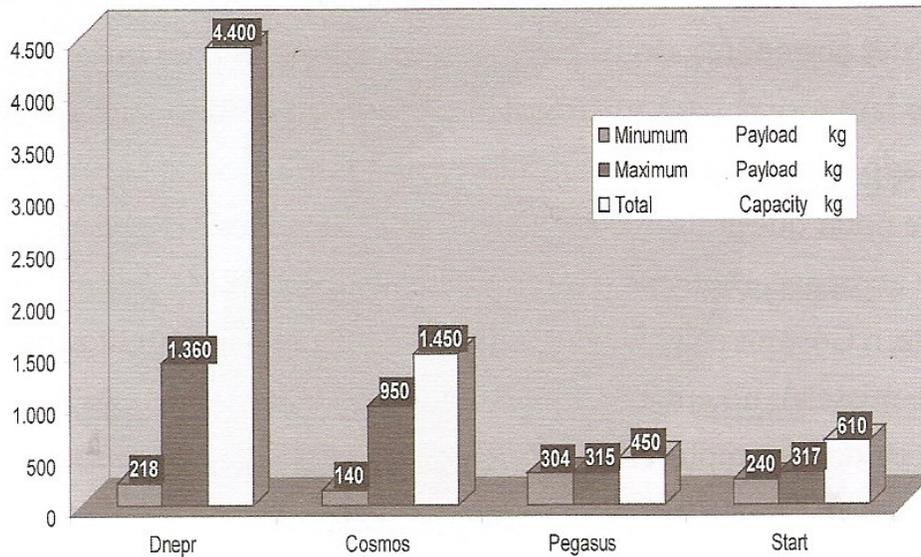


Figura 1.8 Capacidade de Carga Útil Efetivamente Lançada.  
 Fonte: Adaptada de ROLLEMBERG, R.; et al. (2009).

Não é fácil entender completamente a dominância dos lançadores de satélites russos como o Dnepr e o Cosmos 3-M durante o tempo de análise, mas é evidente que os preços mais baixos dos lançadores são decisivos para isso. As organizações russas não permitem que se saiba com precisão os preços sob os quais elas operam, o que pode ser também uma estratégia de mercado.

Outros fatores não apresentados que influenciam na escolha do lançador são linhas de financiamento, disponibilidade de lançamento, alinhamento político, confiança em provedores e países específicos, proximidade geográfica, marketing, facilidade de comunicação, cultura tecnológica e negociação de offset. A habilidade de explorar um mercado comercial, utilizando como um fator estabilizante do negócio as missões governamentais e as criadas a partir de parcerias com orientação política podem desempenhar um importante papel na sustentabilidade do sistema de lançamento a ser desenvolvido, como já ocorre em muitos países como a Índia e o Japão. No caso da Índia, por exemplo, o constante apoio do governo na construção e confiança em um sistema de lançamento já começa a dar seus frutos: o lançador indiano PSLV se destaca como uma nova opção comercial para lançar pequenos satélites, sendo que este veículo pode vir a constituir um sério concorrente em um futuro próximo.

Um lançador que aparece como benchmark para novo entrantes no mercado é o Falcon 1, uma iniciativa comercial que apresenta como destaque o baixo preço, uma estratégia inteligente de negociação deste preço, envolvendo múltiplos lançamentos e discussões paralelas que buscam vantagens adicionais, além de uma concepção que privilegia a simplicidade nos sistemas desenvolvidos: configuração simples (em tandem), para aumentar a confiabilidade, e reduzido número de estágios – apenas dois. O foguete apresenta dimensões de 25 m de comprimento e 1,6 m de diâmetro para uma capacidade de 560 kg de carga útil.

Os foguetes com propelente sólido constituem variantes de menor custo, boas para pequenos lançadores, como o Start e o Pegasus, mas não adequadas para médios e grandes lançadores. Considerando a tecnologia autônoma desenvolvida pelo Brasil em propulsão sólida nos últimos 40 anos de pesquisa e o sucesso dos foguetes de sondagem brasileiros, esta deve ser a opção natural do Brasil para lançadores pequenos. Sob o ponto de vista estratégico, seria interessante haver uma demanda pública de pequenos lançadores para estabilizar o negócio de Acesso ao Espaço do Brasil. Esta demanda deve ser tal que ajude a pagar os custos fixos, mas o grande negócio deve ser feito com lançamentos comerciais. A demanda pública deverá provir de necessidades brasileiras e da atuação diplomática do Brasil com países como, por exemplo a Venezuela, o Chile e a Bolívia, que estão atualmente se apoiando na China, e não no Brasil, para uma cooperação espacial, e outros, como a Argentina, Portugal, África do Sul, Alemanha e Suécia. A demanda comercial se dará espontaneamente, pois já há um mercado identificado para pequenos lançadores com, no mínimo, três lançamentos anuais, segundo a Federal Aviation Administration (FAA) americana, mas muito mais expressivo segundo outros estudos (FUTRON, por exemplo), chegando a cerca de vinte lançamentos anuais.

### **2.3. Mecânica Orbital**

O estudo do movimento dos corpos celestes sempre foi um dos problemas que mais atraíram a curiosidade humana. As primeiras observações do céu mostraram que, apesar da grande maioria das estrelas ocuparem posições relativas fixas, existem algumas

exceções, que foram denominadas de “planetas” (errantes), que possuem um movimento próprio no céu. Com base nessas observações, surgiu o interesse em descobrir maneiras de prever esse movimento e a busca por equações matemáticas que pudessem explicar os dados observados. Grandes nomes da ciência deram contribuições importantes nessa área da Astronomia, tais como: Poincaré, Kepler, Newton e Einstein.

As forças que mantêm os corpos celestes em movimento orbital são as mesmas que mantêm os satélites artificiais em seu movimento em torno da Terra. No sistema solar, o corpo principal é o Sol e os planetas são os corpos secundários. Como a massa dos satélites artificiais é negligenciável em relação à massa da Terra, o centro de massa Terra-satélite pode ser considerado como sendo o próprio centro de massa da Terra.

A trajetória que os satélites artificiais descrevem em seu movimento em torno da Terra é denominada órbita (PRADO; KUGA, 2001).

Determinar a órbita de um satélite e efetuar manobras orbitais possuem extrema importância na concepção da missão. Entende-se, por determinação de órbita, o cálculo da magnitude, da forma, da orientação da órbita do satélite no espaço, e a especificação da posição do satélite em sua órbita num dado instante. A determinação da órbita é uma das tarefas indispensáveis ao longo de uma missão espacial baseada em satélites artificiais (PRADO; KUGA, 2001).

Dependendo dos objetivos da missão de um satélite, por vezes necessita-se transferir o satélite de uma órbita para outra, ou executar correções nos parâmetros orbitais para manter o movimento do satélite numa órbita específica ou pré-definida.

A partir da primeira lei de Kepler do movimento planetário, é sabido que a órbita de um satélite é uma elipse e o corpo que orbita ocupa um dos focos. Qualquer órbita kepleriana pode ser completamente descrita por seis elementos orbitais, dois para descrever o tamanho e forma, três para descrever a orientação e um para descrever a localização por satélite. Esses elementos são:

- Semi-eixo maior ( $a$ ), descreve o tamanho da elipse;

- Excentricidade ( $e$ ), descreve a forma da elipse;
- Inclinação ( $i$ ) da órbita em relação ao Equador,  $0^\circ \leq i \leq 180^\circ$ ;
- Ascensão reta do nodo ascendente (ARNA) ( $\Omega$ ), ponto onde a órbita cruza o plano do Equador, a partir do hemisfério Sul para o Norte,  $0^\circ \leq \Omega \leq 360^\circ$ ;
- Argumento do perigeu ( $\omega$ ),  $0^\circ \leq \omega \leq 360^\circ$ ;
- Anomalia verdadeira,  $f$ .

A título de ilustração do elementos orbitais apresentados acima, nas Figuras 2.9 e 2.10 abaixo é considerado o movimento de um satélite artificial com relação ao sistema geocêntrico-equatorial, sistema no qual a origem está no centro da Terra, o plano  $xy$  é o plano do Equador e o eixo  $x$  segue a direção de  $\gamma$ :

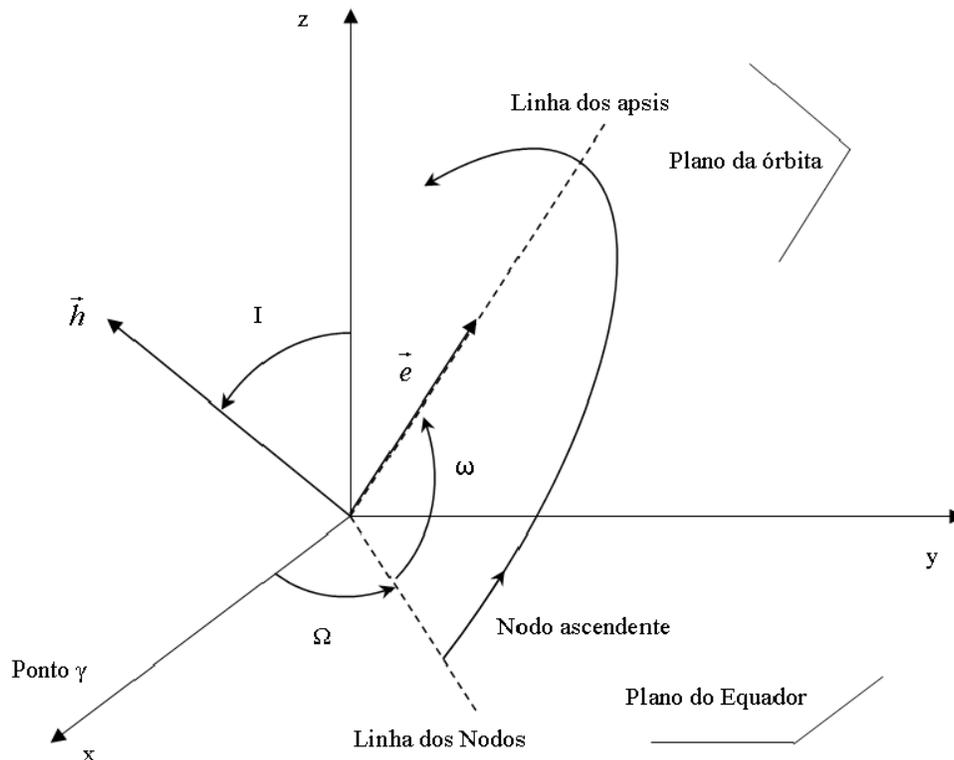


Figura 1.9 - Representação elementos orbitais no sistema geocêntrico-equatorial.  
 Fonte: Chobotov, (1996).

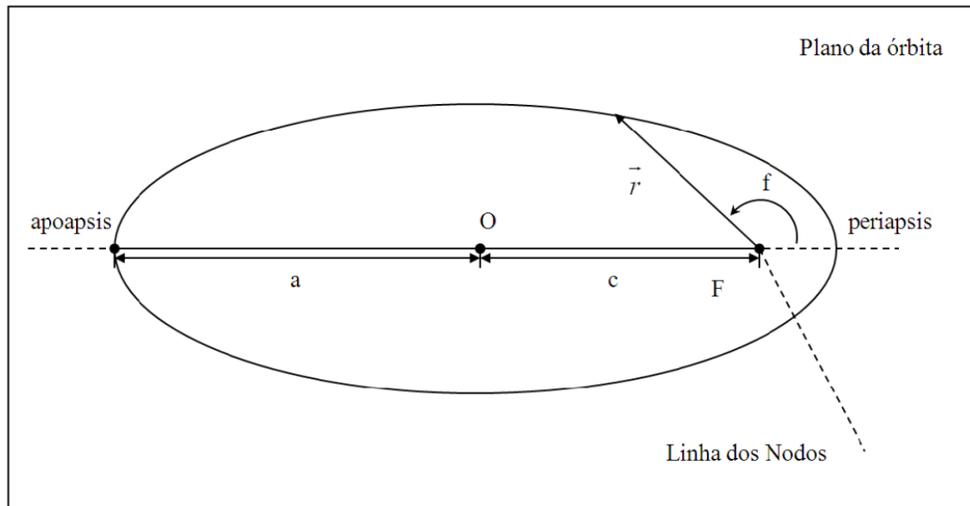


Figura 1.10 - Representação dos elementos orbitais no plano da órbita.  
 Fonte: Chobotov, (1996).

Os elementos orbitais definem a elipse e localizam o satélite no plano da elipse. Todos esses elementos estão definidos no sistema inercial em Escobal (1965). A geometria de satélites de órbita baixa na esfera celestial encontra-se definida em Wertz (1999).

### 2.3.1. Constelações de Satélites

Pode-se definir uma constelação de satélites como sendo um número de satélites com funções similares, projetados para serem complementares; posicionados espaçadamente em um ou mais planos orbitais para um propósito comum, sob o controle compartilhado.

O objetivo de se projetar de forma otimizada as constelações de satélites é reduzir o número de satélites necessários em uma dada altitude requisitada para realizar uma tarefa de cobertura. Se constelações ótimas estão disponíveis para um número de diferentes altitudes, pode-se selecionar a melhor altitude de acordo com suas necessidades baseando-se em custos de lançamento e de produção de satélites (CHOBOTOV, 1996).

### **2.3.2. Geometria de Constelações de Satélites**

A geometria de constelações de satélites tem sido estudada na forma de um problema teórico desde o início da década de 60. Essa análise se limitou originalmente em aplicações de sensoriamento remoto e missões de recursos terrestres. Entretanto, essa área de estudo alcançou no presente momento uma relevância particular para numerosos sistemas de satélites sob desenvolvimento que oferecem uma variedade de novos serviços, incluindo telefonia móvel, transferência de dados e mensagens e determinação de posição. O problema combina a física das órbitas com a otimização da geometria da órbita de forma a fornecer a cobertura da Terra requerida, enquanto minimiza o número de satélites. Contribuições notáveis para a teoria da geometria de constelações foram feitas por Walker, Draim, Ballard, e Adams and Rider.

### **2.3.3. Cobertura Orbital**

Em um dos estudos desenvolvidos, múltiplos satélites de órbitas circulares em uma mesma altitude são posicionados em um único plano de forma a criar uma “street of coverage” (planos de satélites em uma mesma inclinação) que é continuamente observada. O objetivo torna-se então determinar analiticamente quantas “streets” são necessárias para cobrir a zona de interesse ou o globo. Em outro método, satélites em órbitas de mesma inclinação e altitude são distribuídos simetricamente e propagados no tempo. Baseado nas posições de satélites a cada intervalo de tempo, o maior tamanho do círculo de cobertura requerido ao longo do tempo é registrado. A inclinação da órbita e as combinações são variadas numericamente para alcançar a constelação ótima. Estas combinações de órbitas circulares simétricas são freqüentemente referenciadas como constelações de Walker (CHOBOTOV, 1996).

Walker realizou um extenso estudo e descobriu que são necessários no mínimo cinco satélites para uma cobertura global contínua a partir de órbitas circulares em inclinações e altitudes comuns. Seu método de classificação de tipos de constelações com a notação T/P/F é freqüentemente utilizado, onde T designa o número total de satélites, P representa o número de planos orbitais espaçados uniformemente, e F determina o espaçamento de fases entre planos adjacentes.

Uma terceira classe de constelações ótimas envolve o emprego de órbitas excêntricas com período e inclinação comuns para alcançar cobertura global contínua com um menor número de satélites do que seria necessário com órbitas circulares. Essas constelações de órbitas simétricas e elípticas são usualmente denominadas constelações de Draim (CHOBOTOV, 1996).

Draim descobriu que a cobertura contínua poderia ser obtida por apenas quatro satélites em órbitas elípticas. Ballard também estudou o tema de otimização de satélites em órbitas circulares inclinadas, as quais ele chamou de constelações tipo rossette, utilizando uma abordagem de satélites em tríade. Este método minimiza a maior distância entre o ponto de observação e qualquer ponto de subsatélite. Adams e Rider deduziram a configuração ótima de constelações de órbita polar para níveis de cobertura múltiplas ou parciais, sobre toda a Terra ou acima de uma latitude especificada, empregando a abordagem “street-of-coverage”. Este método considera uma área da superfície da Terra que é continuamente coberta.

Os requisitos de cobertura terrestre são usualmente especificados em termos da área de interesse, frequência e duração. As áreas de interesses mais comuns para a cobertura são as do tipo global, zonal, regional, ou cobertura parcial.

A frequência e a duração de cobertura exigidas são parâmetros importantes. Sistemas de navegação e comunicação devem estar, usualmente, disponíveis 24 horas por dia. Outras aplicações podem requerer a cobertura de uma área de interesse em apenas parte do dia. Enquanto outras, como as que empregam satélites meteorológicos, de sensoriamento remoto, e de vigilância, podem requerer apenas a visita semanal de pontos dentro de sua área de interesse. Um satélite de vigilância pode necessitar a observação de portos marítimos específicos, por exemplo, em intervalos espaçados de poucas horas. Este intervalo de tempo é denominado tempo de revisita (CHOBOTOV, 1996).

Para atender os requisitos de tempo e área de cobertura, um ou mais satélites podem ser exigidos. Um único satélite é capaz de prover cobertura global, entretanto ele terá a capacidade de observar qualquer ponto sobre a Terra por apenas um período curto de

tempo com tempo de revisita da ordem de dias. De forma similar, uma região específica da Terra pode ter cobertura contínua (vinte e quatro horas por dia) por um único satélite, mas somente se esta região for suficientemente pequena. Requisitos de cobertura mais rigorosos não podem ser atendidos por um único satélite, de modo que grupos ou constelações de satélites trabalhando em conjunto são freqüentemente necessários nestes casos (CHOBOTOV, 1996).

A principal vantagem de um único satélite é que ele reduz os custos. Assim, um satélite terá um sistema de potência, um sistema de controle de atitude, um sistema de telemetria, e exige apenas um único veículo lançador.

Enquanto um único satélite é útil para certas funções de cobertura, as missões que envolvem a cobertura de regiões extensas da superfície terrestre por longos períodos de tempo, sob diferentes condições de iluminação para as observações, e variando geometrias para a navegação, requerem usualmente constelações de satélites.

#### **2.3.4. O Design de Constelações de Satélites**

Segundo Wertz e Larson, (1999), o design de uma constelação deve iniciar com o design da órbita de cada satélite: consideram-se as condições para o lançamento e de visibilidade das estações de rastreamento, além da análise de vida útil de cada satélite.

Devido à simetria necessária à estrutura das constelações, em cada plano orbital deve conter o mesmo número de satélites. Deve-se considerar, como uma primeira tentativa, que todos os satélites tem órbitas circulares de mesma altitude e inclinação. Para o desenvolvimento de uma constelação, devem ser analisadas as principais variáveis descritas na Tabela 2.2:

Tabela 1.2 - Variáveis principais.  
 Fonte: Adaptada de WERTZ; LARSON, (1999).

<b>Fator</b>	<b>Efeito</b>	<b>Critério de Seleção</b>
Número de Satélites	Custo principal e fator determinante para a cobertura.	Minimizar o número de satélite atendendo a cobertura e o nível de requisitos necessários.
Altitude	Cobertura; custos de lançamento e de transferência.	Encontrar uma solução de compromisso entre custo e desempenho da constelação.
Número de planos orbitais	Flexibilidade; níveis de cobertura; ampliação; degradação da constelação.	Minimizar o número de planos atendendo a cobertura requerida.

### **2.3.5. Estrutura das Constelações de Satélites**

Para a concepção de constelações, dois objetivos conflitantes concorrem entre si: a cobertura como medida de desempenho versus o número de satélites, como medida de custo. A principal característica de uma constelação de satélites é o número de planos orbitais que os satélites residem, sendo mais vantajoso posicionar o maior número de satélites em um número menor de planos orbitais. Como a transferência de satélites para outros planos orbitais gasta muito mais combustível do que a transferência de um mesmo plano, é mais vantajoso colocar mais satélites em um número menor de planos.

O número de planos orbitais está diretamente relacionado com requisitos de cobertura. Geralmente o desempenho da constelação tende a manter-se em níveis conforme se adiciona mais um satélite em cada plano orbital. Desta forma, uma constelação com poucos planos orbitais apresenta vantagem sobre outra com muitos planos. Uma constelação com um ou dois planos orbitais pode ser mais adaptada às necessidades de um usuário do que constelações com múltiplos planos. Como as constelações são projetadas muitos anos antes do lançamento, não é possível determinar com exatidão o balanço entre desempenho e custo.

Um menor número de planos orbitais gera uma degradação da constelação mais suave. Por exemplo, em uma constelação em dois planos com oito satélites, se um satélite é

perdido pode-se alterar a fase da constelação com pouco combustível e manter desta forma o nível de desempenho referente a seis satélites. Isto não seria possível em constelações mais complexas.

Em uma constelação com múltiplos planos, a inclinação é um parâmetro muito importante. A concepção da constelação pode conter órbitas com diferentes inclinações. No entanto, isto não é recomendável já que as órbitas teriam diferentes valores para a regressão do nodo ascendente, que é função da altitude e da inclinação.

As constelações podem ser classificadas ainda segundo níveis de altitude, com a cobertura dependendo da altitude bem como da estrutura da constelação. Portanto, diferentes altitudes representam diferentes arranjos para uma constelação. Entretanto, a cobertura não varia continuamente com a variação de altitude. Conforme a altitude, muda a estrutura fundamental da constelação. Conseqüentemente, o número de satélites e a cobertura mudam em degraus. Assim, não é possível obter um mapa que relaciona o número de satélites e altitudes sem examinar as diferentes estruturas da constelação para as diferentes altitudes. Satélites em diferentes altitudes ou inclinações se afastam de tal forma que a sua orientação relativa muda com o tempo. Conseqüentemente, os satélites em diferentes altitudes ou inclinações não podem trabalhar bem em conjunto como uma constelação por longos períodos de tempo (WERTZ; LARSON, 1999).

Outros requisitos além da cobertura podem ser importantes na concepção da constelação, mas a maior parte está relacionada com a cobertura. Por exemplo, pode ser necessário que vários satélites cubram um mesmo ponto da superfície terrestre em um mesmo instante.

Infelizmente não é possível usar fórmulas analíticas na concepção de uma constelação de satélites. Frequentemente, realiza-se uma análise da cobertura para diferentes instrumentos a bordo dos satélites.



### **3 REVISÃO DA LITERATURA SOBRE ESTUDOS DE CASO**

Neste Capítulo, são apresentados e discutidos alguns estudos de caso recentes relacionados a análise de constelações de satélites para o Sistema Brasileiro de Coleta de Dados, os quais são considerados de relevância e estão mais diretamente relacionados com o desenvolvimento desta dissertação, muito embora alguns dos critérios utilizados e parâmetros analisados diferem de certa forma da proposta de solução apresentada nos capítulos seguintes, porém os requisitos são os mesmos.

Em estudos realizados anteriormente (YAMAGUTI; ORLANDO; MAGINA; ROZENFEL; PEREIRA; 2006) foi proposta uma constelação de pequenos satélites de coleta de dados, semelhantes ao SCD-2, para substituir o conjunto atualmente em operação e também com a finalidade de satisfazer o requisito extremo dos usuários em termos de regularidade temporal do sistema: apresentar um intervalo de revisita máximo de uma passagem de satélite por hora, para uma PCD instalada em qualquer região do Brasil, considerando um ângulo de elevação mínima de 10 graus.

Para a obtenção de uma melhor cobertura da região sul do País, cuja latitude chega a -33 graus foi estudado o efeito de aumentar a inclinação do plano orbital dos satélites, iniciando com o valor de 25 graus, que é a inclinação dos planos do SCD-1 e SCD-2. Foram considerados, a título de comparação, os valores de 25 graus e de 30 graus para a inclinação dos novos satélites propostos.

A análise foi centrada na comparação do intervalo de revisita máximo, médio e correspondente desvio padrão de cada uma das formações de satélites consideradas, para uma PCD instalada no extremo norte (Oiapoque), uma no extremo sul (Chuí), e outra na região central (Cuiabá) do país. Um período de simulação de 48 horas foi considerado em todos os casos estudados.

Para o estudo em questão, consideraram para o conjunto de satélites, um sistema de controle de atitude por estabilização por rotação, controle autônomo da velocidade de rotação, eixo de rotação direcionado por atuação magnética em torno da normal à eclíptica.

### **3.1. Caso 1: Sistema operando com um satélite CBERS**

O estudo considerou o possível cenário em que os satélites SCD-1 e SCD-2 deixam, por algum motivo, de operar, sem que nenhum outro satélite específico de coleta de dados tenha sido lançado para repô-los, operando apenas a partir de um satélite de observação da Terra CBERS, cuja órbita polar heliossíncrona não é adequada à execução desta tarefa, para PCDs localizadas em região equatorial, como é o caso de praticamente de todo o território brasileiro.

No estudo foi observado que este satélite só apresenta um conjunto de no máximo duas passagens sobre as localidades selecionadas a cada 12 horas, aproximadamente. Uma das características do heliossincronismo da órbita deste tipo de satélites é passar sobre uma mesma latitude na Terra sempre na mesma hora local quando no sentido descendente (Norte para Sul) e nesse horário acrescido de 12 horas quando no sentido ascendente. Isto justificou o espaçamento de 12 horas entre cada conjunto de passagens sobre a região de visibilidade de uma PCD em torno do local em que esta se encontra instalada. O intervalo de revisita máximo foi superior a 12 horas para as localidades relevantes consideradas no estudo. Isto significou que qualquer PCD instalada nestas regiões ficaria durante um período de tempo maior que 12 horas sem nenhuma passagem do satélite para a coleta dos dados gerados. Desta forma, o sistema operaria, neste caso, muito aquém das necessidades de grande número de importantes aplicações, em termos de taxa de coleta de dados e distribuição temporal desse serviço.

### **3.2. Caso 2: Sistema operando apenas com satélites do sistema ARGOS**

No caso de operação do sistema brasileiro de coleta de dados apenas a partir do sistema francês ARGOS, consideraram a utilização dos satélites: NOAA-15, NOAA-16, NOAA-17, e NOAA-18.

Para este caso estudado, observaram que este sistema, contudo, devido às órbitas polares de seus satélites, privilegia as regiões de latitude mais elevadas, em detrimento de regiões equatoriais. Observaram que cada satélite NOAA apresentou apenas dois conjuntos de duas órbitas consecutivas visíveis por dia sobre qualquer uma das

localidades analisadas. Com isso, o intervalo de tempo máximo entre passagens consecutivas tornou-se elevado. No melhor caso (região central: Cuiabá) o intervalo de revisita teve a possibilidade de chegar a 2 horas 42 minutos, ou seja, quase o triplo do requisito desejável para esse parâmetro. Para PCDs instaladas no Norte e Sul do País a situação foi ainda pior, já que, em ambos os casos, o intervalo máximo de revisita atingiu valores maiores que 4 horas. Em termos de tempo de revisita médio, o maior valor, da ordem de 1 hora 54 minutos, foi apresentado para a região Norte (Oiapoque).

### **3.3. Caso 3: Sistema operando com um CBERS, um SCD e satélites do sistema ARGOS**

Já no cenário em que consideraram a utilização conjunta de um satélite CBERS, um satélite SCD e os satélites do sistema ARGOS mencionados anteriormente, verificaram que não há melhora significativa, dado que a inclusão de um CBERS e um SCD teve pouca influência na redução dos tempos máximos de revisita para a cobertura do território nacional. Porém, quando os satélites NOAA foram acrescentados ao sistema, as condições de cobertura melhoraram para todas as localidades, já que eles conseguiram cobrir os períodos diários sem visibilidade dos outros. Mas notaram pelos valores de intervalo de revisita, que o decréscimo provocado neste parâmetro pela inclusão dos satélites NOAA não foi suficiente para atender ao requisito de ocorrência de pelo menos uma passagem de satélite por hora em qualquer localidade do Brasil. Porém, quando consideraram o tempo de revisita médio apenas o extremo Norte do País, não atendeu ao requisito, apresentando um valor de intervalo de revisita pouco maior de uma hora (1h 12min.). Desta forma, o melhor caso continuou sendo o de Cuiabá, com o mesmo valor máximo apresentado pelo uso do sistema ARGOS apenas: 2 horas e 42 minutos.

### **3.4. Caso 4: Sistema operando apenas com um satélite CBERS e um satélite SCD**

Para o cenário em que foi suposto a operação do sistema de coleta de dados a partir apenas de um satélite CBERS e um satélite de coleta de dados SCD, este último possui órbita com inclinação de 25 graus, correspondente ao que se teria se um dos satélites de coleta de dados atuais deixasse de funcionar. Representou também a situação em que,

após a perda de ambos os satélites SCDs atuais, com o sistema operando unicamente a partir de um satélite CBERS, ocorre o lançamento de um novo satélite SCD, que poderia ser o primeiro satélite de uma constelação a ser formada gradativamente, com lançamentos periódicos de novos satélites desse tipo. Observaram, que o satélite CBERS, pouco contribuiu para melhorar a distribuição temporal do sistema de coleta de dados. Os períodos diários da ordem de 10 horas em que a órbita do SCD não é visível para cada PCD, não são totalmente cobertos pelas passagens do CBERS. Isto fez com que, neste caso, a distribuição temporária fosse abaixo das expectativas para a maioria das aplicações que compartilham o sistema. Observaram que os intervalos de revisita atingiram valores bem maiores que o requisito de 1 hora para todas as localidades consideradas. O menor intervalo de revisita máximo dentre as localidades estudadas, da ordem de 8 horas, foi apresentado para Oiapoque. O maior, da ordem de 12 horas, foi apresentado para o sul do país (Chuí). Em termos de tempo de revisita médio, o maior valor, da ordem de 2 horas 30 minutos é apresentado para o sul do país (Chuí).

### **3.5. Caso 5: Sistema operando com um satélite CBERS e dois satélites SCDs dispostos em planos orbitais distintos**

Para o cenário em que foi suposto o sistema operando com um satélite CBERS e dois satélites SCDs dispostos em planos orbitais distintos, correspondeu ao cenário atual para os satélites SCDs com 25 graus de inclinação. Para o caso de inclinação orbital de 30 graus correspondeu ao caso em que dois novos satélites de coleta de dados foram lançados para repor aos atuais. Consideraram que os SCDs orbitam em planos diferentes, separados de 180 graus em ascensão reta do nodo ascendente (ARNA). Isto fez com que os períodos diários em que não há órbitas visíveis de um SCD sejam, em alguns casos, cobertos por períodos de visibilidade do segundo. Para Cuiabá o período diário, da ordem de 10 horas, em que as órbitas de um SCD não são visíveis é coberto pelas passagens do outro. No caso de Chuí, entretanto, observaram que a cobertura das ausências de visibilidade de um satélite pelo outro é apenas parcial, enquanto que para Oiapoque praticamente não há essa cobertura. O CBERS, como já comentado acima, pouco contribui em termos de aumento da cobertura do sistema, em virtude de possuir uma órbita polar. Houve uma significativa redução do intervalo de revisita, em relação

ao cenário anterior, embora essa redução não seja suficiente para atender ao requisito desejável de se ter pelo menos uma passagem de satélite por hora em qualquer local do Brasil. O menor valor de intervalo de revisita máximo foi apresentado por Cuiabá (da ordem de 1 hora e quarenta minutos), enquanto que o maior valor foi apresentado pelo extremo norte, Oiapoque (da ordem de 7 horas). O valor máximo do intervalo de revisita para o extremo sul sofreu uma redução acentuada em relação ao caso anterior. Em termos de valor médio Chuí e Oiapoque apresentaram praticamente o mesmo desempenho. Em ambos os casos o valor médio foi da ordem de 1 hora e 30 minutos. Verificaram que, mesmo em termos médios, o requisito de pelo menos uma passagem de satélite para cada região do Brasil não é atendido pelo presente cenário.

### **3.6. Caso 6: Sistema operando com um satélite CBERS e quatro satélites SCDs dispostos em dois planos orbitais distintos**

Para o cenário em que foi suposta a operação com um satélite CBERS e quatro satélites SCDs dispostos em dois planos orbitais distintos, correspondeu ao cenário que resultaria com a adição de mais um satélite em cada um dos planos orbitais dos SCDs considerados no cenário anterior. Consideraram que cada novo SCD divide o plano orbital de modo simétrico, com uma separação de 180 graus, em anomalia média, em relação ao outro satélite que compartilha o mesmo plano.

Os resultados mostraram que para PCDs instaladas na região central do País o tempo de revisita máximo, 1 hora 12 min., é bastante próximo ao limite de satisfação do requisito dos usuários (1 hora). Isto, porém, não aconteceu para os extremos Norte e Sul do território nacional já que, conforme explicado acima, para as regiões Norte e Sul do País, diferentemente com o que ocorre para a região Central, a utilização de dois planos orbitais não consegue fazer com que as ausências de visibilidade dos satélites de um plano sejam totalmente cobertas pelos satélites do outro plano. Observaram que para Oiapoque, que apresenta, no caso, a pior distribuição temporal de revisita, as passagens para todos os satélites ocorrem concentradas nos mesmos espaços de tempo, configurando a existência de intervalos diários onde ocorrem todas as passagens, e brechas de visibilidade diárias onde não há, absolutamente, passagem de qualquer dos

satélites. Para essa localidade, o valor máximo apresentado é da ordem de 6 horas e 36 minutos. Apesar disso em termos tempo revisita médio, todas as localidades apresentaram valores menores que 1 hora.

### **3.7. Caso 7: Sistema operando com um satélite CBERS e seis satélites SCDs operando em dois planos orbitais distintos.**

Para o cenário em que foi suposto o sistema operando com um satélite CBERS e seis satélites SCDs operando em dois planos orbitais distintos, consideraram que os satélites são uniformemente distribuídos em cada um planos, isto é, que em cada órbita há três satélites separados por uma distância angular média de 120 graus (isto é, 120 graus de separação em anomalia média). Com os resultados encontrados, verificaram que, como acontecia no cenário anterior, apenas as PCDs instaladas na região Central do País exibem um tempo de revisita máximo menor que 1 hora. Isso mostrou que mesmo com inclusão de mais um satélite por plano orbital, a utilização de apenas dois planos orbitais não permite que as ausências de visibilidade dos satélites de um plano sejam totalmente cobertas pelos satélites do outro plano para as regiões extremas, Oiapoque e Chuí, que apresentaram valores de intervalo de revisita máximos de 5 horas 57 minutos e de 2 horas, respectivamente. Por esse motivo foram estudados na seqüência alguns novos cenários que consideram a utilização de três e quatro planos orbitais. Em termos tempo revisita médio, obviamente, todas as localidades apresentaram valores menores que 1 hora, já que no cenário anterior, com apenas dois satélites por plano orbital e não três como no caso atual, isso já acontecia.

### **3.8. Caso 8: Sistema operando com um satélite CBERS e três satélites SCDs operando em três planos orbitais distintos**

Para o cenário em que foi suposto o sistema operando com um satélite CBERS e três satélites SCDs operando em três planos orbitais distintos, estes últimos foram inseridos em órbitas diferentes, com separação entre os planos orbitais de 120 graus em ascensão reta do nodo ascendente. Isto permitiu uma melhor cobertura por um dos satélites em períodos diários em que não há cobertura dos outros dois. Com apenas três satélites SCDs observaram uma relevante redução do tempo máximo de revisita, tanto para Chuí

quanto para Oiapoque, mesmo em relação ao caso do cenário anterior, que considerou o emprego de seis SCDs distribuídos em dois planos orbitais. Em termos de intervalo de revisita médio, apenas Chuí apresentou um valor maior que 1 hora (aproximadamente 1 hora e 36 minutos).

### **3.9. Caso 9: Sistema operando com um satélite CBERS e seis satélites SCDs operando em três planos orbitais distintos**

Para o cenário em que foi suposto o sistema operando com um satélite CBERS e seis satélites SCDs operando em três planos orbitais distintos, onde cada plano possui dois satélites, separados entre si por uma distância angular média de 180 graus. Houve uma redução do tempo de revisita máximo para as três localidades, porém o sistema ainda não consegue satisfazer o requisito especificado tanto para Oiapoque quanto para Chuí. Em termos de tempo de revisita médio, porém, todas as localidades apresentam um valor bem menor que 1 hora.

### **3.10. Caso 10: Sistema operando com um satélite CBERS e nove satélites SCDs operando em três planos orbitais distintos**

Para o cenário em que foi suposto o sistema operando com um satélite CBERS e nove satélites SCDs operando em três planos orbitais distintos, onde cada plano passa a possuir três satélites, separados entre si por uma distância angular média de 120 graus. A distribuição de passagens sobre Oiapoque foi a localidade que apresentou a pior distribuição de passagens. Houve uma redução significativa de valor intervalo máximo de revisita. Para todas as regiões do território nacional, os valores apresentados pelo cenário atual satisfazem ao requisito desejável, sendo sempre menor que 1 hora.

### **3.11. Caso 11: Sistema operando com um satélite CBERS e quatro satélites SCDs operando em quatro planos orbitais**

Para o cenário em que foi suposto o sistema operando com um satélite CBERS e quatro satélites SCDs operando em quatro planos orbitais separados de 90 graus em ascensão reta do nodo ascendente, apresentou um desempenho bem mais uniforme em função da

localização das PCDs. O maior valor do tempo máximo de revisita, da ordem de 2 horas 6 minutos foi apresentado por Oiapoque. A distribuição de passagens para Oiapoque (pior caso) foi bastante satisfatória, com um satélite cobrindo de modo adequado os períodos em que não há visibilidade de outro. O desempenho de modo geral, fica bem próximo de satisfazer ao requisito de ocorrer pelo menos uma passagem por hora em qualquer ponto do território nacional. Esta configuração consegue garantir, que o intervalo de revisita será sempre menor que 1 hora 48 minutos em qualquer ponto do país, para o caso de inclinação do plano orbital em relação ao Equador de 25 graus. Quando o valor 30 graus é considerado para a inclinação, o valor máximo da taxa de revisita passa a ser de uma passagem a cada 1 hora 6 minutos para o extremo Norte.

### **3.12. Caso 12: Sistema operando com um satélite CBERS e oito satélites SCDs operando em quatro planos orbitais distintos**

Para o cenário em que foi suposto o sistema operando com um satélite CBERS e oito satélites SCDs operando em quatro planos orbitais distintos, onde cada plano passa a possuir dois satélites, separados entre si por uma distância angular média de 180 graus. Para ambos os valores de inclinação orbital considerados (25 e 30 graus) o requisito desejável é satisfeito: o valor do intervalo de revisita permanece menor que uma hora para qualquer ponto do território.

### **3.13. Conclusões dos Estudos de Caso**

O estudo de Yamaguti; et al (2006) concluiu que, caso o requisito em termos de tempo de revisita menor que uma hora possa ser abrandado para, por exemplo, duas horas 30 minutos, bastariam três satélites SCDs distribuídos em três planos orbitais separados por 120 graus em ARNA, contando ou não com a contribuição de um satélite CBERS, para que o requisito fosse atendido. Se a utilização de quatro planos orbitais separados por 90 graus em ARNA fosse considerada, então bastariam quatro satélites SCDs para que o tempo de revisita fosse sempre menor que apenas duas horas. Por outro lado, para que o requisito desejável de tempo de revisita menor que uma hora seja atendido seriam necessários, no mínimo, oito satélites SCDs, distribuídos em quatro planos orbitais separados por 90 graus em ARNA, dois por plano, para atender ao citado requisito.

### **3.14. Constelação de Baixo Custo**

Em Yamaguti; et al. (2006), vários cenários são analisados e discutidos, considerando a adoção de uma pequena constelação de baixo custo. O objetivo desse trabalho foi analisar a viabilidade de redução do tempo de revisita do sistema para valores abaixo de 16 minutos (duração máxima de passagens de um satélite SCD sobre uma estação de rastreio) para qualquer PCD instalada em território brasileiro. Foi considerada a existência de apenas três planos orbitais, separados entre si de 120 graus em ascensão reta do nodo ascendente, e com inclinação de 30 graus, para obter cobertura satisfatória do sistema ao sul do Brasil. Satélites da constelação que compartilham um mesmo plano orbital foram considerados, no estudo, separados regularmente na órbita, com ângulos de fase constantes entre eles. Foi verificado que é possível projetar uma constelação com três satélites por plano orbital, que poderia ser a base de um novo sistema de coleta de dados ambientais, com uma capacidade de trabalho praticamente contínua.

Estes estudos realizados contribuem para a formulação do problema e proposta de atualização do Segmento Espacial, assunto deste trabalho.



## **4 FORMULAÇÃO DO PROBLEMA**

### **4.1. Seleção da Missão**

Ao invés de se adotar uma missão e um satélite hipotético, sem nenhuma vinculação com a realidade do Programa Espacial Brasileiro, preferiu-se tomar como base para o problema a ser formulado uma missão em andamento: a Missão de Coleta de Dados Ambientais do SBCD e seus satélites de coleta de dados. Com a adoção dessa missão, o problema estará submetido aos requisitos de uma missão real (já definida e existente). Em particular, as necessidades de atualização do Segmento Espacial da Missão de Coleta de Dados Ambientais são evidentes e relevantes para o País, ao qual está vinculado o tema principal deste trabalho.

### **4.2. Objetivos da Missão Coleta de Dados Ambientais**

O objetivo da missão de coleta de dados ambientais é coletar, em tempo quase-real, dados ambientais medidos em um grande número de pontos sobre uma área extensa, através do uso de Plataforma de Coleta de Dados (PCDs) que transmitem a informação através de um satélite a um centro de recepção, processamento e disseminação dessa mesma informação. Já a missão dos satélites de coleta de dados é realizar automaticamente a aquisição de dados ambientais provenientes de Plataformas de Coletas de Dados (PCDs), espalhadas sobre o território nacional, que adquirem, processam e enviam esses dados para o SCD N, em períodos de repetição que variam de 20 a 220 segundos com duração de aproximadamente 1 segundo. Quando o SCD N passa sobre a região de visibilidade de uma dada PCD, o SCD N recebe os dados transmitidos pela mesma em UHF, demodula, decodifica e armazena a bordo. Quando o SCD N está no cone de visibilidade de uma Estação de Recepção, é estabelecido um link de comunicação em Banda S entre o SCD N e a Estação de Recepção em solo, para transmissão das informações armazenadas a bordo. Assim que a passagem do satélite termina, os dados recebidos pela Estação de Recepção são enviados para o Centro de Missão de Coleta de Dados (CMCD), localizado em Cachoeira Paulista, para posterior processamento e disseminação para os usuários finais.

Portanto, o presente trabalho visa o desenvolvimento de uma proposta de atualização do segmento espacial do SBCD. Como mencionado anteriormente, se trata de um sistema já concebido, desenvolvido e que se encontra em operação já há vários anos. Dessa forma, para melhor entendimento da proposta de atualização do segmento espacial do SBCD, nos subitens seguintes procuraremos fornecer uma caracterização sistêmica do mesmo utilizando uma modelagem simplificada dos seus produtos, processos e organização.

#### **4.3. Descrição do Sistema Brasileiro de Coleta de Dados**

O Sistema Brasileiro de Coleta de Dados (SBCD) é constituído pela constelação de satélites SCD-1 e SCD-2, pelas diversas redes de PCDs espalhadas pelo território nacional, pelas Estações de Recepção de Cuiabá e de Alcântara, pelo Centro de Missão de Coleta de Dados (CMCD) e Laboratório de Instrumentação Meteorológica (CPTEC/LIM) em Cachoeira Paulista e pelo Centro de Controle de Satélites (CCS) em São José dos Campos.

Neste sistema, os satélites funcionam como retransmissores de mensagens. Assim, as comunicações entre uma PCD e as estações de recepção são estabelecidas através dos satélites. As PCDs são geralmente configuradas para transmitirem, a cada 200 segundos, cerca de 32 bytes de dados úteis, durante aproximadamente 1 segundo.

Os dados das PCDs, retransmitidos pelos satélites e recebidos nas estações de Cuiabá ou de Alcântara, são enviados para o Centro de Missão de Coleta de Dados em Cachoeira Paulista para processamento, armazenamento e disseminação aos usuários. O envio desses dados ao usuário é feito através da Internet, em no máximo 30 minutos após a recepção.

#### **4.4. Estrutura do Sistema Brasileiro de Coleta de Dados**

O SBCD foi estruturado com base nos seguintes segmentos (YAMAGUTI; ORLANDO; MAGINA; ROZENFELD; PEREIRA; 2006):

- a) Segmento Espacial, composto pelos satélites com carga útil de coleta de dados;

- b) Segmento Solo de Coleta de Dados, composto pelas diversas redes de Plataformas de Coleta de Dados, pelas estações de recepção, pelo Centro de Missão Coleta de Dados (CMCD) e pelo Laboratório de Instrumentação Meteorológica (LIM), estes últimos localizados em Cachoeira Paulista, SP;
- c) Segmento Solo de Rastreamento e Controle (Centro de Rastreamento e Controle de Satélites (CRC)), composto pelas estações de rastreamento e de controle de Cuiabá (MT) e de Alcântara (MA), e do Centro de Controle de Satélites (CCS) localizado em São José dos Campos (SP), cuja finalidade principal é monitorar e controlar os satélites em órbita.

#### **4.5. Descrição do Segmento Espacial**

O Segmento Espacial do SBCD é composto pelos satélites de coleta de dados SCD-1 e SCD-2, os quais foram injetados em órbitas circulares semelhantes da ordem de 750 km de altitude e 25 graus de inclinação em relação ao plano do Equador da Terra. Ambos se deslocam a uma velocidade média de aproximadamente 27000 km/h, completando uma volta em torno do globo terrestre em 100 minutos. Com isso, realizam um total de aproximadamente 14 órbitas a cada 24 horas. Destas 14 órbitas diárias, devido à inclinação do plano orbital em relação ao Equador, em média, apenas 8 passagens consecutivas são visíveis pela estação de Cuiabá, que é a estação de rastreamento primária utilizada no controle. Deste modo, a cada 24 horas, ocorre um intervalo de tempo correspondente, em média, a 6 órbitas (aproximadamente 10 horas) em que não há passagens de um dos satélites sobre Cuiabá. (ORLANDO; KUGA; 2007).

O plano orbital do SCD-2 foi defasado em ascensão reta em relação ao do SCD-1 por um ângulo de 180 graus, de modo a garantir que passagens do SCD-2 preencham cada período diário em que ocorrem passagens não visíveis do SCD-1 e vice-versa.

A Figura 4.1 mostra, graficamente, as passagens típicas dos satélites SCD-1 e SCD-2 sobre a estação terrena de Cuiabá ocorridas em um período de 48 horas UTC2 (Tempo Universal Coordenado). Observa-se aí que, conforme mencionado, as passagens do

SCD-2 cobrem todo o período diário em que ocorrem passagens não visíveis do SCD-1 e vice-versa.

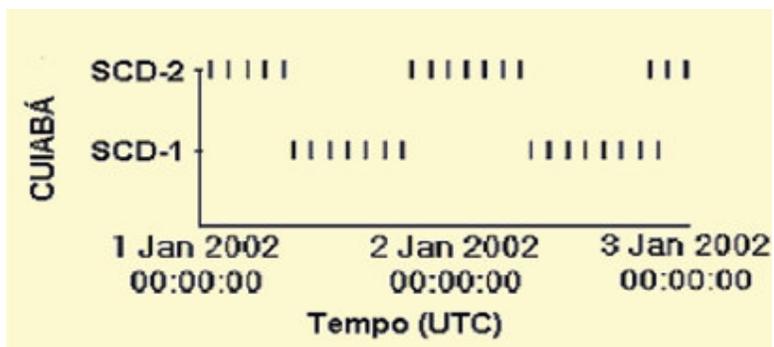


Figura 1.11 - Passagens do SCD-1 e SCD-2 sobre Cuiabá. Cada traço representa uma passagem de 10 minutos em média.

Fonte: Adaptada de Orlando; Kuga, (2007).

A seguir são apresentados detalhes técnicos dos satélites SCD-1 e o SCD-2.

#### 4.6. Satélite SCD-1

O conceito do SCD-1 o define como um Satélite de Coleta de Dados ambientais, com o formato de um prisma octogonal, conforme mostra a Figura 4.2 e com as seguintes características sumarizadas na Tabela 4.1:

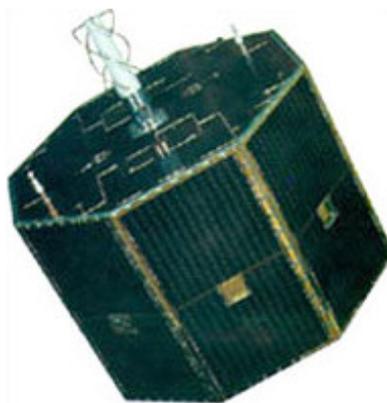


Figura 1.12 - Satélite de Coleta de Dados -1

Fonte: Orlando; et al., (2007).

Tabela 1.1 – Principais características do Satélite SCD-1.  
 Fonte: Yamaguti; et al., (2006).

MASSA	115 kg
DIMENSÕES	Diâmetro da base: 100 cm Altura: 80 cm
ESTABILIZAÇÃO	Rotação: 120 rpm (inicial)
ÓRBITA	Circular a 750 km 25° de inclinação 14 revoluções/dia
TELEMETRIA, RASTREIO E CONTROLE	Banda S, padrão ESA
SENSORES DE ATITUDE	2 sensores solares 1 magnetômetro
VIDA ÚTIL NOMINAL	1 ano
CARGA ÚTIL	Transponder DCS RX: 401.65 MHz 401.62 MHz TX: 2.26752 GHz , PM
DATA DE LANÇAMENTO	9 de Fevereiro de 1993

O controle de atitude é feito por rotação, imposta pelo veículo lançador (aproximadamente 120 rpm no início, sem controle de velocidade). Um amortecedor de nutação corrige os eventuais desvios na separação. A determinação de atitude é feita a partir de sensores solares e de um magnetômetro.

Para manter o satélite em uma orientação segura, o valor do ângulo de aspecto solar (ângulo entre o eixo de rotação do satélite e a direção de incidência da luz solar) é continuamente monitorado em solo e, quando necessário, a atitude do satélite é corrigida através da execução de uma manobra de reorientação do eixo de rotação. Os torques de controle que causam o redirecionamento do eixo de rotação são produzidos pela ativação, através de telecomandos emitidos de solo, de uma bobina magnética do subsistema de controle de atitude do satélite. Quando ativada, a bobina gera um campo magnético que interage com o campo magnético da Terra produzindo um torque que atua no sentido de redirecionar o eixo de rotação do satélite.

Para a estabilização por rotação, entretanto, o eixo de rotação tende a manter uma orientação inercial, apontando sempre para um mesmo ponto fixo no espaço. Isso faz

com que o ângulo entre o eixo de rotação do satélite e a direção estação de rastreio-satélite varie bastante durante cada passagem, devido ao deslocamento do satélite em sua órbita. Por esse motivo, as antenas do satélite possuem faixa de cobertura da ordem de 90 graus. Além disso, elas foram instaladas nos dois painéis octogonais do satélite, permitindo a cobertura de 180 graus de hemisfério.

A geração de potência é feita a partir de oito painéis laterais retangulares e um octogonal superior composto por células de silício. Apenas uma de suas faces, a octogonal inferior, não é recoberta por células solares. Esta face é usada, pelo subsistema de controle térmico, para dissipação de calor. Por esse motivo, a incidência direta de luz solar nessa face deve ser evitada por causar problemas de sobreaquecimento com conseqüentes danos a seus equipamentos. Uma Unidade de Condicionamento de Potência (PCU) condiciona e direciona a energia gerada para todo o satélite. Uma bateria de níquel-cádmio (com capacidade de 8 Ah) acumula energia para operação do SCD-1 durante eclipse. O excesso de geração é dissipado em dois dissipadores localizados no painel inferior. Um conversor DC/DC e uma Unidade de Distribuição de Potência (PDU) terminam a composição do subsistema.

O subsistema de supervisão de bordo, com programação carregável a partir do solo, é constituído por dois computadores, a Unidade de Processamento Central (UPC) e a Unidade de Processamento Distribuído (UPD/C). O sistema permite a utilização de comandos temporizados e o armazenamento de todas as telemetrias de bordo para transmissão durante a visibilidade das estações terrenas.

O subsistema de telemetria, rastreio e comando compreende um decodificador de telecomandos (Decoder), dois Transponders redundantes operando em banda S e um codificador de telemetrias (Codir). Duas antenas quadrifilares de mesma polarização, localizadas nos painéis superior e inferior do satélite possibilitam o acesso ao mesmo a partir das estações de rastreio e vice-versa.

A estrutura é composta por um cilindro central calandrado em alumínio, ao qual são presos três painéis octogonais porta equipamentos. A rigidez é garantida por quatro barras inclinadas que prendem as abas do painel central à junção do cilindro com o

painel inferior. Oito painéis laterais de fechamento definem a forma do satélite. A ligação com o lançador é realizada através de uma flange de adaptação, usinada em alumínio.

O controle térmico totalmente passivo foi viabilizado com a utilização de fitas térmicas e revestimentos (pintura) com propriedades termo-ópticas convenientes. Alguns equipamentos foram aterrados térmicamente (muito dissipativos) e outros foram isolados do ambiente para minimizar sua faixa de temperatura de operação em órbita.

A carga útil do satélite consiste basicamente em um transponder de coleta de dados (Transponder PCD), o qual recebe os sinais emitidos pelas plataformas automáticas em terra através de antenas em UHF (monopolos no painel inferior e quadripolo no painel superior) e os retransmite em tempo real (sem armazenamento a bordo) em banda S (quadripolos nos painéis inferior e superior) para as estações terrenas.

Como desenvolvimento, voa a bordo um experimento de células solares, o qual foi inteiramente desenvolvido no Brasil visando dominar a tecnologia de fabricação de células de silício no País.

Atualmente, dezoito anos após expirar o seu tempo de vida nominal estimado, que era de apenas um ano, tornou-se, com méritos, um satélite operacional, tendo ultrapassado amplamente os objetivos para os quais foi concebido.

#### **4.7. Satélite SCD-2**

O satélite de coleta de dados SCD-2 possui as seguintes características sumarizadas na Tabela 4.2:

Tabela 1.2 - Principais características do Satélite SCD-2.  
 Fonte: Yamaguti; et al., (2006).

MASSA	117 kg
DIMENSÕES	Diâmetro da base: 100 cm Altura: 80 cm
ESTABILIZAÇÃO	Rotação: 34 rpm (inicial)
ÓRBITA	Circular a 750 km 25° de inclinação 14 revoluções/dia
TELEMETRIA, RASTREIO E CONTROLE	Banda S, padrão ESA
SENSORES DE ATITUDE	2 sensores solares 1 magnetômetro
VIDA ÚTIL NOMINAL	2 anos
CARGA ÚTIL	Transponder DCS RX: 401.65 MHz 401.62 MHz TX: 2.26752 GHz , PM
DATA DE LANÇAMENTO	22 de Outubro de 1998

A Figura 4.3 abaixo mostra a concepção artística do SCD-2.



Figura 4.3 – Concepção Artística do Satélite de Coleta de Dados – 2.  
 Fonte: Adaptada de Orlando; et. al., (2007).

Diferentemente do SCD-1, o SCD-2 possui um sistema de controle autônomo de ajuste da velocidade de rotação, através de controle via atuação magnética. Devido a isso, ele está equipado com bobinas magnéticas com eixos longitudinais perpendiculares ao eixo de rotação do satélite (em adição às bobinas de torque para reorientação do eixo de rotação, cujos eixos longitudinais são paralelos a este mesmo eixo). Este sistema deve manter a velocidade de rotação dentro de uma faixa nominal de operação de 32 a 36 rpm. Sempre que ela atingir o limite inferior da faixa, o controle é acionado automaticamente pelo computador de bordo, atuando no sentido de aumentar a velocidade de rotação. Quando o limite superior (36 rpm) é atingido, o sistema é automaticamente desativado.

Em 2 de Março de 2004, ocorreu uma falha na chave de comutação do canal do vídeo que, desde então, deixou de funcionar. Isto provocou a impossibilidade de receber, em solo, a telemetria codificada pelo computador de bordo de satélite, que é, no entanto, um equipamento redundante secundário para a realização dessa atividade. O computador de bordo foi então desligado, com o que o satélite passou a operar apenas com o codificador direto de telemetria, este sim o equipamento primário para a realização dessa função. Portanto, o defeito não acarretou nenhuma queda de desempenho do satélite na realização de sua missão de coleta de dados ambientais, mas sim em uma simples perda de redundância.

#### **4.8. Descrição do Segmento Solo**

O Segmento Solo do SBCD foi estruturado em duas partes, uma relacionada à carga útil e outra relacionada ao rastreamento e controle dos satélites.

O Segmento Solo relacionado à carga útil de coleta de dados é composto por PCDs, pelas Estações de Recepção de dados de Cuiabá e de Alcântara, e pelo CMCD.

Suas funções são:

- Receber, processar, armazenar e disseminar aos usuários os dados recebidos das PCDs;

- Prover apoio na aquisição, instalação em campo e utilização das PCDs.

Uma PCD típica é mostrada na Figura 4.4.



Figura 4.4 – PCD típica.  
Fonte: Adaptada de Yamaguti; et al. (2006).

Os dados transmitidos pelas plataformas são captados e retransmitidos pelos Satélites de Coleta de Dados para as Estações Terrenas. Estas estações são as mesmas utilizadas para o rastreamento e controle de satélites. As mensagens das plataformas são recebidas por um equipamento especial denominado Processador de Coleta de Dados (PROCOD). As mensagens recebidas durante uma passagem do satélite sobre a estação são armazenadas em disco para posterior encaminhamento ao CMCD via rede de comunicação. Os dados processados no Centro de Missão são distribuídos aos usuários do sistema via Internet, em até 30 minutos após a passagem do satélite.

A Divisão de Satélites e Sistemas Ambientais (DSA) do CPTEC opera o CMCD, e através do LIM, da Divisão de Clima e Meio Ambiente (DMA), provê o apoio aos usuários no treinamento, na instalação e na manutenção de PCDs.

Desta forma, a DSA realiza as seguintes atividades relacionadas ao CMCD:

- Operação do centro de missão (cadastro de PCDs e usuários, tratamento e armazenamento dos dados, e distribuição dos dados processados aos usuários). A operação inclui também o gerenciamento das redes de plataformas de coleta de dados e interface com usuários;
- Manutenção da base de dados históricos;
- Apoio aos usuários na especificação das PCDs para aquisição e demais atividades de processamento específico para atendimento de solicitações de usuários.

O LIM está inserido dentro da DMA do CPTEC e tem como missão, o apoio às atividades experimentais de pesquisa, especialmente em Micrometeorologia e Meteorologia de Mesoescala no CPTEC. A principal função associada ao LIM é a de operação, manutenção, calibração de sensores meteorológicos, e a realização do controle de qualidade dos dados gerados pelos sensores sob sua responsabilidade. Além disso fornece suporte nas atividades de planejamento e realização de campanhas experimentais de medidas com participação do CPTEC.

Com relação à coleta de dados, a equipe do LIM participa da:

- Instalação de PCDs;
- Treinamento de instalação e de manutenção para equipes usuárias;
- Manutenção das PCDs sob responsabilidade do INPE, nas regiões Sul, Sudeste, Norte e Centro Oeste;

As funções principais das Estações Terrestres são as seguintes:

- Adquirir e rastrear o satélite durante sua passagem sobre a Estação;

- Receber, processar, formatar e enviar ao Centro de Controle de Satélites (CCS) os dados de telemetria de serviços;
- Irradiar ao satélite, no instante determinado, os dados de telecomando recebidos do CCS;
- Atendendo à solicitação do CCS, executar e enviar ao mesmo as medidas de localização datadas, bem como os ângulos de azimute e elevação do satélite em relação à Estação);
- Receber, processar, formatar e armazenar os dados de carga útil dos satélites SCD-1 e SCD-2. Os dados armazenados são enviados fora de passagem do satélite aos respectivos Centros de Missão.

O Segmento Solo de Rastreo e Controle, desenvolvido para o controle de satélites, e sua estrutura funcional compõem o formalmente denominado CRC do INPE. O CRC é constituído pelo CCS, localizado em São José dos Campos - SP, e pelas estações terrenas de rastreo de Cuiabá, em Mato Grosso, e de Alcântara, no Maranhão.

Estas três unidades são conectadas por uma rede privada de comunicação de dados.

Sua função principal é garantir o bom desempenho do satélite, desde o momento em que este se separa do veículo lançador até o final de sua vida útil. Os computadores do CCS são capazes de monitorar e controlar o satélite, reconfigurar seus instrumentos de bordo e executar manobras de atitude, tudo seguindo um meticuloso plano de operações de vôo. Os telecomandos gerados pelo CCS são transmitidos aos satélites pelas Estações Terrenas de Cuiabá e Alcântara. As informações acerca do estado dos equipamentos de bordo, bem como sobre a posição do satélite no espaço, são recebidas pelas Estações Terrenas e retransmitidas ao CCS. As Estações Terrenas efetuam, ainda, as medidas que permitem determinar a órbita atual do satélite.

O CRC realiza as seguintes atividades, além do controle em órbita dos satélites SCD-1 e SCD-2:

- Recepção dos dados das plataformas de coleta de dados através das Estações de Rastreo de Cuiabá e de Alcântara, e posterior envio para o CMCD em Cachoeira Paulista, SP;
- Programação da carga útil PCD;
- Monitoração do estado da carga útil PCD.

O contato entre o Segmento Solo e o satélite controlado é estabelecido pelas Estações de Rastreo, quando este passa sobre a região de visibilidade de suas antenas. Durante períodos de visibilidade (ou passagens do satélite) o sinal transmitido pelo satélite é captado pela antena da estação, sendo estabelecido um enlace descendente de comunicação. O sinal recebido contém as informações de telemetria que revelam o estado atual de funcionamento do veículo. Uma vez estabelecido o enlace descendente, a estação estabelece também um enlace ascendente, que é utilizado para envio telecomandos e execução de medidas de rastreo (distância e velocidade).

A localização geográfica da Estação de Rastreo de Cuiabá, próxima ao centro geodésico da América do Sul, possibilita a cobertura de praticamente todo o território nacional e grande parte do território da América do Sul. Quanto à estação de Alcântara, por estar localizada nas vizinhanças do Centro de Lançamento de Alcântara, permite o rastreo de satélites lançados a partir deste centro, desde o instante de sua injeção em órbita.

O CCS é a unidade responsável pelo planejamento e execução de todas as atividades de controle para todos os satélites operados pelo CRC. As ações de controle propriamente ditas são executadas apenas durante os sucessivos períodos de visibilidade dos satélites às Estações de Rastreo do sistema, nos quais os contactos com os satélites são estabelecidos. Cada ação de controle em cada passagem de satélite é previamente planejada, com auxílio de arquivos de previsão de passagens gerados pelo *software* aplicativo de dinâmica orbital, que é um dos sistemas de *software* do CCS. Pouco antes de cada período de visibilidade de um satélite à estação de rastreo primária (no caso Cuiabá), o CCS conecta-se a ela através da rede de comunicação de dados, ficando

habilitado a receber dados de telemetria do veículo, a transmitir telecomandos a ele e executar sessões de medidas de rastreamento, tudo em tempo real. Estas atividades de controle, cujas execuções dependem do contato entre o Segmento Solo e o satélite, são efetuadas com auxílio do outro sistema de *software* do CCS: o *software* aplicativo de tempo real, também chamado de Sistema de Controle de Satélites (SICS).

#### **4.9. Mudanças ocorridas no SBCD**

Dentro do propósito de desenvolver suas atividades em todo o território brasileiro, o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) inaugurou em novembro de 2010, o Sistema Nacional de Dados Ambientais (SINDA) no seu Centro Regional do Nordeste (CRN), localizado em Natal (RN). Até então, as operações de processamento e disseminação de dados ambientais por satélites eram feitas na unidade do INPE de Cachoeira Paulista (SP), no Centro de Missão de Coleta de Dados (CMCD), que foi levado para a capital norte-rio-grandense e integrado à sede do Centro Brasileiro de Coleta de Dados (CBCD). (INPE, 2011).

O objetivo da transferência para o CRN/INPE foi de centralizar e ampliar as atividades de pesquisa e desenvolvimento de novas tecnologias de coleta de dados ambientais, atendendo ao mesmo tempo a uma demanda regional de monitoramento espacial do semi-árido e do atlântico tropical.

#### **4.10. Stakeholders da Missão de Coleta de Dados Ambientais**

A Tabela C.1 do Apêndice C apresenta a relação de *stakeholders*/usuários dos dados coletados pelo SBCD. Pode ser observado que o número de usuários é bastante significativo.

A Figura 4.5 apresenta os *Stakeholders* e as preocupações com o SBCD.

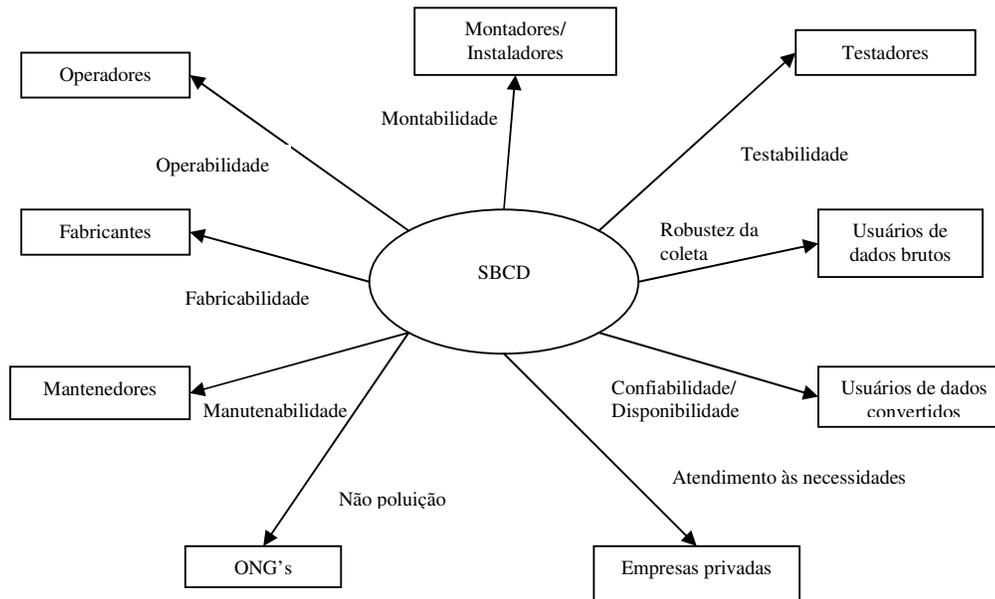


Figura 1.13 Stakeholders e preocupações do produto SBCD.

#### 4.11. Necessidades de Atualização do Segmento Espacial

Segundo Yamaguti, Orlando, Pereira, (2009) a reposição de satélites de coleta de dados é uma das questões importantes na continuidade dos serviços de coleta de dados, uma vez que o SCD-1 opera há 18 anos em órbita, quando sua vida útil estimada era de apenas 1 ano, e o SCD-2, há mais de 10 anos em operação, a exemplo do SCD-1, também se encontra em fase de sobrevivência, com elevada possibilidade de ocorrência de falha que possa comprometer sua operação. Esta mesma preocupação existia com relação ao Satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres CBERS-1 que, lançado em Outubro de 1999 operou por cerca de 3 anos e 10 meses, até agosto de 2003, quando deixou de operar. Seu tempo de vida útil estimado (nominal) era de 2 anos. A reposição do CBERS-1 foi realizada em 21 de Outubro de 2003, com o lançamento do CBERS-2. Este novo satélite apresentou, em Abril de 2005, uma falha no subsistema de potência e, desde então, está operando em modo degradado, no qual o transponder de coleta de dados foi desativado para economizar energia. O CBERS-2B foi lançado em Setembro de 2007, e não encontra-se mais operando nominalmente.

Visando a manutenção do SBCD, foram instaladas cargas úteis de coleta de dados nos satélites CBERS-1, CBERS-2, e no CBERS-2B, mas nenhum satélite científico brasileiro encontra-se atualmente operacional em órbita.

No entanto, os satélites da série CBERS por estarem em órbita polar apresentaram baixa distribuição temporal de passagens para a missão de coleta de dados, conforme mencionado no Capítulo 1. Esse tipo de órbita é adequado à missão principal de obtenção de imagens da Terra e não à de coleta de dados, que é secundária nestes satélites.

Se por um lado uma órbita polar reduz o número de passagens sobre uma determinada plataforma próxima ao Equador, uma órbita equatorial seria adequada para as plataformas localizadas entre as latitudes de  $\pm 15$  graus. Este tipo de órbita, contudo, não permitiria a recepção de dados de plataformas localizadas em latitudes abaixo da cidade de Brasília ou de Cuiabá, não atenderia desta forma a região Sul, Sudeste e parte do Centro-Oeste.

Analisando-se o sistema existente verifica-se que ele não assegura, para nenhuma região do território brasileiro, uma regularidade temporal do serviço de coleta de dados que atenda satisfatoriamente aos requisitos de um grande número de aplicações importantes.

Ainda, de acordo com conclusões do estudo realizado anteriormente, (YAMAGUTI; ORLANDO; MAGINA; ROZENFELD; PEREIRA; 2006) há necessidade urgente de substituição dos satélites SCD-1 e SCD-2 por outros satélites específicos de coleta de dados, que como estes possam oferecer cobertura de todo o território nacional, considerando-se:

- a) As preocupações e os anseios das organizações ou instituições que fazem uso regular do SBCD;
- b) O estado atual dos satélites SCD-1 e SCD-2 que já ultrapassaram em muito as respectivas vidas úteis projetadas, reduzindo a confiabilidade e a disponibilidade do sistema;

- c) O atual planejamento de lançamento de novos satélites com equipamento a bordo de coleta de dados, cujas missões ou órbitas não são as mais adequadas para atender às demandas da comunidade usuária dos dados ambientais coletados por satélite;
- d) O investimento realizado de cerca de treze milhões de dólares na aquisição de PCDs pelos usuários do sistema, os custos de infra-estrutura de instalação das plataformas e os gastos realizados com treinamento de pessoal técnico para assistência às plataformas e o conhecimento adquirido na operação das redes de PCDs;
- e) O crescimento do número de usuários e da diversidade de aplicações envolvidas, que atesta o reconhecimento de que o SBCD tem atendido às demandas de coleta de dados por satélite;
- f) O reconhecimento da qualidade satisfatória de funcionamento do sistema por parte de outras organizações internacionais e países interessados na sua utilização.

Vale ressaltar as catástrofes que vêm ocorrendo por conta das intensas chuvas no País, no qual o SBCD é uma componente importante para atuar como um sistema nacional de alerta de desastres naturais, dado que as informações meteorológicas de superfície como: temperaturas, velocidade e direção dos ventos, umidade relativa do ar, radiação solar, pressão e índices de chuvas são algumas das informações que uma PCD disponibiliza aos seus usuários com rapidez e eficiência. Em virtude destes acontecimentos, o INPE publicou recentemente que “a modernização e revitalização do sistema SCD é uma das prioridades de desenvolvimento e atuação do INPE, principalmente para atender à demanda de alerta de desastres naturais”. Contudo, não há evidências de estar sendo colocado em prática tais prioridades.

A comunidade de usuários tem manifestado sua preocupação quanto ao cronograma de lançamento e de reposição de satélites com carga útil de coleta de dados, face aos

investimentos realizados em função da confiança por ela depositada na continuidade dos serviços prestados pelo sistema.

A utilização de tecnologias espaciais para manutenção e ampliação do SBCD, que atualmente atende à uma extensa comunidade brasileira de usuários de dados ambientais, é consonante com as seguintes diretrizes estabelecidas no PNAE:

“As aplicações da tecnologia espacial na solução de problemas típicos de um País com as características geopolíticas do Brasil constituem a principal justificativa para os investimentos governamentais neste setor. O planejamento das atividades espaciais brasileiras deverá contemplar as aplicações da tecnologia espacial na solução de problemas como comunicações em regiões remotas, monitoramento ambiental, vigilância da Amazônia, patrulhamento de fronteiras e da zona costeira, inventários e monitoramento de recursos naturais, planejamento e fiscalização de uso do solo, previsão de safras agrícolas, **coleta de dados ambientais**, previsão do tempo e do clima, localização de veículos e sinistros e desenvolvimento de processos industriais em ambiente de microgravidade, além da defesa e segurança do território nacional” (AEB, 2005).

“As instituições governamentais executoras de atividades espaciais deverão atuar no desenvolvimento de sistemas, produtos, processos e métodos que viabilizem as aplicações espaciais...” (AEB, 2005).

A versão atual do PNAE não contempla mais o desenvolvimento do satélite de coleta de dados SCD-3. Contudo, no item Prioridades para o Período Decenal 2005-2014, tem-se:

“Em todas as missões, sempre que possível, será agregada uma carga útil para manutenção e atualização do Sistema de Coleta de Dados Brasileiro, eliminando a necessidade de satélites específicos” (AEB, 2005).

Apesar da estratégia adotada no PNAE de que todo satélite científico deverá transportar carga útil de coleta de dados para dar continuidade ao sistema, as restrições de disponibilidade de potência, massa e volume, usuais nos satélites científicos, limitam o

uso de redundância no transponder de coleta de dados, reduzindo a confiabilidade da aplicação. Na prática, tem-se verificado nos últimos anos que essa diretriz não é suficiente para o atendimento das necessidades do SBCD e nem para a manutenção do mesmo.

Outra referência no PNAE, com relação à Meteorologia, é descrita como uma das ações de coleta de dados:

“Para manter o país com capacidade satelital de retransmitir dados hidrometeorológicos e ambientais coletados pelas Plataformas de Coleta de Dados-PCD, instaladas em terra ou em bóias oceanográficas e meteorológicas, todos os satélites brasileiros, a serem desenvolvidos no âmbito do PNAE, principalmente os de órbita equatorial, tais como o SSR, EQUARS e o satélite GPM, serão equipados com cargas úteis de coleta de dados.” (AEB, 2005).

Contudo os satélites previstos, com exceção do EQUARS, são polares. O satélite EQUARS está sendo desenvolvido para levar a bordo um transponder de coleta de dados sem redundância em função das restrições de potência, de massa e de volume. A órbita do EQUARS ainda continua em discussão, dadas as dificuldades de financiamento do lançador existe a possibilidade de que venha a ser polar.

Foi discutida no INPE e estabelecida a agenda tecnológica (INPE, 2008), que contempla o planejamento da instituição em termos de desenvolvimento e de lançamento de missões espaciais. Os seguintes satélites foram identificados: CBERS-3 (Órbita Polar, 778 km, 2011); AMAZÔNIA-1(Órbita Polar, 2011); LATTES-1 (EQUARS+MIRAX, Órbita Equatorial, 2012); SCDAv-1 (Órbita Equatorial, 2012); CBERS-4 (Órbita Polar, 778 km, 2013); MAPSAR (Órbita Polar, 606 km, 2013); GPM (Órbita Equatorial, 2014); Amazônia-2 (Órbita Polar, 2015); CBERS-7 (Órbita Polar, 2015); CBERS-5 (Órbita Polar, 2016); SCDAv-2(Órbita Equatorial, 2017); Satélite Científico-2 (2017); CBERS-6 (Órbita Polar, 2019).

Outro esforço da AEB e do INPE, juntamente com o ITA e outras universidades brasileiras, trata-se do desenvolvimento de um satélite universitário, denominado ITASAT, cuja conclusão está em andamento.

Os satélites denominados Satélites de Coleta de Dados Avançados (SCDAv-1 e 2) são uma proposta de retomada do desenvolvimento de satélites para atender à missão de coleta de dados. Eles deverão receber como carga útil primária um transponder de coleta de dados mais moderno que o encontrado nos satélites SCD-1 e SCD-2. Deverão também contar com margens de massa, volume e potência para acomodar pelo menos uma carga útil tecnológica, e deverão ser baseados em uma plataforma de dimensões reduzidas (na categoria de microsatélites). Esta plataforma poderá eventualmente ser adquirida pronta no exterior, cabendo, neste caso, ao INPE o desenvolvimento das cargas úteis e sua integração. Eles deverão ser lançados, como carga secundária, no lançador que servirá aos satélites científicos Lattes-1 e Satélite Científico 2 em 2012 e 2017, respectivamente (INPE, 2008).

Os satélites SCDAv-1 e 2 são os que mais carecem de estudo, constituindo, por enquanto, apenas em uma aspiração institucional que vai ao encontro de vários objetivos simultâneos: a continuidade operacional do SBCD, a exploração do nicho de satélites de dimensões reduzidas, a criação de oportunidades de vôo para equipamentos ainda em desenvolvimento (as cargas úteis tecnológicas) e, a formação de recursos humanos para a área espacial (INPE, 2008).

No caso de perda eventual por pane do satélite SCD-1 e/ou SCD-2, a estação receptora de Cuiabá ficará cerca de 8 a 10 horas sem passagens por dia, o que implicaria na ausência de coleta de dados neste período.

Em algumas ocasiões, em função do deslocamento das passagens em relação ao tempo, passagens do CBERS-2B amenizavam a perda de dados pela ausência do SCD-1 e/ou SCD-2. Cada passagem do satélite sobre uma estação de recepção dura em média 10 min. Mas contribuição de satélites da série CBERS é pequena e os mesmos não substituem o satélite SCD-1 ou SCD-2 em termos da coleta de dados.

Em síntese, as consequências da perda de um ou dos dois satélites seria catastrófica para as aplicações existentes. Uma alternativa para continuação dos serviços de coleta de dados utilizando as plataformas existentes seria a contratação do serviço do sistema Argos, gerenciado pela *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA) e pelo *Centre National d'Études Spatiales* (CNES), dada sua compatibilidade com o SBCD em termos de PCDs. As frequências e as potências utilizadas nas plataformas, bem como os formatos utilizados são totalmente compatíveis entre si.

Assim, o segmento espacial do Sistema ARGOS é baseado no conjunto de satélites de órbita polar da NOAA.

O Sistema ARGOS tem sido utilizado no Brasil para recepção e localização de bóias de deriva (Atlântico) ou plataformas de coleta de dados (Antártica) que não podem ser recebidas com o Sistema Brasileiro. É também utilizada para rastreamento de animais em área fora de cobertura das estações brasileiras.

Para uma estação no Equador, o número de passagens é reduzido, e para a região polar o número de passagens aumenta. Isto quer dizer que, para este sistema, a cobertura na região polar é muito boa e na região equatorial, a cobertura é ruim.

No Sistema ARGOS destaca-se a diferença com relação ao SBCD: o processamento da mensagem é feito a bordo e a descarga das mensagens processadas é feita usando as estações de Fairbanks (USA), Wallops (USA) e Lannion (França). Além dessas estações, o sistema permite a recepção de mensagens em tempo quase real, usando estações VHF ou HRPT. O Sistema está configurado com dois centros de processamento global em Largo (USA) e em Toulouse (França), e três centros regionais de Melbourne (Austrália), Tokyo (Japão) e Lima (Peru).

No caso de se fazer cooperação com o sistema ARGOS como troca de dados, os custos anuais em função do tipo de contratação de serviços poderiam ser da ordem de US\$ 4.400.000,00 (900 plataformas vezes o valor de 3800,00 euros por plataforma por ano). Outra forma de contratação poderia ser a do tipo *backup* com recepção por estações HRPT brasileiras e processamento no Centro de Missão Coleta de Dados em Cachoeira

Paulista, os custos seriam reduzidos para 1/5 do valor, sem considerar as demandas relativas à monitoração de embarcações de pesca.

#### **4.12. Requisitos de Missão do Segmento Espacial**

Devido ao tema deste trabalho, serão apresentados somente os requisitos de missão do segmento espacial para a missão de coleta de dados ambientais, já definida e existente, sendo abordados os seus requisitos funcionais, operacionais e de interfaces.

##### **4.12.1. Requisitos Funcionais**

O satélite de coleta de dados deve receber sinais de plataformas de coleta de dados transmitidos em UHF nas frequências de 401,62 MHz e 401,65 MHz, demodulá-los, decodificar as mensagens, acrescentar dados auxiliares (datação, potência do sinal recebido e frequência) e armazená-los em um gravador de bordo. Os dados armazenados devem ser retransmitidos quando em visibilidade de uma estação de recepção, juntamente com os dados de telemetria de serviço.

**Cobertura:** o satélite de coleta de dados deverá ser lançado em órbitas capazes de maximizar a cobertura adequada do território brasileiro e da região tropical do globo terrestre.

**Capacidade de Recepção:** o satélite de coleta de dados deverá receber sinais de PCDs nas frequências 401,62 MHz e 401,65 MHz. Em cada uma dessas frequências, o satélite deverá ser capaz de rastrear e demodular simultaneamente até 8 sinais diferentes de PCDs.

##### **Armazenamento de Dados a Bordo:**

- a) O satélite de coleta de dados deverá ser capaz de armazenar até quinze mil mensagens válidas de PCDs, juntamente com dados auxiliares, tais como, tempo de recepção, nível de RF e frequência de RF.
- b) O satélite de coleta de dados deverá armazenar também as telemetrias de serviço, por períodos correspondentes até 7 órbitas.

**Desempenho:** o satélite de coleta de dados deverá ser capaz de realizar a recepção de pelo menos três mensagens de cada PCD, no período de um dia.

**Órbita:** o satélite de coleta de dados deverá possuir uma órbita circular com inclinação tal que possibilite o cumprimento dos requisitos funcionais e dos requisitos operacionais especificados neste trabalho e maximize a aquisição de dados do território brasileiro e a cobertura da região tropical do globo.

**Correção de Órbita:** o satélite de coleta de dados não deverá ser provido de capacidade de manobra para correção de órbita.

**Determinação de Órbita:** na fase de rotina a determinação de órbita deverá ser realizada através da medida da taxa variação de distância (*range rate*) na Banda S e/ou através de medidas da elevação e do azimute, ambas pelas Estações de Recepção localizadas em Cuiabá e/ou Alcântara.

#### **Atitude**

- a) **Estabilização:** o satélite de coleta de dados deverá ser estabilizado por meio passivo e de modo a assegurar o atendimento aos requisitos funcionais e de desempenho.
- b) **Sensores de Atitude:** o satélite de coleta de dados deverá ser provido de sensores capazes de fornecer informações sobre sua atitude.
- c) **Capacidade de Manobra:** o satélite de coleta de dados deverá ser provido de atuador para correção da inclinação do eixo de rotação do satélite.

**Regularidade Temporal:** o satélite de coleta de dados deverá apresentar um intervalo máximo de revisita a qualquer PCD instalada na região do Brasil menor que 1 hora, considerando um ângulo de elevação mínima de 10 graus.

#### **Modos de Operação:**

- a) **Recepção de Dados:** neste modo de operação, o satélite de coleta de dados deverá receber e armazenar a bordo os sinais provenientes das PCDs, bem como receber telecomandos para o seu controle operacional.
- b) **Transmissão de Dados:** neste modo de operação o satélite de coleta de dados deverá transmitir para a Estação de Recepção em solo os dados das PCDs armazenados à bordo e os dados das telemetrias de serviço, e ser capaz de receber telecomandos para o seu controle operacional.

**Telecomunicações de Serviço:** o satélite de coleta de dados deverá prover funções de telemetria, de telecomando e de taxa de *range*, compatíveis com as recomendações internacionais ECSS e ITU-R aplicáveis.

**Carga Útil Científica:** o satélite de coleta de dados deverá prover capacidade para acomodar uma pequena carga útil científica passiva em termos de consumo de energia do satélite e para transmitir os seus dados como parte da telecomunicação de serviço.

#### **4.12.2. Requisitos Operacionais**

**Infra-Estrutura de Operação:** o satélite de coleta de dados deverá utilizar a infra estrutura de operação existente no INPE.

**Lançador:** o satélite de coleta de dados deverá possuir uma configuração mecânica de modo que seja possível o seu lançamento pelo Veículo Lançador de Satélites (VLS), a partir do Centro de Lançamento de Alcântara (CLA) ou utilizando outro veículo lançador equivalente.

**Janela de Lançamento:** o satélite de coleta de dados deverá possibilitar diariamente uma janela de lançamento de pelo menos 60 minutos de duração. As restrições e limitações utilizadas para a definição da janela de lançamento deverão ser baseadas em todas as possíveis posições e orientações do SCD N, desde a separação do lançador até a fase de rotina operacional.

**Lançamento:** o satélite de coleta de dados deverá suportar os ambientes de lançamento e injeção em órbita e de modo que seja possível, caso necessário, avaliar toda a funcionalidade dos seus subsistemas de serviço e da carga útil durante a fase de lançamento, incluindo a injeção e aquisição em órbita.

#### **4.12.3. Requisitos de Interface**

**Satélite e Plataformas de Coleta de Dados (PCD's):** o satélite de coleta de dados deverá ser capaz de receber os dados transmitidos em frequência UHF pelas Plataformas de Coleta de Dados (PCDs) integrantes do Sistema Brasileiro de Coleta de Dados

**Satélite e Centro de Rastreo e Controle (CRC):** o satélite de coleta de dados deverá possuir interfaces para:

- Transmitir os dados das plataformas de coleta de dados através das estações de Rastreo de Cuiabá e de Alcântara;
- Receber telecomandos para programação da carga útil PCD e para controle operacional;
- Transmissão das telemetrias de serviço em Banda-S e de monitoração do estado da carga útil PCD.

**Satélite e Veículo Lançador:** as interfaces entre o satélite de coleta de dados e o Veículo Lançador deverão ser registradas para controle.

#### **4.13. Parâmetros em função das Medidas de Efetividade**

Seguindo a metodologia da Engenharia de Sistemas, os seguintes parâmetros relacionados ao Segmento Espacial, para atender a cobertura e regularidade temporal requerida, são identificados, os quais estão em função das medidas de efetividade:

- Número de Satélites por Plano;
- Ascensão Reta do Nodo Ascendente;

- Inclinação;
- Número de Planos Orbitais;
- Número de Acessos;
- Duração dos Acessos.

#### **4.14. O Problema**

O problema objeto desta dissertação consiste em: a partir do Segmento Espacial da Missão selecionada, das necessidades e requisitos apresentados, propor a atualização do Segmento Espacial do Sistema Brasileiro de Coleta de Dados (SBCD) através de uma solução específica de configuração orbital de satélites, de modo a contribuir para a futura melhoria e ampliação da capacidade de prestação de serviços do SBCD.

Para a obtenção de uma solução para o problema proposto foram estabelecidas as seguintes etapas:

- Definição de um novo Segmento Espacial (definição da quantidade de satélites);
- Simulação computacional do Segmento Espacial;
- Variação e comparação entre os parâmetros das configurações orbitais em função das plataformas de coleta de dados;
- Identificação de qual combinação acima apresenta o maior percentual de atendimento aos requisitos de missão;
- Otimização buscando encontrar inclinações que forneçam cobertura ótima do território nacional e aperfeiçoamento do valor da inclinação de modo a minimizar os intervalos entre acessos;
- Demonstração das principais características do sistema em órbita através da simulação computacional.

## 5 PROPOSTA PARA O SEGMENTO ESPACIAL

Neste capítulo propõe-se uma configuração de microssatélites para atualização do Segmento Espacial do Sistema Brasileiro de Coleta de Dados. Esta configuração consiste na definição do sistema orbital de microssatélites (definição da quantidade de microssatélites) de coleta de dados de pequeno porte, nomeados SCD N, de modo a atender aos requisitos de missão apresentados anteriormente.

Neste estudo, considerou-se que o SCD N deverá ser capaz de adquirir e armazenar a bordo dados de plataformas espalhadas em regiões do globo, nas quais o satélite possui visibilidade, bem como, de ser temporariamente visível, para efeito de telecomunicações, por estações terrenas posicionadas nessas regiões do globo.

Considerou-se também que cada SCD N será composto de uma plataforma contendo os seguintes Subsistemas:

- Estrutura;
- Controle Térmico;
- Suprimento de Energia;
- Controle de Atitude e Gerenciamento de Bordo;
- Telemetria, Rastreamento e Telecomando;
- Carga Útil Coleta de Dados;
- Carga Útil Científica.

Propõe-se para o SCD N melhorias com relação aos satélites SCD-1 e 2. Em primeiro lugar, o SCD N deve possuir demodulação e armazenamento dos sinais de PCD a bordo. Com isso, não é necessário ter visada mútua entre o satélite, a PCD e a estação receptora, aumentando a eficiência do sistema pelo:

- a) Aumento da duração dos tempos de visibilidade e do número de aquisições;

- b) Possibilidade de coletar dados fora do Brasil e descarregar durante as passagens sobre o Brasil;
- c) Melhora do limiar de aquisição, por não haver influência do ruído no downlink;
- d) Possibilidade de rastreamento de animais, devido aos itens a) e c) anteriores;
- e) Diminuição do intervalo de revisita a qualquer PCD instalada no Brasil: menor que uma hora.

Para esta proposta de solução, é realizada uma análise comparativa, onde os parâmetros: número de planos orbitais, número de satélites por plano, longitude da ascensão reta e inclinação são variados visando identificar qual combinação apresenta o maior percentual de atendimento aos requisitos da missão. Diferentes orientações também são apresentadas. Uma vez identificada a combinação do número de planos e número de satélites mais promissora é efetuada uma otimização buscando encontrar inclinações que forneçam cobertura ótima. Em seguida, utiliza-se a combinação de planos orbitais e número de satélites por plano que resulte na constelação que requeira o menor número de satélites SCD N e aperfeiçoa-se o valor da inclinação de modo a minimizar os intervalos entre acessos e a maximização do percentual de cobertura, em seguida realiza-se análises de longo período. Outros parâmetros de interesse como número de acessos e duração dos acessos são também verificados e analisados.

As análises fornecem subsídios para a demonstração das principais características funcionais, operacionais e de interface do sistema em órbita, tais como: taxa temporal de visibilidade de uma plataforma no solo, tempo de visibilidade do SCD N por estações terrenas de recepção e intervalo de revisita. É importante ressaltar que a escolha final de alguns parâmetros, como por exemplo, a inclinação, depende de outros requisitos, que não influenciam a análise de cobertura, a orientação do campo magnético a qual pode ser utilizado para fins de controle de atitude e eixo de rotação.

### 5.1. Modelo Utilizado nas Simulações

As análises são realizadas utilizando licenças dos *softwares* Matlab 7.5 e *Satellite Tool Kit* – STK v6.1 (*Analytical Graphics Inc.*). Esse recurso permite a realização de análises de sistemas espaciais e distribui os resultados das análises em uma solução integrada. Permite modelar estática e dinamicamente, simular em tempo real, visualizar, analisar e otimizar os cenários orbitais e terrestres simultaneamente, além de reduzir a chance de erro nos cálculos.

O modelo utilizado (SILVA, 2009) foi adaptado de forma que os dados de entrada fossem adequados ao estudo em questão.

Desta forma, o modelo consiste em inserir os dados de entrada no Matlab, conforme a Figura 5.1 e o cenário é automaticamente montado no STK.

Os dados de entrada são:

- Intervalo de inclinação da órbita;
- Intervalo do ARNA;
- Número de dias a serem simulados;
- Número de planos orbitais;
- Número de satélites por plano;
- Número de transmissores;
- Ângulo de Elevação.

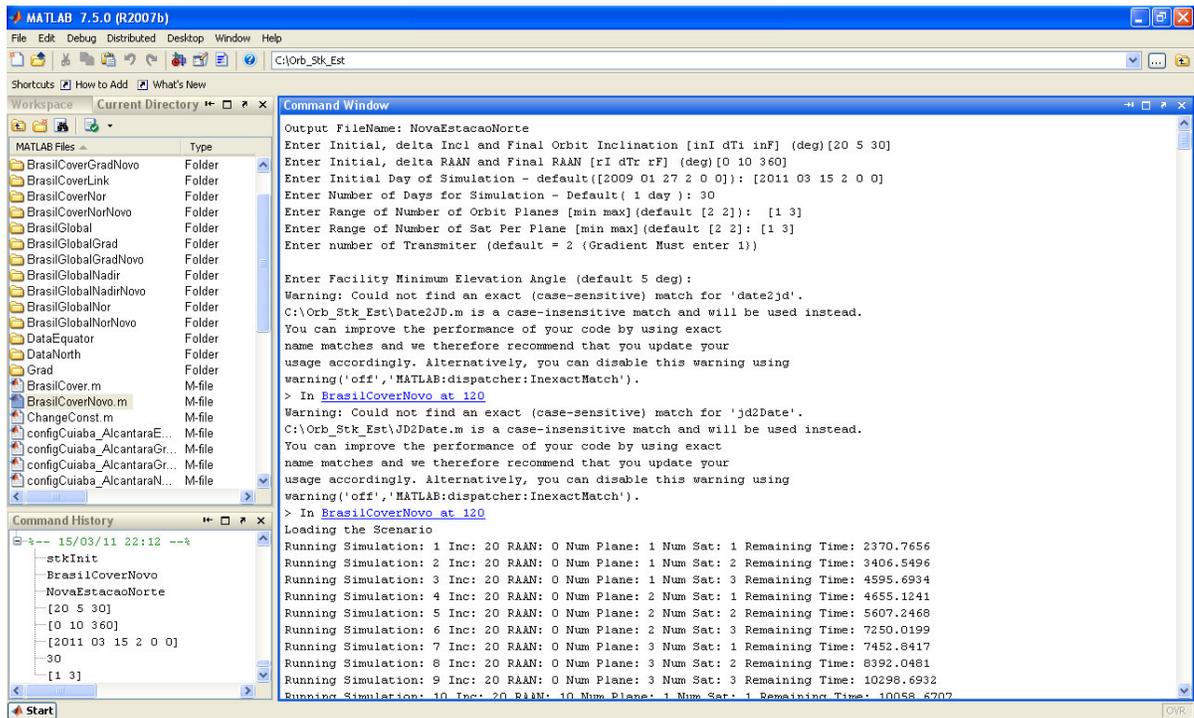


Figura 1.14 - Dados de Entrada no Ambiente Matlab 7.5.

## 5.2. Parâmetros Utilizados

Para cada um dos cenários que são analisados no estudo, são considerados os seguintes parâmetros:

- 1) Altitude;
- 2) Inclinação;
- 3) Número de Planos;
- 4) Número de Satélites por Plano;
- 5) Excentricidade da órbita;
- 6) Tipo de Constelação;
- 7) Parâmetro Walker (que é o espaçamento entre os planos orbitais, onde o

parâmetro igual a 1 indica que os satélites são igualmente distribuídos nos planos orbitais);

- 8) ARNA;
- 9) Época (data);
- 10) Duração da simulação;
- 11) Cone (metade) do Transmissor;
- 12) Ângulo de Elevação Mínimo para as PCDs.

São consideradas as seguintes alternativas para a orientação do eixo de rotação para a:

- 1) Estabilização por rotação:
  - a) Eixo de rotação orientado para Nadir no cruzamento do Equador;
  - b) Eixo de rotação orientado para o Norte.
- 2) Estabilização por gradiente de gravidade orientado para o Nadir no cruzamento do Equador.

Não foram considerados aspectos de telecomunicações na simulação, apenas os aspectos geométricos para as antenas.



## **6 RESULTADOS E DISCUSSÕES**

Esta seção apresenta as análises dos resultados obtidos a partir da modelagem e simulação computacional relacionada ao microsatélite SCD N proposto.

O requisito de Estabilização afirma que a estabilização dos SCDs N deve ser obtida por meios passivos. Dessa forma, as estabilizações por rotação e gradiente de gravidade se mostraram candidatas. Entretanto, esses dois métodos de estabilização apresentam diferentes perfis de cobertura, o que motivou a realização de análises independentes para cada perfil.

### **6.1. Estabilização do Microsatélite por Rotação**

Assumindo que o SCD N é estabilizado por rotação, existem diferentes alternativas para a orientação do eixo de rotação. Foram analisadas diferentes orientações do eixo de rotação visando sempre minimizar os intervalos entre os acessos, entretanto, observou-se que um mesmo índice de desempenho pode ser obtido para diferentes orientações. Considerou-se duas orientações do eixo de rotação:

- a) Eixo de rotação orientado para o Nadir no cruzamento do Equador;
- b) Eixo de rotação orientado para o Norte.

#### **6.1.1. Eixo de Rotação Orientado para o Nadir no Equador**

Visando garantir uma cobertura uniforme em todo globo terrestre, se faz necessário a utilização de transmissores posicionados em faces opostas do SCD N. A Figura 6.1 mostra essa orientação descrita, na representação em duas dimensões (2D), onde no Equador terrestre a visibilidade é representada por um círculo de um único transmissor, já em latitudes mais elevadas ambos transmissores são visíveis.

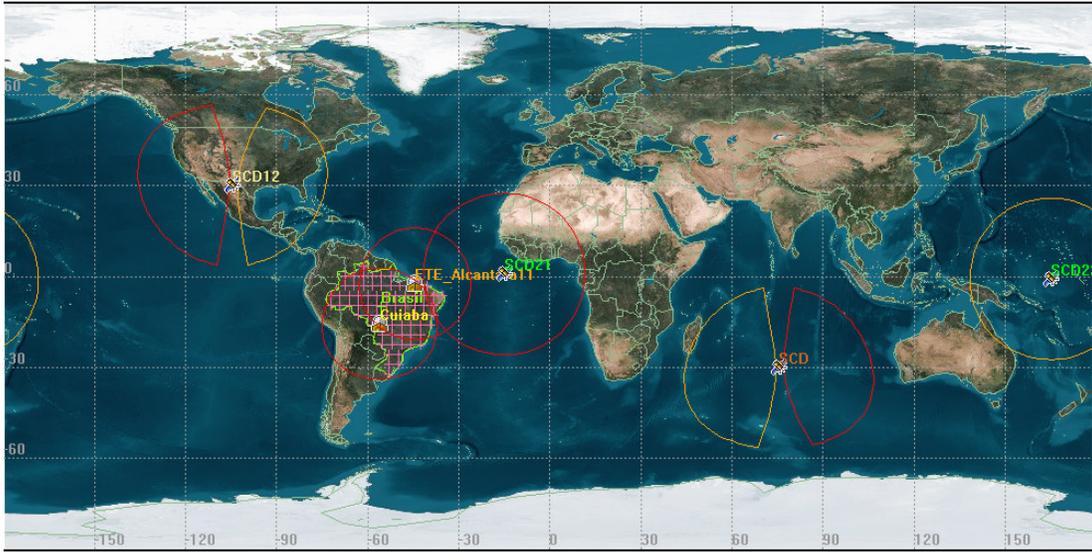


Figura 1.15 - Satélites SCDs N com o eixo de rotação orientado para o Nadir no Equador (2D).

A Figura 6.2 mostra a mesma configuração dos SCDs N, na representação em dimensões (3D). Observa-se também o contorno do território brasileiro como alvo de otimização para a análise de cobertura.

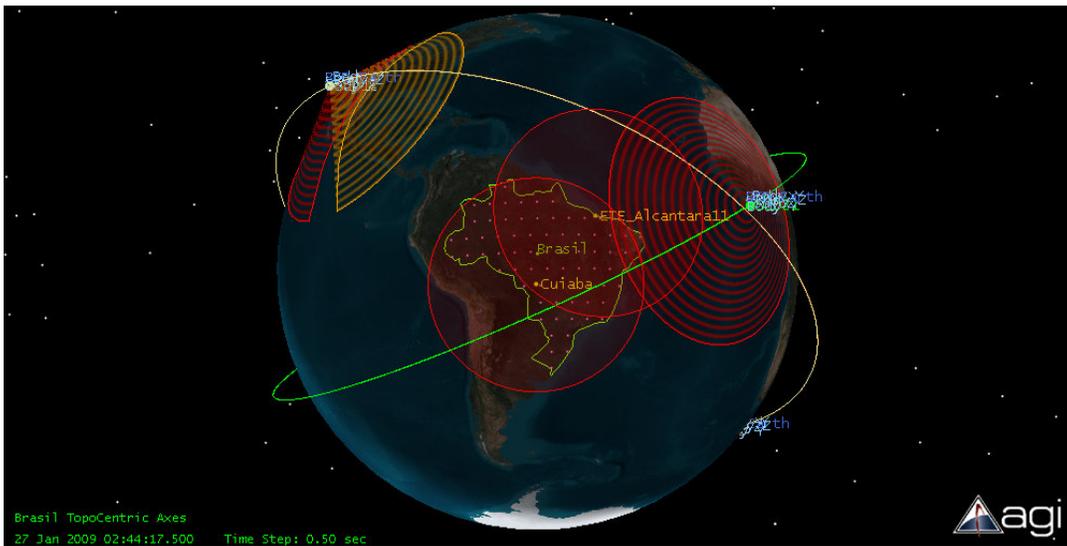


Figura 1.16 - Satélites SCDs N como eixo de rotação orientado para o Nadir no Equador.

(3D).

### 6.1.2. Eixo de Rotação Orientado para o Norte

De maneira similar a orientação do eixo de rotação apontado para o Nadir no Equador, os transmissores são colocados paralelos ao eixo de rotação, na orientação para o Norte. A Figura 6.3 mostra a configuração orientação para o Norte em 2D.

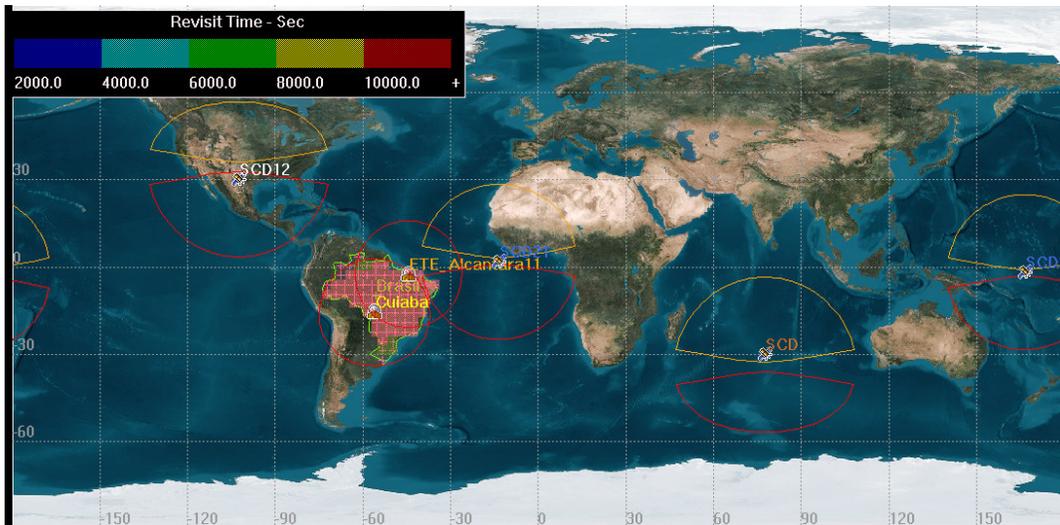


Figura 1.17 - Satélites SCDs N com o eixo de rotação orientado para o Norte (2D).

A configuração com o eixo de rotação orientado para o Norte em 3D é mostrada na Figura 6.4. Nesta figura, pode ser também observado que ambos os transmissores são visíveis durante toda a órbita.

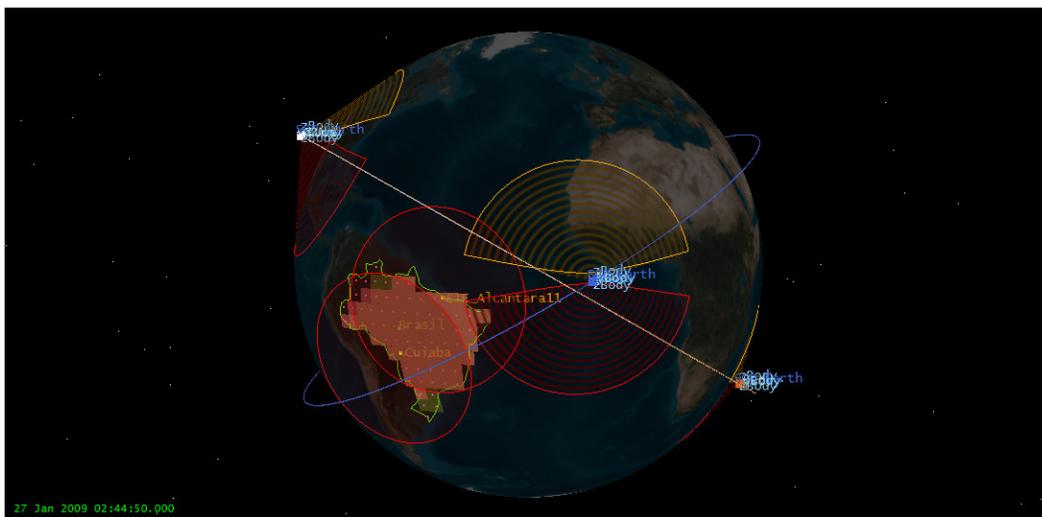


Figura 1.18 - Satélites SCDs N com o eixo de rotação orientado para o Norte (3D).

## **6.2. Comparação entre orientações dos eixos de rotação**

Para ambos os tipos de orientação relacionados à estabilização por rotação – orientação para o Nadir no Equador e para o Norte – monitorou-se o parâmetro de saída: intervalo entre acesso. O requisito de regularidade temporal especifica que o intervalo máximo entre os acessos deve ser menor que 1 hora. Dessa forma, buscou-se aperfeiçoar a maior área do território brasileiro que atendesse esse requisito.

É importante ressaltar que, para os resultados obtidos considerou-se um sistema do tipo SCD, ou seja, a cobertura somente é computada se ambos PCD e estação de Cuiabá (ou Alcântara) estão visíveis ao sistema SCD N.

### **6.2.1. Estabilização por Rotação – Orientação Nadir no Equador**

A fim de evitar a necessidade do uso de algoritmos de otimização multi-objetivo, realizou-se uma análise buscando identificar a melhor razão custo-benefício. Os parâmetros de entrada são:

- 1) Altitude: 750 km;
- 2) Inclinação:  $20^{\circ} \rightarrow 30^{\circ}$ ;
- 3) Número de Planos:  $1 \rightarrow 3$ ;
- 4) Número de Satélites por Plano:  $1 \rightarrow 3$ ;
- 5) Excentricidade da órbita: 0;
- 6) Tipo de Constelação: Walker;
- 7) Parâmetro Walker: 1;
- 8) ARNA:  $330^{\circ}$ ;
- 9) Época: 27 Jan de 2009 2:00:00;

10) Duração: 1 dia;

11) Cone (metade) do Transmissor: 80°;

12) Ângulo de Elevação Mínimo para as PCDs: 5°.

A Tabela 6.1 mostra os valores obtidos por meio da variação dos parâmetros 2 à 4.

Tabela 1.3 - Avaliação inicial para a cobertura com eixo de rotação orientado para o Nadir no Equador – PCD 5 graus.

Caso	Inclinação (Graus)	Número de Planos	Número de Satélites Por Plano	Cobertura do Território Brasileiro (%)
1	20	2	1	0
2	25	2	1	0
3	30	2	1	0
4	20	3	1	0
5	25	3	1	0
6	30	3	1	0
7	<b>20</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>91.79</b>
8	25	2	2	57.53
9	30	2	2	38.14
10	20	3	2	100
11	25	3	2	80.8
12	30	3	2	32.95
13	20	2	3	91.79
14	25	2	3	58.93
15	30	2	3	39.58
16	20	3	3	100
17	25	3	3	86.26
18	30	3	3	32.94

Com base na observação dos resultados apresentados na Tabela 6.1, notou-se claramente que o caso 7 apresentou uma boa relação custo-benefício, considerando o período avaliado, pois com apenas 4 satélites SCDs N é possível obter mais de 90 % de cobertura do território brasileiro, atendendo o requisito de regularidade temporal. Após a análise comparativa inicial, será apresentada uma análise de longo período onde a variação da cobertura com a latitude será também abordada.

Por outro lado, o requisito de regularidade temporal especifica que o mínimo ângulo de elevação deve ser 10 graus. Dessa forma, repetiu-se a mesma análise usando como restrição o ângulo de elevação das PCDs para 10 graus. O resultado obtido é apresentado na Tabela 6.2.

Tabela 1.4 - Avaliação inicial para a cobertura com o eixo de rotação orientado para o Nadir no Equador – PCD 10 graus.

<b>Caso</b>	<b>Inclinação (Graus)</b>	<b>Número de Planos</b>	<b>Número de Satélites Por Plano</b>	<b>Cobertura do Território Brasileiro (%)</b>
1	20	2	1	0
2	20	2	2	68.76
3	20	2	3	74.19
4	20	3	1	0
5	20	3	2	93.20
6	20	3	3	91.84
7	25	2	1	0
8	25	2	2	37.03
9	25	2	3	37.03
10	25	3	1	0
11	25	3	2	69.74
12	25	3	3	65.58
13	30	2	1	0
14	30	2	2	19.13
15	30	2	3	21.78
16	30	3	1	0

<b>17</b>	30	3	2	9.56
<b>18</b>	30	3	3	9.58

A partir dos resultados mostrados na Tabela 6.2, notou-se claramente que a restrição de que o ângulo de elevação mínimo das PCDs deva ser 10 graus traz grande impacto no número de satélites: 6 satélites. Novamente, nesta avaliação, considerou o período de um dia. Dessa forma, visando minimizar o número de satélites é recomendada uma análise a fim de verificar se as PCDs podem operar satisfatoriamente com elevação mínima de 5 graus.

### **6.2.2. Estabilização por rotação com o eixo de rotação orientado para o Norte**

Visando obter uma avaliação preliminar a respeito da cobertura, procedeu-se de maneira similar ao caso em que o eixo de rotação era orientado para o Nadir no Equador. Os parâmetros de entrada foram:

- 1) Altitude: 750 km;
- 2) Inclinação:  $20^\circ \rightarrow 30^\circ$ ;
- 3) Número de Planos:  $2 \rightarrow 3$ ;
- 4) Número de Satélites por Plano:  $2 \rightarrow 3$ ;
- 5) Excentricidade da órbita: 0;
- 6) Tipo de Constelação: Walker;
- 7) Parâmetro Walker: 1;
- 8) ARNA:  $50^\circ$ ;
- 9) Cone (Metade) do Transmissor:  $80^\circ$ ;
- 10) Época: 27 Jan de 2009 2:00:00;

11) Duração: 1 dia;

12) Ângulo de Elevação Mínimo para as PCDs: 5°.

A Tabela 6.3 mostra os valores obtidos por meio da variação dos parâmetros 2 à 4. Visando evitar dados desnecessários, a Tabela 6.3 mostra os resultados somente para combinações de planos e satélites maiores que dois.

Tabela 1.5 - Avaliação inicial para a cobertura com o eixo de rotação orientado para o:  
Norte – PCD 5 graus.

<b>Caso</b>	<b>Inclinação (Graus)</b>	<b>Número de Planos</b>	<b>Número de Satélites Por Plano</b>	<b>Cobertura do Território Brasileiro (%)</b>
<b>1</b>	<b>20</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>77</b>
<b>2</b>	25	2	2	66.10
<b>3</b>	30	2	2	51.91
<b>4</b>	20	3	2	86.51
<b>5</b>	25	3	2	93.15
<b>6</b>	30	3	2	95.90
<b>7</b>	20	2	3	78.38
<b>8</b>	25	2	3	64.68
<b>9</b>	30	2	3	54.72
<b>10</b>	20	3	3	86.51
<b>11</b>	25	3	3	91.15
<b>12</b>	30	3	3	95.90

Observando os resultados apresentados na Tabela 6.3, notou-se que se o percentual por volta de 75 % seja aceitável, uma constelação de 4 satélites pode satisfazer o requisito de regularidade temporal. Caso contrário, será necessário uma constelação com pelo menos 6 satélites. A exemplo do apontamento para o Nadir no Equador, esta análise inicial foi realizada utilizando 1 dia de avaliação. Uma análise com período mais longo será mostrada.

### 6.3. Estabilização por Gradiente de Gravidade com Orientação para o Nadir

Uma alternativa para a estabilização por rotação é a utilização do Gradiente de Gravidade. Nessa condição, o satélite sempre apontará o centro da Terra. As condições iniciais utilizadas foram as mesmas da estabilização por rotação:

- 1) Altitude: 750 km;
- 2) Inclinação:  $20 \rightarrow 30^\circ$ ;
- 3) Número de Planos:  $2 \rightarrow 3$ ;
- 4) Número de Satélites por Plano:  $2 \rightarrow 3$ ;
- 5) Excentricidade da órbita: 0;
- 6) Tipo de Constelação: Walker;
- 7) Parâmetro Walker: 1;
- 8) ARNA:  $50^\circ$ ;
- 9) Cone (Metade) do Transmissor:  $80^\circ$ ;
- 10) Época: 27 Jan de 2009 2:00:00.
- 11) Duração: 1 dia;
- 12) Ângulo de Elevação Mínimo para as PCDs:  $5^\circ$ .

Seguindo a mesma metodologia utilizada nos casos anteriores, os resultados para cobertura utilizando o apontamento para o Nadir é mostrado na Tabela 6.4.

Tabela 1.6 - Avaliação inicial para a Cobertura com orientação para o Nadir – PCD 5 graus.

<b>Caso</b>	<b>Inclinação (Graus)</b>	<b>Número de Planos</b>	<b>Número de Satélites Por Plano</b>	<b>Cobertura do Território Brasileiro (%)</b>
<b>1</b>	<b>20</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>91.79</b>
<b>2</b>	25	2	2	69.98
<b>3</b>	30	2	2	51.91
<b>4</b>	20	3	2	100
<b>5</b>	25	3	2	100
<b>6</b>	30	3	2	95.83
<b>7</b>	20	2	3	91.79
<b>8</b>	25	2	3	69.98
<b>9</b>	30	2	3	54.72
<b>10</b>	20	3	3	100
<b>11</b>	25	3	3	100
<b>12</b>	30	3	3	95.83

Pode ser observado na Tabela 6.4 que uma cobertura maior que 90 % pode ser obtida com uma constelação de 4 satélites (considerando o período avaliado). Observou-se também que o território brasileiro pode ser completamente coberto por uma constelação de 6 satélites.

#### **6.4. Varredura da Inclinação**

Uma vez fixado o número de planos orbitais, o número de satélites por plano, a ARNA adequada, realizou-se uma varredura a fim de identificar qual inclinação apresenta o maior percentual de atendimento ao requisito de regularidade temporal.

#### **6.4.1. Estabilização por Rotação com o eixo de rotação orientado para o Nadir no Equador**

Seguindo a mesma ordem apresentada anteriormente, primeiramente realizou-se uma varredura na inclinação buscando uma maximização do percentual de cobertura. Os parâmetros utilizados na busca da foram:

- 1) Altitude: 750 km;
- 2) Inclinação:  $0^{\circ} \rightarrow 34^{\circ}$  (variação  $0,5^{\circ}$ );
- 3) Número de Planos: 2;
- 4) Número de Satélites por Plano: 2;
- 5) Excentricidade da órbita: 0;
- 6) Tipo de Constelação: Walker;
- 7) Parâmetro Walker: 1;
- 8) ARNA:  $330^{\circ}$ ;
- 9) Época: 27 Jan de 2009 2:00:00;
- 10) Duração: 1 dia;
- 11) Cone (metade) do Transmissor:  $80^{\circ}$ ;
- 12) Ângulo de Elevação Mínimo para as PCDs:  $5^{\circ}$ .

A Figura 6.5 mostra a variação do parâmetro cobertura tendo como restrição o requisito de regularidade temporal. Pode-se observar que no intervalo entre 8 e 21 graus de inclinação o percentual de cobertura obtido está por volta de 90 %. Com 25 graus de inclinação o percentual de atendimento do requisito está por volta de 60 % e finalmente, com uma inclinação de 34 graus o percentual de atendimento do requisito é zero. Isto

significa que nenhum ponto do território brasileiro poderá obter *link* entre as estações terrenas e os satélites da constelação num intervalo igual ou inferior à 1 hora.

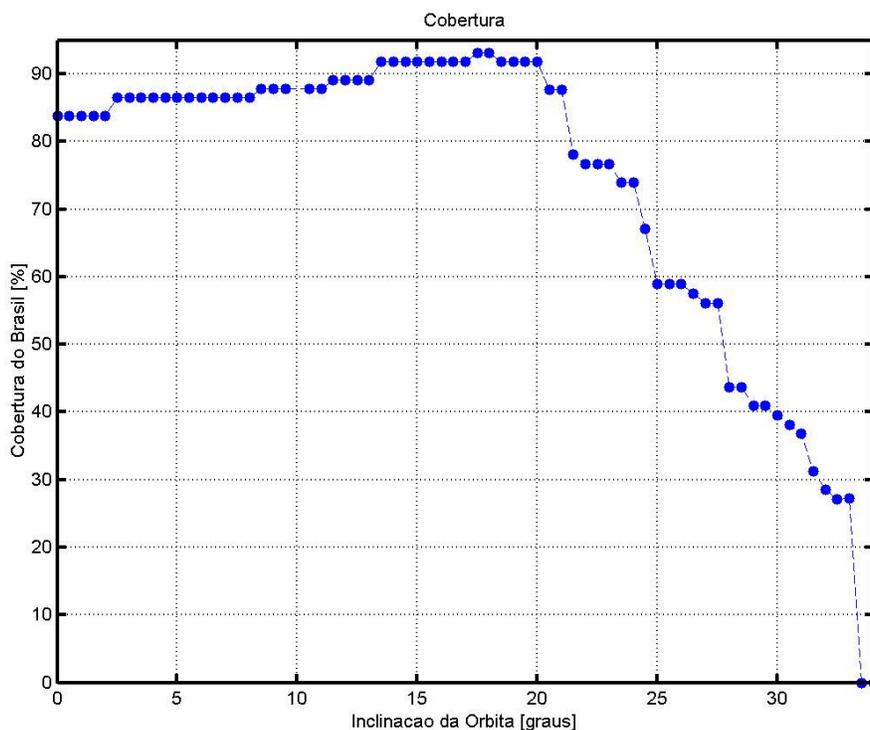


Figura 1.19 - Cobertura versus Inclinação.

Considerando somente o parâmetro revisita, pode-se observar que os valores de inclinação entre 8 e 21 graus apresentam desempenho similar, pode-se então verificar outros pontos importantes relacionados à missão, vínculos relacionados ao controle, por exemplo. Visando fornecer outros subsídios relacionados à cobertura, é mostrada na Figura 6.6 a variação do percentual de cobertura com relação à latitude.

Pode ser observado que embora o percentual de atendimento do requisito de regularidade temporal (tempo entre os acessos inferior à 1 hora) seja semelhante, o perfil dos intervalos com relação à latitude são distintos. Como esperado, uma órbita com inclinação de 8 graus não oferece cobertura às regiões localizadas ao Sul do Brasil. Já as inclinações a partir de 20 graus apresentam variação para latitudes acima de -10 graus, embora o intervalo para latitudes mais altas seja melhorado, ou seja, diminuído.

Esta variação é um indicativo que a cobertura nessas regiões pode não ser uniforme. Este fato será avaliado na análise de longo período.

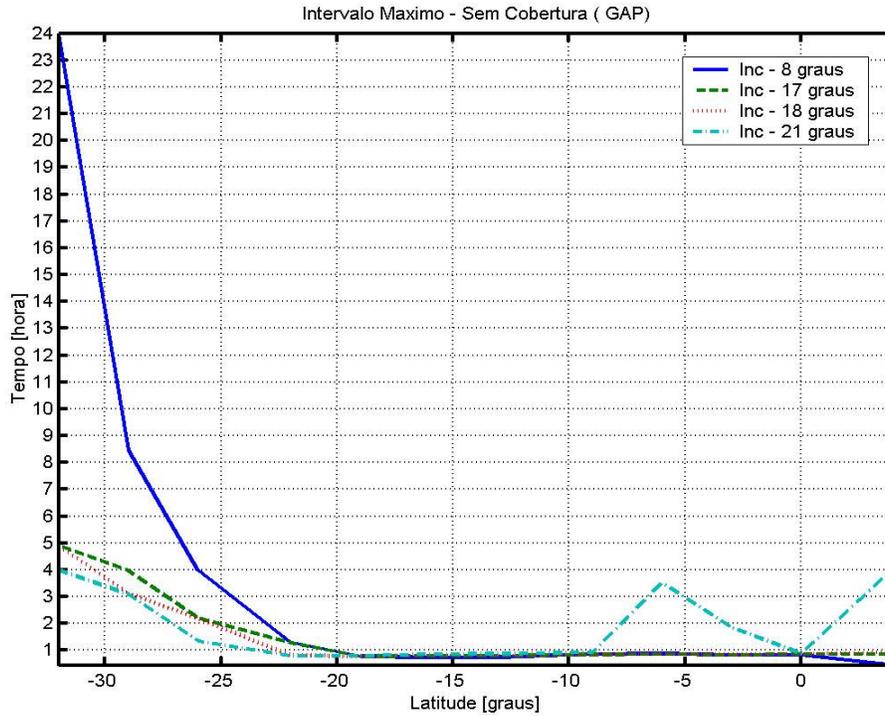


Figura 1.20 - Variação do Intervalo de Cobertura versus Latitude.

Visando avaliar o comportamento do intervalo máximo entre acessos para a análise de longo período, determinou-se a variação do parâmetro ARNA em função do tempo:

$$\dot{\Omega} = -2.06474e14 * \frac{\cos(i)}{\sqrt{a^7} * (1 - e^2)^2} \quad (1)$$

onde:

- $a$  é o semi-eixo maior da órbita (Km);
- $i$  é a inclinação da órbita;
- $e$  é a excentricidade da órbita;

- $\dot{\Omega}$  é a taxa de variação da ARNA (graus/dia).

Usando a Eq.(1), obtém-se que a variação da ARNA para as condições avaliadas está por volta de 6 graus por dia. Dessa forma, na simulação de longo período considerou-se um intervalo de tempo correspondente a 60 dias (De fato, 30 dias já permitiria a avaliação da cobertura).

Selecionaram-se as inclinações 18 e 21 graus respectivamente devido ao fato de a inclinação de 8 graus não fornecer cobertura adequada para o extremo Sul do Brasil. O resultado obtido é mostrado na Tabela 6.5. Pode ser observado que o percentual de atendimento do requisito de regularidade temporal caiu drasticamente para a inclinação 21 graus enquanto para a inclinação 18 graus o valor obtido manteve-se próximo da avaliação inicial.

Tabela 1.7 - Avaliação da cobertura com orientação para o Nadir – 60 dias.

<b>Caso</b>	<b>Inclinação (Graus)</b>	<b>Número de Planos</b>	<b>Número de Satélites Por Plano</b>	<b>Cobertura do Território Brasileiro (%)</b>
<b>1</b>	<b>18</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>82.38</b>
<b>2</b>	21	2	2	49.15

A Figura 6.7 mostra o comportamento do tempo de revisita para as inclinações de 18 e 21 graus respectivamente.

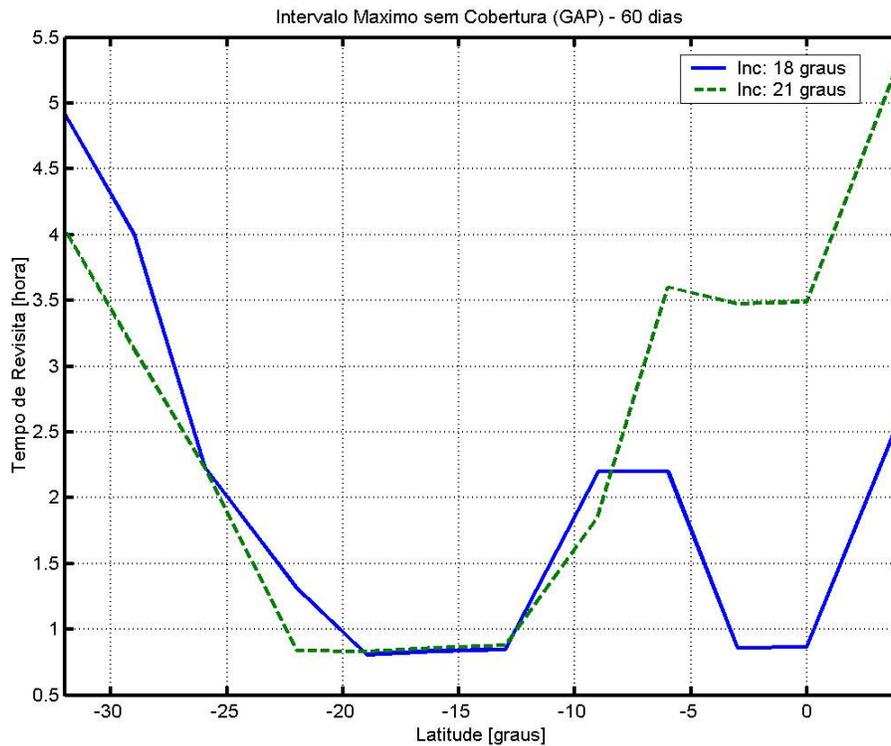


Figura 1.21 - Variação do Intervalo de Cobertura versus Latitude.

A Figura 6.7 mostra que o tempo de revisita são mínimos na região de latitude próximas ao valor das inclinações e aumentam à medida que se afasta dessas regiões. A seguir, na Figura 6.8 é mostrado o tempo de contato em função da latitude para cada inclinação. Pode ser notado que o tempo de acesso para as duas inclinações são semelhantes sendo um pouco mais elevado para a inclinação de 18 graus. Novamente, como se era esperado, latitudes mais altas possuem um tempo de revisita maior, mas o tempo de acesso também é mais elevado. Observou-se que o tempo mínimo de acesso para as duas inclinações varia de 2 a 3 minutos. Com relação ao tempo de revisita, são privilegiadas as latitudes próximas ao valor da inclinação e aumentando de forma acentuada quando se afasta delas. Para a inclinação de 21 graus o tempo de revisita é menos de uma hora para latitudes entre 13 e 22 graus aproximadamente e por volta de 5,5 horas para as latitudes próximas a 4 graus.

As análises apresentadas mostram que um percentual próximo a 80 % do território brasileiro é possível obter um tempo de revisita menor ou igual a uma hora para uma

inclinação de 18 graus. Já no caso da inclinação de 21 graus esse número cai acentuadamente. Entretanto, a escolha final da configuração depende de outros requisitos que ainda não foram avaliados como a cobertura global, por exemplo. Ou mesmo, requisitos que devam ser atendidos devido a outros aspectos da missão. É também importante ressaltar que embora os aspectos aqui analisados focam principalmente os aspectos da órbita, elementos como tamanho da visada dos transmissores e requisitos de elevação mínima para as PCDs foram incorporadas no cálculo e têm importante contribuição no resultado apresentado.

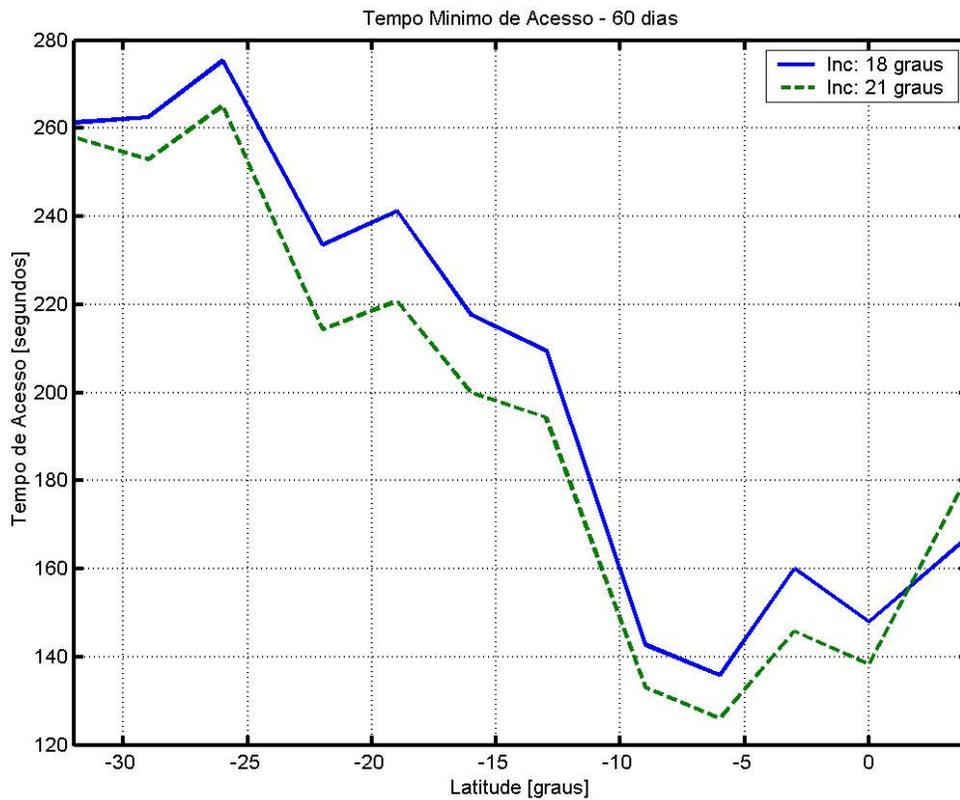


Figura 1.22 - Variação do Tempo de Acesso versus Latitude.

#### **6.4.2. Estabilização por Rotação com o eixo de rotação orientado para o Norte**

Seguindo a mesma ordem apresentada anteriormente, primeiramente realizou-se uma varredura na inclinação buscando uma maximização do percentual de cobertura. Os parâmetros utilizados na busca da foram:

- 1) Altitude: 750 km;
- 2) Inclinação:  $0^{\circ} \rightarrow 34^{\circ}$  (variação  $0.5^{\circ}$ );
- 3) Número de Planos: 2;
- 4) Número de Satélites por Plano: 2;
- 5) Excentricidade da órbita: 0;
- 6) Tipo de Constelação: Walker;
- 7) Parâmetro Walker: 1;
- 8) ARNA:  $330^{\circ}$ ;
- 9) Época: 27 Jan de 2009 2:00:00;
- 10) Duração: 1 dia;
- 11) Cone (metade) do Transmissor:  $80^{\circ}$ ;
- 12) Ângulo de Elevação Mínimo para as PCDs:  $5^{\circ}$ .

A Figura 6.9 mostra a variação do parâmetro cobertura tendo como restrição o requisito de regularidade temporal. Pode-se observar que no intervalo entre  $0$  à  $7$  graus de inclinação o percentual de cobertura obtido é constante e por volta de  $77\%$ . Com  $9,5$  graus de inclinação o percentual de atendimento do requisito está por volta de  $80\%$ , com uma inclinação de  $21,5$  graus o percentual de atendimento do requisito é  $81\%$  e finalmente com  $34$  graus de inclinação o percentual é zero. Isto significa que nenhum

ponto do território brasileiro poderá obter link entre as estações terrenas e os satélites da constelação num intervalo igual ou inferior à uma hora caso a inclinação seja 34 graus.

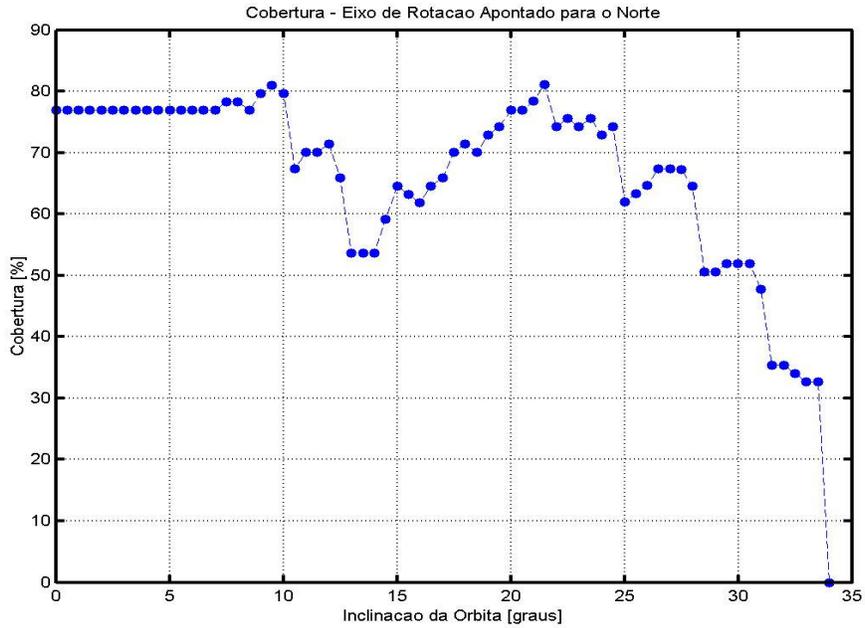


Figura 1.23 - Cobertura versus Inclinação.

Visando avaliar o intervalo máximo sem cobertura, analisaram-se quatro diferentes inclinações: 5 graus (região constante), 9,5 graus, 21,5 graus e 24,5 graus. Os resultados são mostrados na Figura 6.10. Como esperado, uma órbita com inclinações de 5 e 9,5 graus não oferecem cobertura às regiões com latitudes superiores a 29 graus (Sul). Já as inclinações a partir de 20 graus apresentam intervalos de cobertura menores, embora nas latitudes extremas o máximo intervalo entre acessos seja da ordem de 6 horas. Em latitudes entre -20 graus e 3 graus o máximo intervalo entre acesso foram inferiores a 1 hora. A seguir apresentam-se os resultados obtidos para o estudo de longo período.

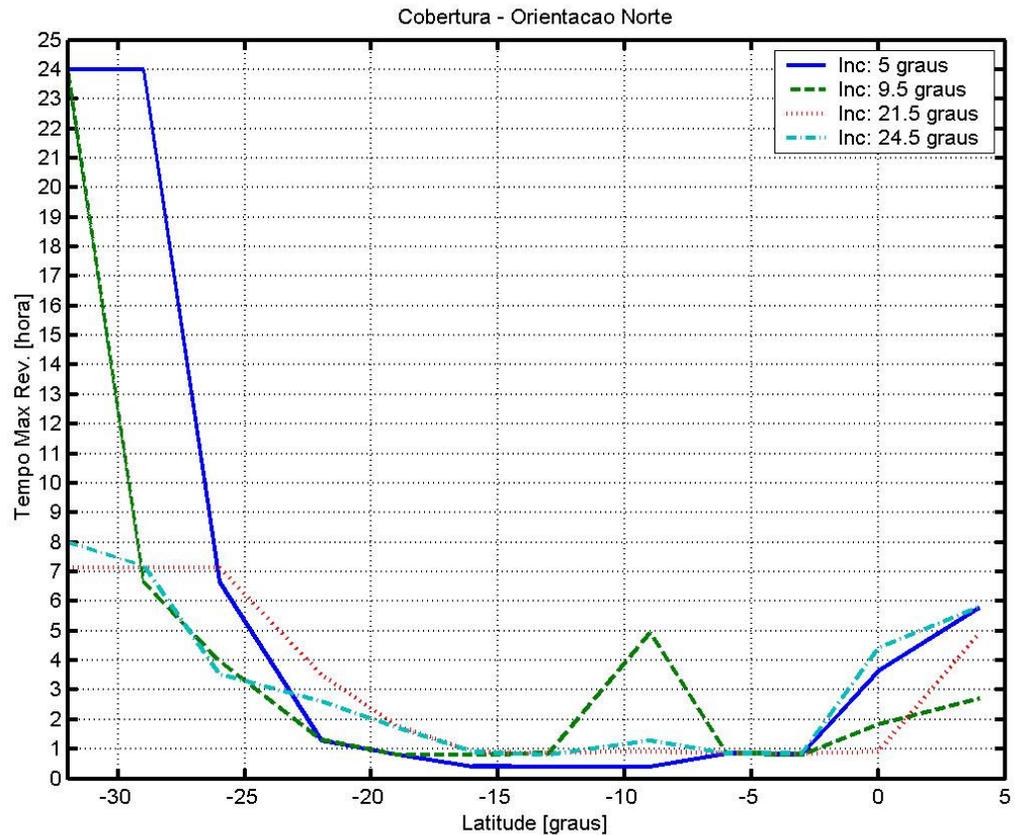


Figura 1.24 - Variação do Intervalo de Cobertura versus Latitude.

Na análise de longo período selecionaram-se as inclinações 21.5 e 25 graus respectivamente devido ao fato da inclinação de 5 e 9.5 graus não fornecerem cobertura adequada para o extremo Sul do Brasil. O resultado obtido é mostrado na Tabela 6.6. Pode ser observado que o percentual de atendimento do requisito revisita para ambos os casos manteve-se em níveis próximos aos obtidos na avaliação inicial.

A Figura 6.11 mostra o comportamento do tempo de revisita para as inclinações de 21.5 e 25 graus respectivamente. Pode ser notado que para as condições analisadas a inclinação de 21 graus oferece um percentual maior de atendimento ao requisito, mas penalizando as latitudes mais ao Sul onde ocorre o máximo período sem cobertura. Nas regiões mais centrais o requisito de revisita é atendido.

A mínima duração dos acessos por latitude é mostrado na Figura 6.12. Pode ser observado que a inclinação de 21.5 graus, na maioria dos casos fornece um tempo de acesso maior. Entretanto, os valores são muito próximos e podem ser excluídos como ponderação na a escolha da configuração final.

Tabela 1.8 - Avaliação da cobertura com orientação para o Nadir – 60 dias.

Caso	Inclinação (Graus)	Número de Planos	Número de Satélites Por Plano	Cobertura do Território Brasileiro (%)
1	21.5	2	2	74.24
2	25	2	2	62.60

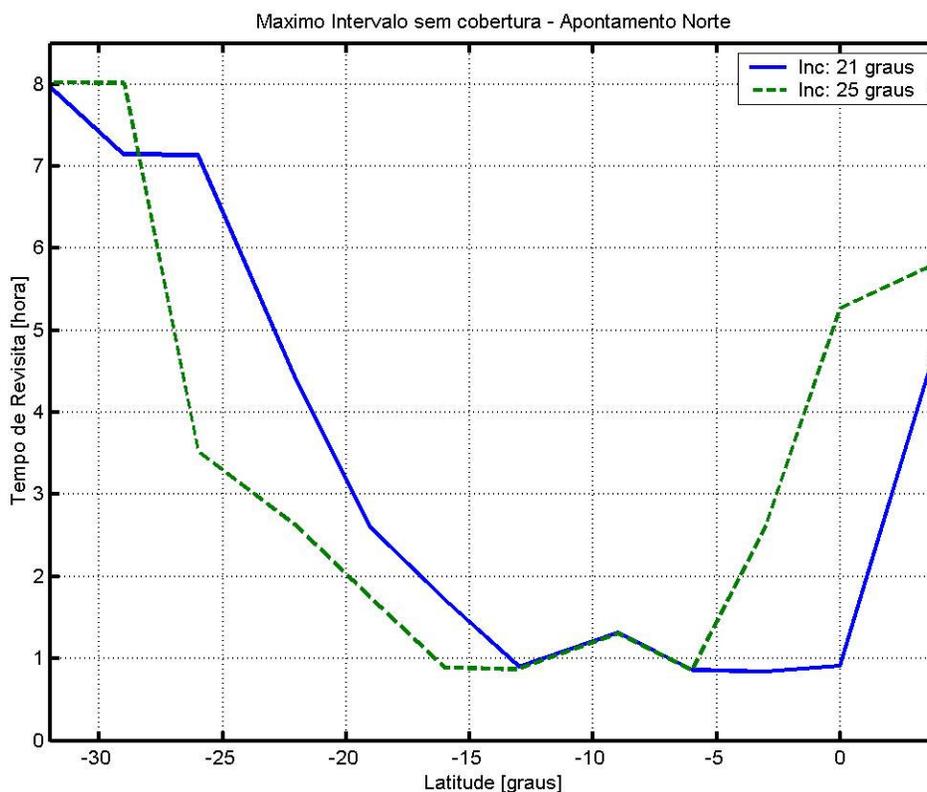


Figura 1.25 - Variação do Intervalo de Cobertura versus Latitude.

As análises apresentadas mostram que um percentual em torno de 75 % do território brasileiro é possível obter um tempo de revisita menor ou igual à 1 hora para uma inclinação de 21,5 graus. Já no caso da inclinação de 25 graus esse número diminui,

mas não tão acentuadamente quanto ao apontamento para Nadir no Equador. Caso o percentual de atendimento em torno de 75 % não seja aceitável, e a configuração apontamento para o Norte seja escolhida, a solução poderá ser a inclusão de mais um plano orbital contendo mais 2 satélites. Ao final, será apresentada uma avaliação para esta configuração. Certamente um dos fatores com maior impacto nessa escolha será o custo do sistema a ser implantado.

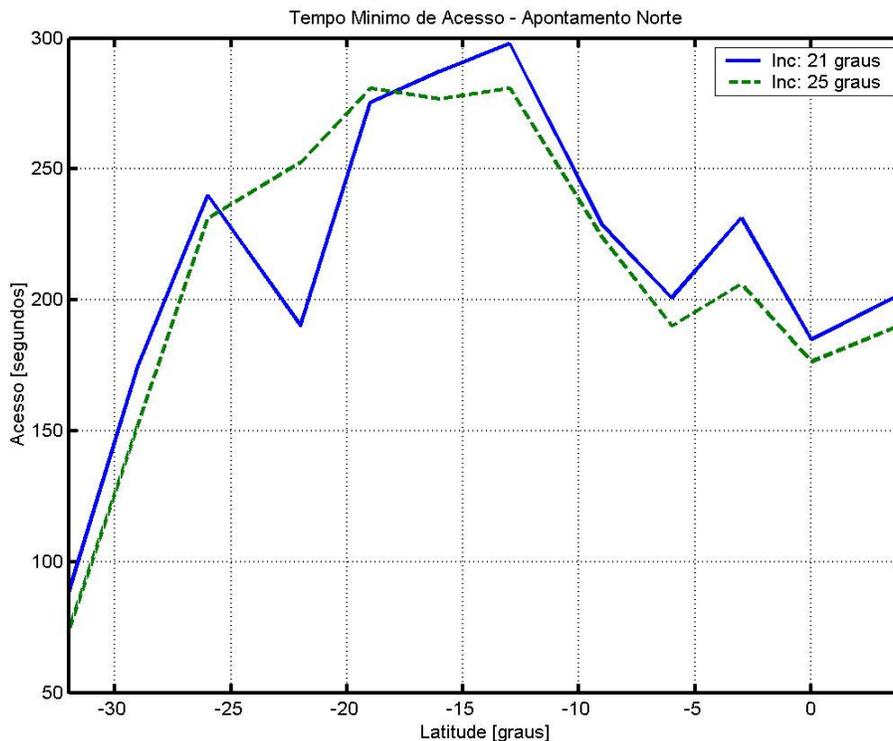


Figura 1.26 - Variação do Tempo de Acesso versus Latitude.

#### 6.4.3. Apontamento Nadir - Gradiente

Na análise apresentada a seguir, o transmissor foi orientado para o Nadir. Nesta configuração é possível utilizar a estabilização por gradiente de gravidade. Seguindo a mesma ordem apresentada anteriormente, primeiramente realizou-se uma varredura na inclinação buscando uma maximização do percentual de cobertura e em seguida realizou-se as análises de longo período. Os parâmetros utilizados na busca foram:

- 1) Altitude: 750 km;
- 2) Inclinação:  $0^{\circ} \rightarrow 34^{\circ}$  (variação  $0,5^{\circ}$ );
- 3) Número de Planos: 2;
- 4) Número de Satélites por Plano: 2;
- 5) Excentricidade da órbita: 0;
- 6) Tipo de Constelação: Walker;
- 7) Parâmetro Walker: 1;
- 8) ARNA:  $50^{\circ}$ ;
- 9) Época: 27 Jan de 2009 2:00:00;
- 10) Duração: 1 dia;
- 11) Cone (metade) do Transmissor:  $80^{\circ}$ ;
- 12) Ângulo de Elevação Mínimo para as PCDs:  $5^{\circ}$ .

A Figura 6.13 mostra a variação do parâmetro cobertura tendo como restrição o requisito de regularidade temporal. Pode-se observar que no intervalo entre 0 a 7 graus de inclinação o percentual de cobertura obtido é constante e por volta de 86 %. Com 14 graus de inclinação o percentual de atendimento do requisito está por volta de 90 %, com uma inclinação de 18 graus o percentual de atendimento do requisito é 93 % e finalmente com 34 graus de inclinação o percentual é zero. Isto significa que nenhum ponto do território brasileiro poderá obter link entre as estações terrenas e os satélites da constelação num intervalo igual ou inferior à uma hora caso a inclinação seja 34 graus.

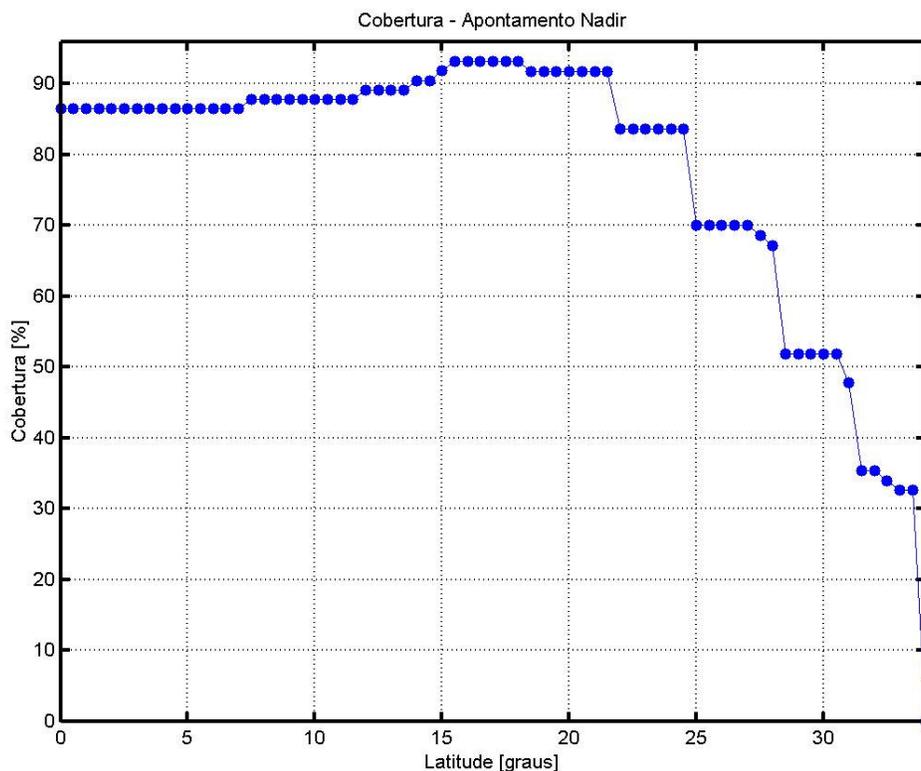


Figura 1.27 - Atendimento do Requisito Cobertura versus Inclinação.

Visando avaliar o intervalo máximo sem cobertura, analisou-se duas diferentes inclinações: 10 graus, 18 graus e 24 graus. Os resultados são mostrados na Figura 6.14. Foi observado que, como o esperado, para inclinação 10 graus não existe cobertura para o extremo Sul do País, entretanto, as regiões próximo ao Equador têm a cobertura melhorada. Já para as inclinações de 18 e 24 graus a cobertura ao Sul é semelhante; nas regiões próximas ao Equador, a inclinação de 18 graus apresenta um tempo de revisita menor. Pode ser também observado que para latitude a partir de -20 graus a inclinação de 18 graus atende completamente o requisito de regularidade temporal. A seguir, apresentam-se os resultados obtidos para o estudo de longo período. Serão avaliadas as inclinações 18 e 24 graus respectivamente.

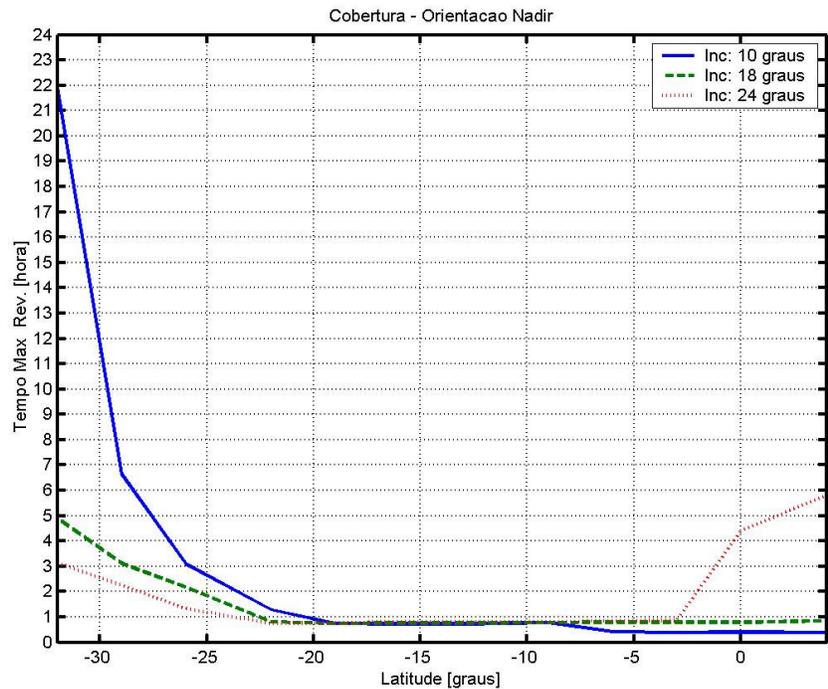


Figura 1.28 - Variação do Intervalo de Cobertura versus Latitude.

O resultado obtido na análise de longo período é mostrado na Tabela 6.7. Pode ser observado que o percentual de atendimento do requisito revisita para ambos os casos manteve-se em níveis próximos aos obtidos na avaliação inicial. A inclinação 18 graus apresentou um valor maior uma variação maior.

Tabela 1.9 - Avaliação da cobertura com orientação para o Nadir – 60 dias.

Caso	Inclinação (Graus)	Número de Planos	Número de Satélites Por Plano	Cobertura do Território Brasileiro (%)
1	18	2	2	87.84
2	24	2	2	83.6

A Figura 6.15 mostra o comportamento do tempo de revisita para as inclinações de 18 e 24 graus respectivamente. Pode ser notado que para as condições analisadas a inclinação de 18 graus oferece um percentual maior de atendimento ao requisito com um pequeno (1 hora) aumento do tempo de revisita nas latitudes mais ao sul onde ocorre

o máximo período (5 horas) sem cobertura. Nas regiões a partir de -20 graus o requisito de cobertura é completamente atendido.

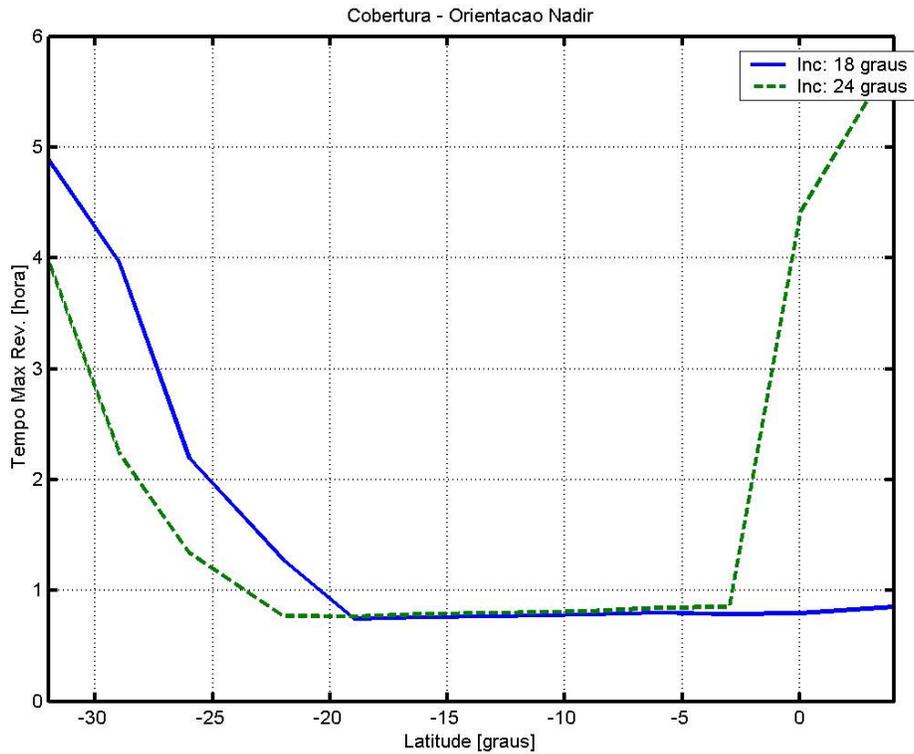


Figura 1.29 - Variação do Intervalo de Cobertura versus Latitude.

A mínima duração dos acessos por latitude é mostrado na Figura 6.16. Pode ser observado que a inclinação de 18 graus, na maioria dos casos fornece um tempo de acesso maior, somente nas latitudes extremas é que o tempo de acesso diminui. Entretanto, observa que no pior caso é possível obter mais de 5 minutos de acessos em todas as latitudes.

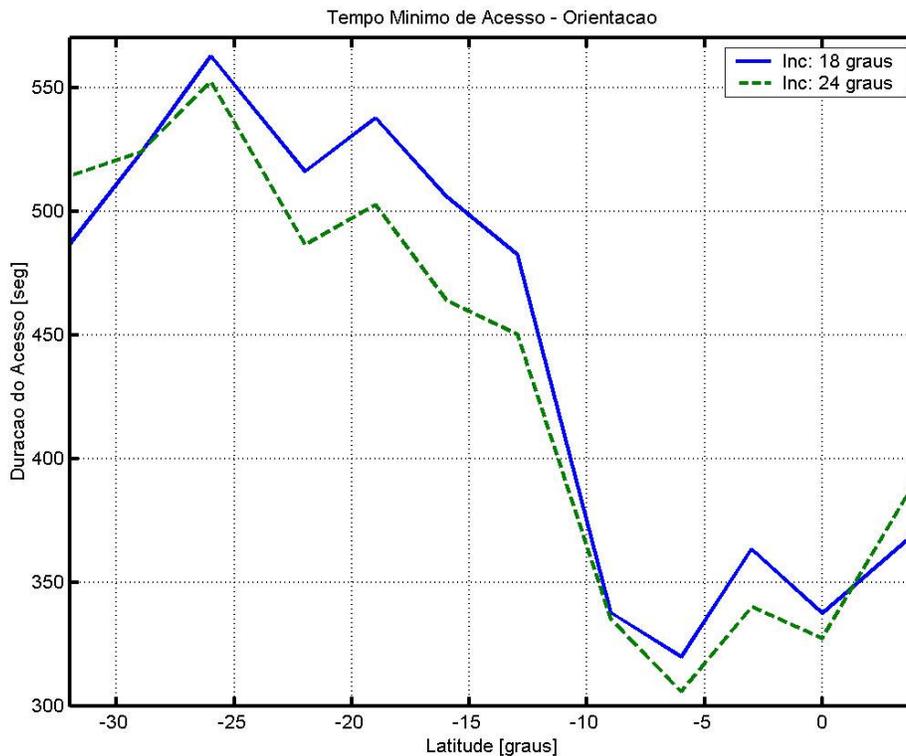


Figura 1.30 - Variação do Tempo de Acesso versus Latitude.

As análises apresentadas mostram que um percentual em torno de 87 % do território brasileiro é possível obter um tempo de revisita menor ou igual a 1 hora para uma inclinação de 18 graus. Já no caso da inclinação de 24 graus esse número diminui, mas ainda permite o atendimento do requisito em mais de 80 %. Caso o percentual de atendimento em torno de 85 % não seja aceitável, e a configuração apontamento para o Nadir seja escolhida, a solução poderá ser a inclusão de mais um plano orbital contendo mais dois satélites. Ao final será apresentada uma avaliação para esta configuração. Certamente um dos fatores com maior impacto nessa escolha será o custo do sistema a ser implantado.

## 6.5. Cobertura Global

Nesta seção, apresentam-se os resultados obtidos na avaliação da cobertura global. Escolheu-se, em cada caso estudado, as inclinações que forneceram melhor percentual

de atendimento ao requisito de regularidade temporal e avaliou-se a cobertura global. A Tabela 6.8 mostra os casos avaliados.

Tabela 1.10 - Avaliação da Cobertura Global – 60 dias.

<b>Caso</b>	<b>Orientação</b>	<b>Inclinação (Graus)</b>	<b>Configuração (Sat. X Planos)</b>
<b>1</b>	Nadir no Equador	18	2 X 2
<b>2</b>	Norte	21.5	2 X 2
<b>3</b>	Nadir	18	2 X 2

Na avaliação da cobertura global, devido à excessiva carga computacional, definiu-se como área de interesse a área delimitada pelas latitudes -45 a +45 graus e longitudes -180 a +180 graus. Tanto as latitudes e longitudes foram divididas em intervalos de 6 graus. A duração da avaliação foi de 2 dias. Foi também considerado que o requisito de cobertura era atendido quando a um ponto da superfície estava visível à constelação.

#### **6.5.1. Orientação – Nadir no Equador**

A Figura 6.17 mostra o perfil da cobertura obtida com a constelação do caso 1 (Tabela 6.8). Pode ser observado que os extremos da região avaliada apresentam um tempo de revisita maior, enquanto as regiões centrais apresentam um tempo de revisita menor. Entretanto, deve se considerar que foi avaliado o perfil de cobertura para dois dias. Já a Figura 6.18 mostra a mesma informação mas em 3 dimensões. Finalmente, a Figura 6.19 mostra os valores do tempo máximo de revisita em função da latitude. Pode ser observado que as latitudes mais elevadas possuem um tempo de revisita da ordem de 8 horas, mas as regiões entre  $\pm 24$  graus é possível obter contato com algum satélite da constelação em menos de 1 hora.

O percentual de atendimento do requisito de regularidade temporal, nas condições avaliadas, foi de 64.24 %. Isso mostra que um percentual elevado do globo pode obter acesso aos satélites em um tempo relativamente pequeno. Especialmente a região próxima ao Equador.

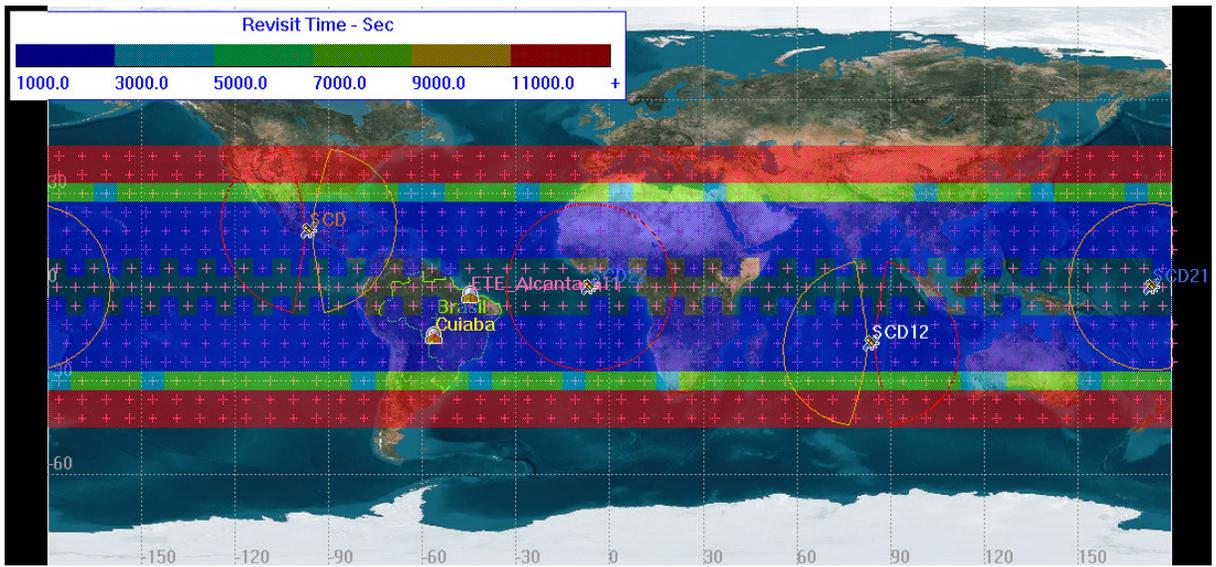


Figura 1.31 - Cobertura global (2D) – Inclinação 18 graus – Orientação Nadir no Equador.

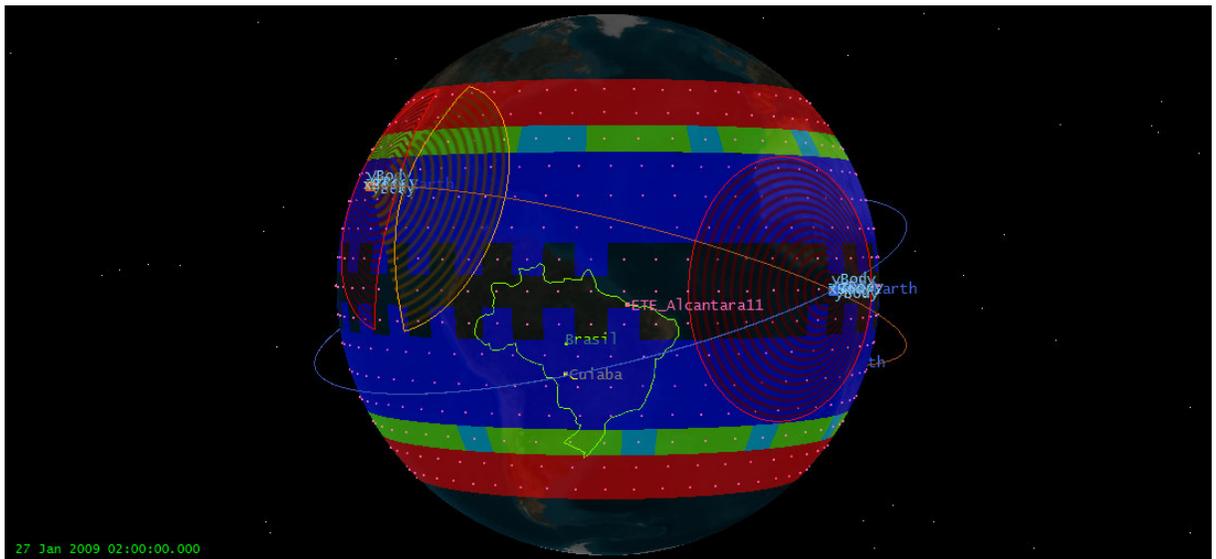


Figura 1.32 -Cobertura global (3D) – Inclinação 18 graus – Orientação Nadir no Equador.

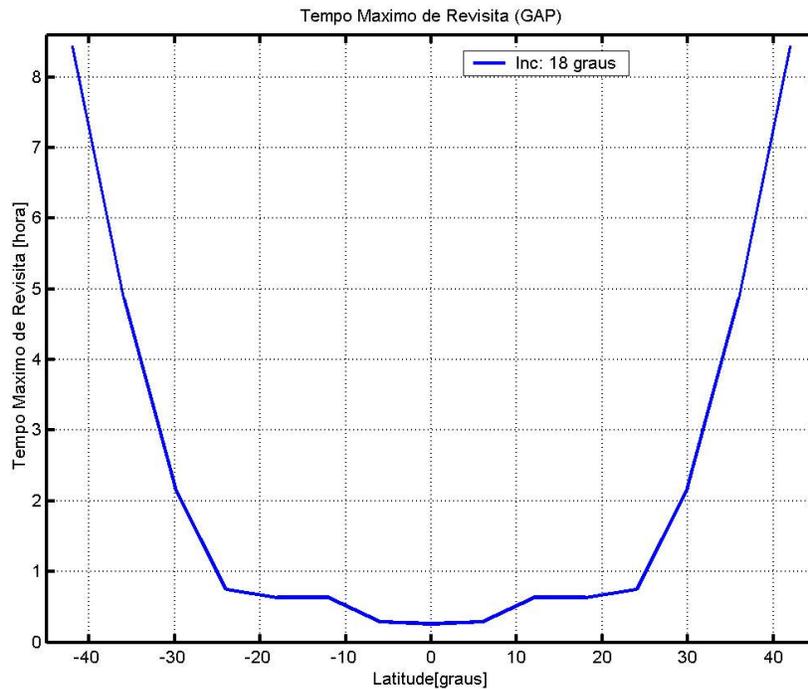


Figura 1.33 -Tempo máximo de revisita versus latitude.

### 6.5.2. Orientação – Eixo de Rotação Apontado para o Norte

A Figura 6.20 mostra o perfil da cobertura obtida com a constelação do caso 2 (Tabela 6.8). Pode ser observado que os extremos da região avaliada apresentam um tempo de revisita maior, enquanto as regiões centrais apresentam um tempo de revisita menor. Entretanto, deve se considerar que foi avaliado o perfil de cobertura para dois dias. Nota-se também que o período mais longo sem revisita é ampliado (faixa vermelha), quando comparado com o apontamento Nadir no Equador. Já a Figura 6.21 mostra a mesma informação mas em 3 dimensões. Finalmente, a Figura 6.22 mostra os valores do tempo máximo de revisita em função da latitude. Pode ser observado que as latitudes mais elevadas possuem um tempo de revisita da ordem de 9 horas, mas as regiões entre  $\pm 19$  graus é possível obter contato com algum satélite da constelação em menos de uma hora.

O percentual de atendimento do requisito de regularidade temporal, nas condições avaliadas, foi de 50.72 %. Isso mostra que aproximadamente a metade do globo pode obter acesso aos satélites em um tempo relativamente pequeno. Especialmente a região próximo ao Equador.

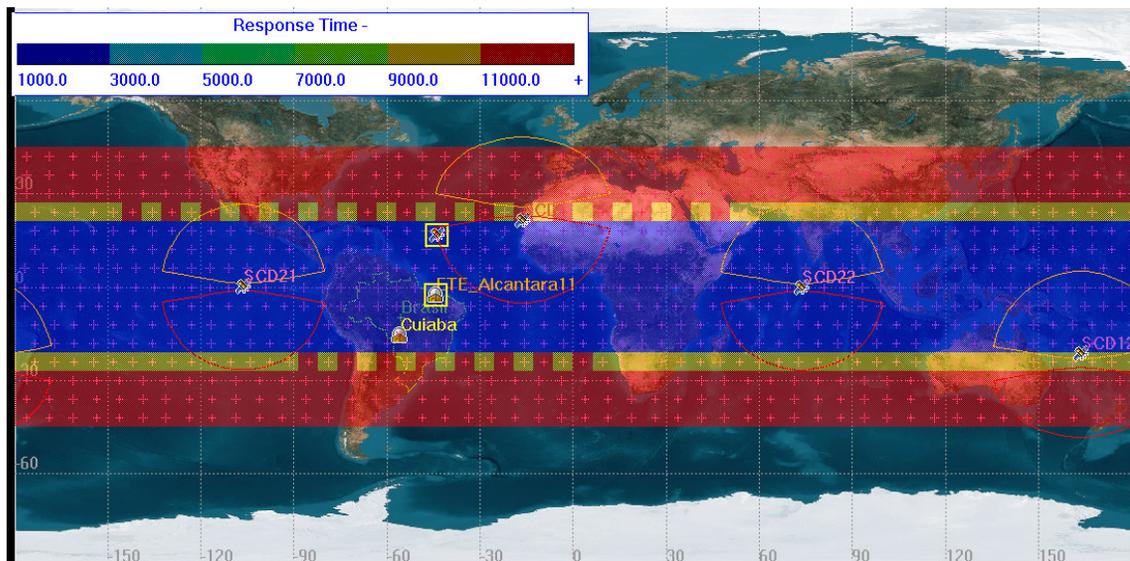


Figura 1.34 - Cobertura global (2D) – Inclinação 21.5 graus – Orientação Norte.

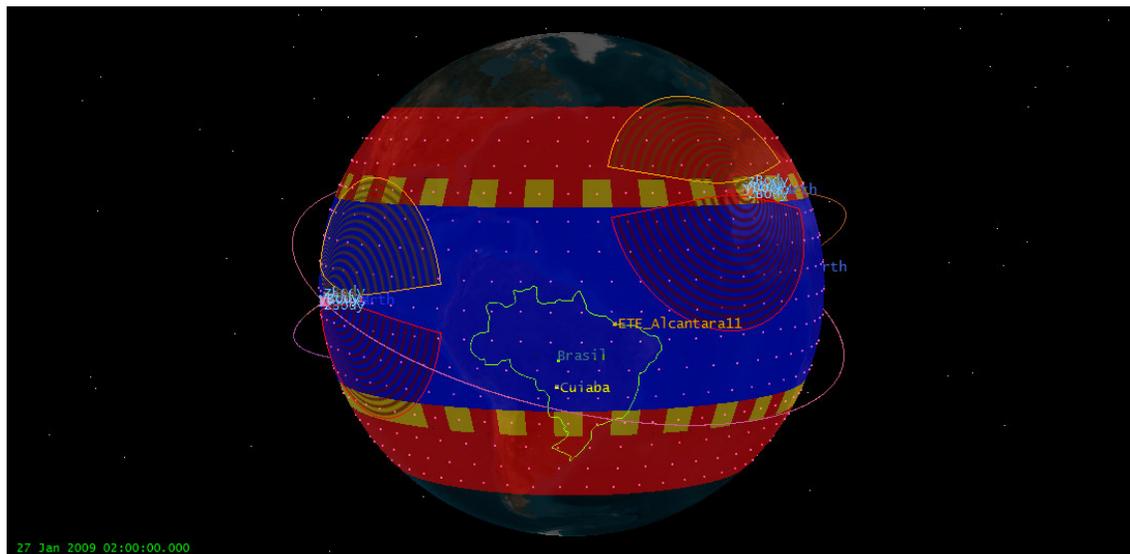


Figura 1.35 - Cobertura global (3D) – Orientação Norte.

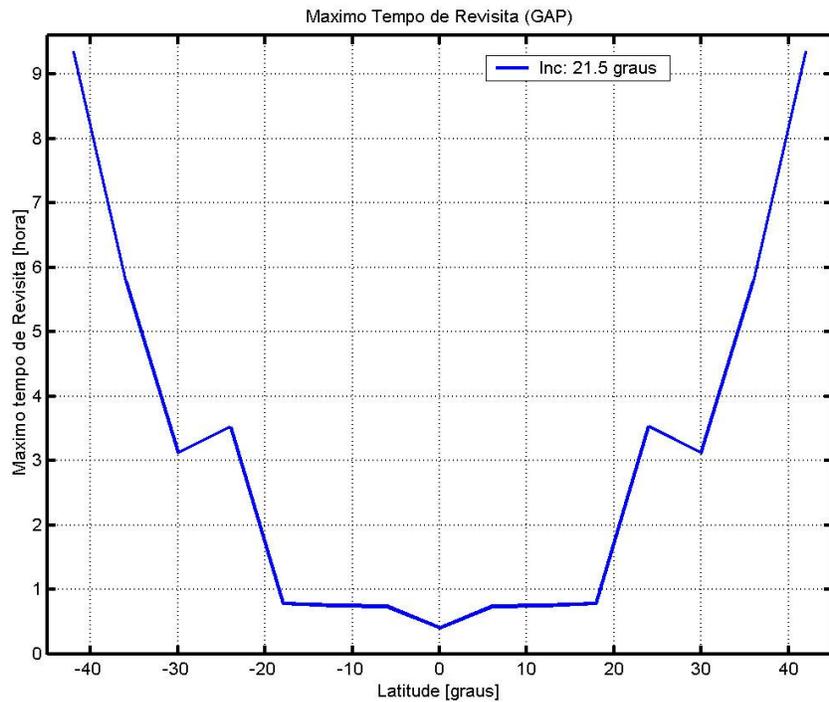


Figura 1.36 - Tempo máximo de Revisita versus Latitude.

### 6.5.3. Orientação – Eixo de Rotação Apontado para o Nadir

A Figura 6.23 mostra o perfil da cobertura obtida com a constelação do caso 2 (Tabela 6.8). Pode ser observado que os extremos da região avaliada apresentam um tempo de revisita maior, enquanto as regiões centrais apresentam um tempo de revisita menor. Entretanto, deve se considerar que foi avaliado o perfil de cobertura para dois dias. Nota-se também que o período mais longo sem revisita é ampliado (faixa vermelha); apresenta comportamento semelhante à orientação para o Norte. Já a Figura 6.24 mostra a mesma informação mas em 3 dimensões. Finalmente, a Figura 6.25 mostra os valores do tempo máximo de revisita em função da latitude. Pode ser observado que as latitudes mais elevadas não foram cobertas no período avaliado. Embora o presente um perfil uniforme de cobertura nas regiões centrais, é possível obter contato com algum satélite da constelação em menos de 1 hora. Caso seja esta configuração a ser adotada e o

requisito de cobertura global seja relevante, pode-se utilizar uma inclinação um pouco mais alta, entretanto, espera-se uma degradação na cobertura do Brasil.

O percentual de atendimento do requisito de regularidade temporal, nas condições avaliadas, foi de 50.72 %. Isso mostra que aproximadamente a metade do globo pode obter acesso aos satélites em um tempo relativamente pequeno. Especialmente a região próxima ao Equador.

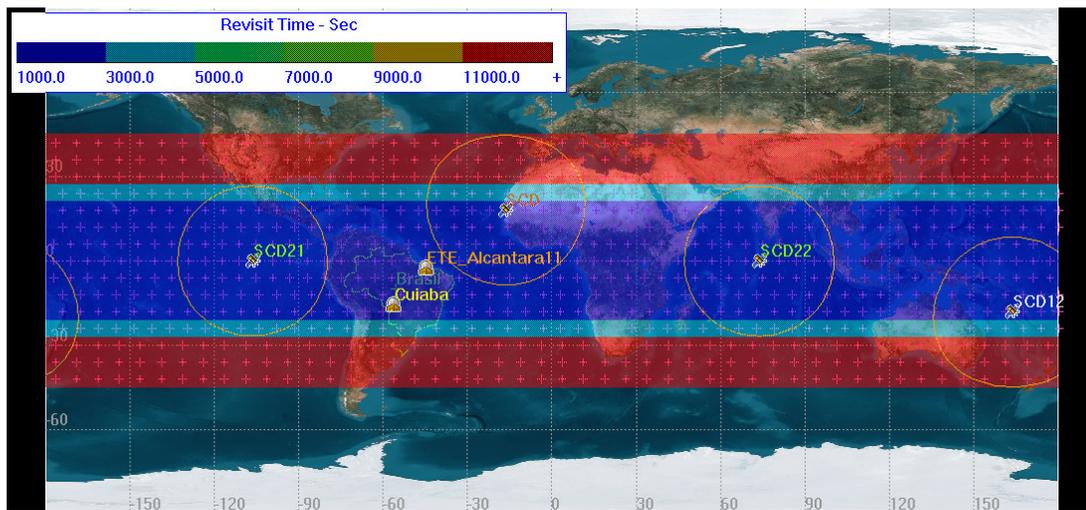


Figura 1.37 - Cobertura global (2D) – Inclinação 18 graus – Orientação Nadir.

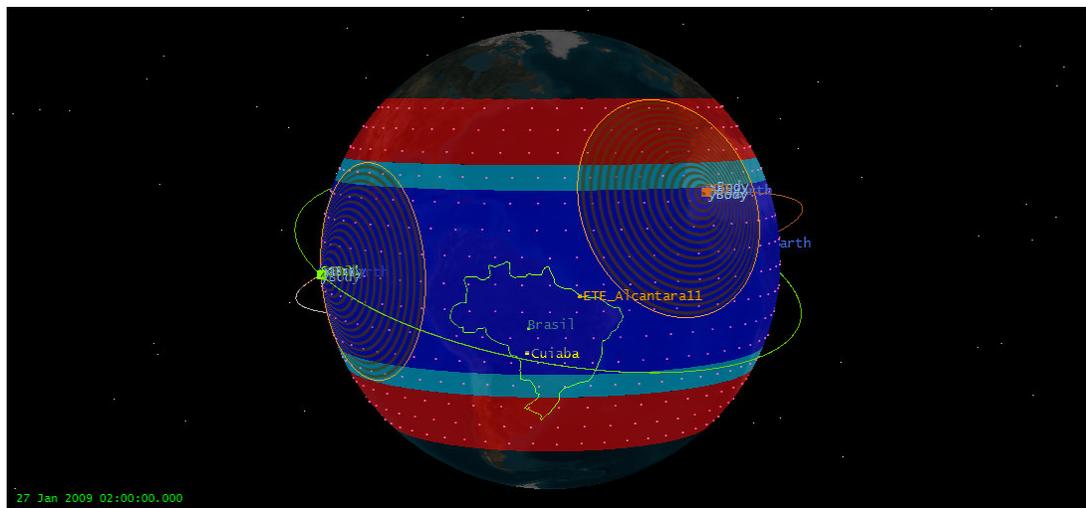


Figura 1.38 - Cobertura global (3D) – Orientação Nadir.

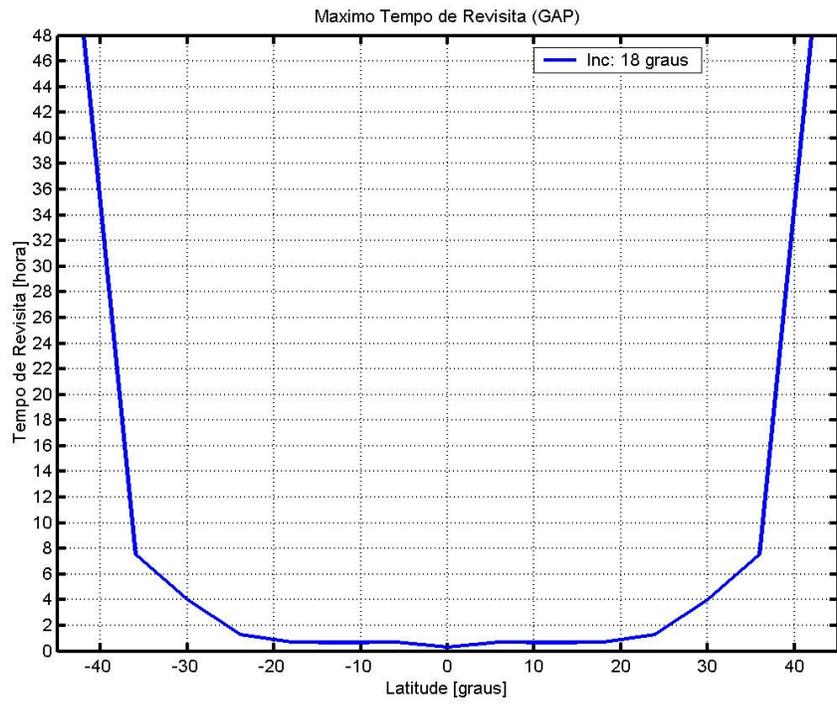


Figura 1.39 - Tempo máximo de revisita versus latitude.



## 7 CONCLUSÕES E SUGESTÕES

Neste Capítulo serão expostas as principais conclusões deste trabalho relacionadas aos resultados obtidos, encerrando com as sugestões para trabalhos futuros.

### 7.1. Conclusões

Neste trabalho foi evidenciado que é de fundamental importância a atualização do Segmento Espacial do SBCD, de modo a responder aos anseios da crescente comunidade de usuários, cujas aplicações são de incontestável interesse nacional, e que a perda eventual de um dos satélites SCD-1 ou SCD-2 pode trazer conseqüências danosas à qualidade dos serviços prestados pelo SBCD.

Foram mostrados os esforços efetuados nesse sentido de reposição do Segmento Espacial e apresentou-se uma proposta de forma a incrementar o desempenho do sistema e garantir sua continuidade.

A proposta de atualização do Segmento Espacial do SBCD foi realizada através do estudo de configurações orbitais de microssatélites de coleta de dados, SCD N, permitindo a redução do intervalo de revisita relacionados a missão de coleta de dados.

Foram elicitados os requisitos de missão para o SCD N, evidenciadas as restrições operacionais, avaliadas as principais características funcionais e operacionais do sistema em órbita, e seus aspectos críticos. Foi demonstrada a viabilidade técnica de ser desenvolvido um microssatélite com a incorporação de novas funcionalidades que podem contribuir significativamente para a melhoria do SBCD e, ainda, com capacidade para carregar uma carga útil científica, o que não deixa de ser de extrema importância, dada a pouca oportunidade que os pesquisadores brasileiros possuem de colocar seus experimentos em órbitas em torno da Terra.

Foi realizado um extenso estudo de simulação computacional, utilizando licenças do *software* STK (*Analytical Graphics Inc.*), para determinar as principais características de diversas configurações orbitais para a missão do SCD N, procurando-se otimizar a cobertura do território nacional e visualizar os potenciais de cobertura de outras regiões

do globo terrestre, dado que o SCD N proposto possui capacidade de armazenamento de dados a bordo.

De modo a prover a melhor cobertura possível para o território brasileiro, a cobertura global pretendida ficou limitada às regiões do globo dentro das latitudes compreendidas nos extremos da órbita determinados pela sua inclinação. Conforme mencionado anteriormente, como o SCD N possui capacidade de armazenamento de dados a bordo, o mesmo pode ser utilizado para obter dados de plataformas instaladas em países localizados nos limites de latitude, isto é, compreendidos entre as latitudes 25° N e 25° S.

Apresentou-se a análise relacionada à cobertura, tempo de acesso tanto para o território brasileiro quanto para as regiões do globo compreendidas entre -45 graus e +45 graus de latitude e longitudes entre -180 e +180 graus. A análise visando avaliar a cobertura do território brasileiro foi realizada combinando-se número de planos, número de satélite e variando as inclinações. Uma vez identificada a combinação que fornecia maior desempenho e custo/benefício (tentando minimizar o número de satélites e número de planos orbitais) realizaram-se estudos de longa duração na qual as ARNA foram todas varridas. Considerou-se a combinação 2 x 2 (2 planos orbitais e 2 satélites por plano) como uma alternativa que oferecia cobertura relativamente alta e com o menor número de satélites. Esta combinação foi avaliada considerando três diferentes orientações dos transmissores, para as inclinações selecionadas: 18° e 21,5°.

Com as diferentes orientações apresentadas espera-se fornecer alternativa que possa atender a outros vínculos que certamente poderá ser imposto à missão. Finalmente, caso a combinação 2 x 2 não ofereça o desempenho esperado, pode-se avaliar combinações com números maiores de satélites, uma vez que a metodologia de investigação já esta estabelecida.

## **7.2. Sugestões para trabalhos futuros**

Algumas sugestões são feitas, no sentido de dar continuidade ao estudo apresentado neste trabalho:

- A partir da definição dos requisitos de sistema relacionados à arquitetura mecânica, elétrica e de telecomunicações, poderão ser desenvolvidas as arquiteturas mecânica e elétrica do SCD N, definidos os subsistemas e os respectivos equipamentos de bordo e as características principais do SCD N, ou seja, uma proposta de concepção do SCD N. Este poderá apresentar as vantagens e inovações importantes em relação aos SCDs existentes, como, por exemplo, possuir uma concepção estrutural avançada, massa e volume significativamente menores e capacidade de decodificação e armazenamento de dados a bordo, o que abre a perspectiva de sua utilização com algum desenvolvimento adicional para outras aplicações relacionadas ao rastreamento de animais e de embarcações. Isto também fornecerá subsídios para o desenvolvimento de um Modelo de Engenharia do Microsatélite para demonstração tecnológica-funcional. Poderão ser realizadas as estimativas de custo;
- Uma vez estabelecida a configuração (concepção) do satélite, pode ser realizado o cálculo da confiabilidade, visando aumentara a probabilidade de sucesso da missão do satélite, determinação dos subsistemas críticos durante a fase de operação para identificação dos pontos onde falhas simples podem levar o satélite a um estado inoperante e análise da redundância adequada ao satélite;
- Modelar, simular e analisar as perturbações pertinentes ao SCD N em órbita, como por exemplo, os seguintes tipos: geopotencial, arrasto atmosférico, pressão da radiação solar direta e indireta, atração gravitacional do Sol e da Lua, e atração de marés terrestres e oceânicas;
- Realizar um estudo detalhado de Engenharia de Sistemas relacionado às fases de projeto, fabricação, montagem, integração e testes do SCD N proposto aplicado ao SBCD;
- Realizar um estudo de rastreabilidade dos requisitos à suas fontes;
- Realizar um estudo sobre a atualização do Segmento Solo e os impactos na cobertura do Segmento Espacial.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT NBR 14857-1:2002 Versão Corrigida:2002 **Sistemas espaciais - Gerenciamento do programa - Parte 1: Estruturação de um programa**. Julho, 2002. 27 p.

AGÊNCIA ESPACIAL BRASILEIRA (AEB). **Programa Nacional de Atividade Espaciais 2005-2014: PNAE / Agência Espacial Brasileira**. Brasília: Ministério da Ciência e Tecnologia, Agência Espacial Brasileira, 2005. 114 p.

ALDERSON, L.; CHALONER, C.; HOWIESON, J. **ESA'S Advanced Microsatellite Mission (AMM) Study**. 4 p.

BALLARD, A. H. **Rosette Constellations of Earth Satellites**. IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems, Vol. AES16, No 5, 1980, pp. 656, 673.

BEAUDETTE, S. **Satellite Mission Analysis**. Carleton University. 2004. 43 p.

BLOMBERG, L. G. **Micro-satellite Mission Analysis: Theory Overview and Some Examples**. Royal Institute of Technology: Stockholm, Suécia. 2003. 12 p.

CARLEIAL, A. B. **Uma Breve História da Conquista Espacial**. Revista Parcerias Estratégicas, n. 7, Brasília: Ministério da Ciência e Tecnologia. Centro de Estudos Estratégicos, p.21-30, out. 1999.

CELESTINO C. C.; YAMAGUTI, W. KUGA, H.; SOUSA, C. T. **A localização geográfica de plataformas no Sistema Brasileiro de Coleta de Dados Ambientais..** In: XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. 2009. Anais... Natal, Brasil, INPE. p. 1605-1610.

CHOBOTOV, V. A. **Orbital Mechanics**. 2ed. Reston, Virginia: American Institute of Aeronautics and Astronautics, Inc, 1996. 447 p. ISBN 1-56347-179-5.

CHOW, N.; GRALLA, E.; CHASE, J. KASDIN, N. J. **Earth Orbit Constellation Design Using the Earth-Moon L1 Point**. Princeton University: Jet Propulsion Laboratory. 18 p.

CLBI. **Revista CLBI: 30 anos na conquista do espaço**. Natal, p.10-11, 1995.

COMDEV. IT in Canada. **COM DEV Launching its Satellite Data Services**. 2010.

COSTA, E. J. F. **A política científica e tecnológica no setor aeroespacial brasileiro: da institucionalização das atividades ao fim da gestão militar – uma análise do período 1961-1993**. UNICAMP. Dissertação de Mestrado. Ag. 2000.

DOD. **Systems Engineering Fundamentals**. Department of Defense. Virginia. 2001. 222 p.

EASTON, R. L.; BRESCIA, R. **Continuously Visible Satellite Constellations**. NRL Rept. 6896. 1969.

ERBER, F. E. **Política científica e tecnológica no Brasil: uma revisão de literatura**. In: João Sayad (org.), Resenhas de Economia Brasileira, (Série ANPEC de leituras de economia). São Paulo: Saraiva, p.117-197, 1979.

ECSS. **Space Engineering: System Engineering**. ECSS–E–10A. Noordwijk, The Netherlands. 1996.

ESCOBAL, P.R., **Methods of Orbit Determination**. New York/London/Sydney, John Wiley & Sons, Inc., 1965.

GOBETZ, F. W. **Satellite Networks for Global Coverage**. Advances in the Astronautical Sciences, Vol. 9, AAS, 1963.

INCOSE. **INCOSE Systems Engineering Handbook**. Seattle: INCOSE Central Office. 2000. 383 p.

INPE; **INPE Scd-1- satellite coleta de dados brasil no espaco - brazil in space** - São Jose dos Campos, SP: S.C.P., 1993 97578

INPE. **Roteiro de Desenvolvimento de Missões e Tecnologias Espaciais para o período 2008-2020 – Roteiro MTE**. São José dos Campos: INPE, 2008. 230 p.

INPE. **Plano Diretor 2007 – 2011**. São José dos Campos: INPE, 2007. 40 p.

INPE. **INPE Nordeste inaugura Sistema Nacional de Dados Ambientais**. Disponível em: <[http://www.inpe.br/noticias/noticia.php?Cod\\_Noticia=2368](http://www.inpe.br/noticias/noticia.php?Cod_Noticia=2368)> Acesso em: 29 jun. 2011.

KRAMER, H. J.; CRACKNELL A. P. **An overview of small satellites in remote sensing**. In: International Journal of Remote Sensing, Agosto de 2008, Vol. 29, N° 15, p. 4285–4337.

KUGA, H. K.; RAO, K. R.; **Introdução à Mecânica Orbital**. São José dos Campos: INPE, 1995.

KUGA, H. K.; RAO, K. R.; CARRARA, V. **Satélites Artificiais: Movimento Orbital**. São José dos Campos: INPE, 2000.

LOUREIRO, G. **Conceitos Básicos**. Curso de Engenharia de Sistemas. São José dos Campos: INPE, mar. 2008. 28 slides.

\_\_\_\_\_. **A Systems Engineering and Concurrent Engineering Framework for the Integrated Development of Complex Products.** Tese (Ph.D) - Loughborough University. 1999.

MAGINA, F.C. **Rede de Plataformas de Coleta de Dados: Diagnóstico e proposta de implantação de Sistema de Manutenção.** INPE, Dez. 2001.

NASA. **NASA Systems Engineering Handbook.** Washington, D.C.: National Aeronautics and Space Administration. 2007. 360 p.

OLIVEIRA, F. **O Brasil Chega ao Espaço: SCD-1 Satélite de Coleta de Dados.** São Paulo: Proposta Editorial, 1996. 97 p.

ORLANDO, V.; KUGA, H. K.; Os satélites SCD1 e SCD2 da Missão Espacial Completa Brasileira – MECB. In: ORLANDO, V.; KUGA, H. K. et. al.: **A conquista do espaço: do Sputnik à Missão Centenário.** 1. ed. São Paulo, Brasil: Editora Livraria da Física, 2007. 320 p. ISBN 978-85-88325-89-0.

ORLANDO, V.; KUGA, H. K.; ROZENFELD, P.; YAMAGUTI, W. **A study of a data collecting satellite constellation.** São José dos Campos: INPE. 8 p.

PARADA, L.E.M. et al **Análise do sistema de coleta de dados da MECB/SS.** São Jose dos Campos, SP: INPE, 1986 9688659 (INPE-3820-NTE/253)

PRADO, A. F. B. A.; KUGA, H. K. (Ed.). **Fundamentos de Tecnologia Espacial.** São José dos Campos: INPE, 2001. 220 p. ISBN: 85-17-00004-8.

ROCCO, E. M. **Manutenção orbital de constelações simétricas de satélites utilizando manobras impulsivas ótimas com vínculo de tempo.** 2002. Tese (Doutorado em Mecânica Espacial e Controle) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. 2002.

ROESER, H. P. **Cost Effective Earth Observation Missions - Fundamental Limits and Future Potentials.** Institute of Space Systems. University of Stuttgart. Alemanha, 2006.

ROLLEMBERG, R.; VELOSO, E. M.; FILHO, A. P. Q. et al. **A política espacial brasileira – Parte I.** Brasília: Câmara dos Deputados, Edições Câmara. 2009. 211p. ISBN (978-85-736-5750-0).

\_\_\_\_\_. **A política espacial brasileira – Parte II – Análises Técnicas.** Brasília: Câmara dos Deputados, Edições Câmara. 2009. 211p. ISBN (978-85-736-5809-5).

SILVA, A. R. **Análise de Missão.** ORB-MCD-EFP-001. São Jose dos Campos. 2009. 72 p.

SCHLINGLOFF, H. **An Introduction to the Technology of Spaceflight**. Bad Abbach, Germany: Ingenieurbüro Dr. Schlingloff Publications, 2005. 511 p. ISBN 3-00-016289-5.

SOUZA, P. N. **Histórico do Programa Espacial Brasileiro**. Curso Introdutório em Tecnologia de Satélites. São José dos Campos: INPE, mar. 2008. 36 slides.

\_\_\_\_\_ **Missões e Segmentos**. Curso Introdutório em Tecnologia de Satélites. São José dos Campos: INPE, mar. 2008. 15 slides.

\_\_\_\_\_ **Aspectos do Processo de Desenvolvimento de Satélites Artificiais**. Curso Introdutório em Tecnologia de Satélites. São José dos Campos: INPE, mar. 2008. 15 slides.

TERACINE, E. B.; PEREIRA, S. P.; YAMAGUTI, W.; RODRIGUES, M. S. **The Benefits of the Brazilian Data Collecting System**. 51th International Astronautical Congress. Rio de Janeiro. 2000. Paper nº IAA-00-IAA.11.1.01.

WERTZ, J. R.; LARSON, W. J.; **Space Mission Analysis and Design**. Torrance – CA USA: Litton Educational Publishing, 1999, 811 p.

YAMAGUTI, W.; MAGINA, F.C.; ORLANDO V.; **Estudo sobre os impactos no Sistema de Coleta de Dados por eventual perda dos satélites SCD-1 e/ou SCD-2**. São José dos Campos: INPE. Abril. 2003.

YAMAGUTI, W. ; MAGINA, F.C. ; ORLANDO, V. **Sistema Brasileiro de Coleta de Dados Ambientais: Continuidade da Missão de Coleta de Dados e Necessidade de Substituição dos satélites SCD-1 e SCD-2**. 2004.

YAMAGUTI, W. **The Brazilian Environmental Data Collection System Users Guide: Platform to Satellite Interface**. São José dos Campos: INPE. 2005. 17 p. A-MUS-0038v00.

YAMAGUTI, W.; ORLANDO, V.; PEREIRA, S. P. **Sistema Brasileiro de Coleta de Dados Ambientais: Status e planos futuros** . In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO. 2009. Natal, Brasil. Anais... São José dos Campos: INPE, 2009. p. 1633-1640.

YAMAGUTI, W.; ORLANDO, V.; MAGINA F. C.; ROZENFELD, P.; PEREIRA, S. P. **O sistema brasileiro de coleta de dados ambientais: estado atual, demandas e estudos de propostas de continuidade da missão de coleta de dados**. São José dos Campos: INPE, Dezembro de 2006. 76 p. (SCD-ETD-002).

## APÊNDICE A: VARREDURA ARNA

### A.1 Varredura da Ascensão Reta do Nodo Ascendente – ARNA

A seguir apresentam-se os resultados obtidos com a utilização dos seguintes parâmetros:

- a) ARNA : 0 a 360 graus, variação 10 graus;
- b) Inclinação: 20 a 30 graus, variação 5 graus;
- c) Número de Planos: 2 a 3;
- d) Número de Satélites por plano: 2 a 3.

Os dados apresentados acima foram utilizados em cada uma das orientações estudadas.

#### A.1.1 Orientação: Norte

\*\*\*\*\*

Orientação: Norte

Período da Simulação:

Início: 2009/01/27 02:00:00.000

Término: 2009/01/28 02:00:00.000

\*\*\*\*\*

Inclinação (graus)	ARNA (graus)	Nº Planos	Nº Satélites	Cobertura (%)	Área Coberta (km)
20.0000	0.00	2	2	77.0000	6802858.970
20.0000	0.00	2	3	78.3800	6924799.740
20.0000	0.00	3	2	86.5100	7643853.170
20.0000	0.00	3	3	86.5100	7643853.170
20.0000	10.00	2	2	77.0000	6802858.970
20.0000	10.00	2	3	77.0000	6802858.970
20.0000	10.00	3	2	86.5100	7643853.170
20.0000	10.00	3	3	86.5100	7643853.170
20.0000	20.00	2	2	77.0000	6802858.970
20.0000	20.00	2	3	75.6200	6680918.190
20.0000	20.00	3	2	86.5100	7643853.170
20.0000	20.00	3	3	86.5100	7643853.170
20.0000	30.00	2	2	78.3800	6924799.740
20.0000	30.00	2	3	77.0000	6802858.970
20.0000	30.00	3	2	86.5100	7643853.170
20.0000	30.00	3	3	86.5100	7643853.170
20.0000	40.00	2	2	77.0000	6802858.970
20.0000	40.00	2	3	77.0000	6802858.970
20.0000	40.00	3	2	86.5100	7643853.170
20.0000	40.00	3	3	86.5100	7643853.170
20.0000	50.00	2	2	77.0000	6802858.970
20.0000	50.00	2	3	78.3800	6924799.740
20.0000	50.00	3	2	86.5100	7643853.170
20.0000	50.00	3	3	86.5100	7643853.170
20.0000	60.00	2	2	77.0000	6802858.970
20.0000	60.00	2	3	77.0000	6802858.970

20.0000	60.00	3	2	86.5100	7643853.170
20.0000	60.00	3	3	86.5100	7643853.170
20.0000	70.00	2	2	79.7300	7044561.090
20.0000	70.00	2	3	77.0000	6802858.970
20.0000	70.00	3	2	86.5100	7643853.170
20.0000	70.00	3	3	86.5100	7643853.170
20.0000	80.00	2	2	78.3800	6924799.740
20.0000	80.00	2	3	77.0000	6802858.970
20.0000	80.00	3	2	86.5100	7643853.170
20.0000	80.00	3	3	86.5100	7643853.170
20.0000	90.00	2	2	77.0000	6802858.970
20.0000	90.00	2	3	77.0000	6802858.970
20.0000	90.00	3	2	86.5100	7643853.170
20.0000	90.00	3	3	86.5100	7643853.170
20.0000	100.00	2	2	75.6200	6680918.190
20.0000	100.00	2	3	78.3800	6924799.740
20.0000	100.00	3	2	86.5100	7643853.170
20.0000	100.00	3	3	86.5100	7643853.170
20.0000	110.00	2	2	77.0000	6802858.970
20.0000	110.00	2	3	78.3800	6924799.740
20.0000	110.00	3	2	86.5100	7643853.170
20.0000	110.00	3	3	86.5100	7643853.170
20.0000	120.00	2	2	78.3800	6924799.740
20.0000	120.00	2	3	77.0000	6802858.970
20.0000	120.00	3	2	86.5100	7643853.170
20.0000	120.00	3	3	86.5100	7643853.170
20.0000	130.00	2	2	78.3800	6924799.740
20.0000	130.00	2	3	77.0000	6802858.970
20.0000	130.00	3	2	86.5100	7643853.170
20.0000	130.00	3	3	86.5100	7643853.170
20.0000	140.00	2	2	77.0000	6802858.970
20.0000	140.00	2	3	77.0000	6802858.970
20.0000	140.00	3	2	86.5100	7643853.170
20.0000	140.00	3	3	86.5100	7643853.170
20.0000	140.00	3	3	86.5100	7643853.170
20.0000	150.00	2	2	77.0000	6802858.970
20.0000	150.00	2	3	78.3800	6924799.740
20.0000	150.00	3	2	86.5100	7643853.170
20.0000	150.00	3	3	86.5100	7643853.170
20.0000	160.00	2	2	77.0000	6802858.970
20.0000	160.00	2	3	77.0000	6802858.970
20.0000	160.00	3	2	86.5100	7643853.170
20.0000	160.00	3	3	86.5100	7643853.170
20.0000	170.00	2	2	77.0000	6802858.970
20.0000	170.00	2	3	75.6200	6680918.190
20.0000	170.00	3	2	86.5100	7643853.170
20.0000	170.00	3	3	86.5100	7643853.170
20.0000	180.00	2	2	78.3800	6924799.740
20.0000	180.00	2	3	77.0000	6802858.970
20.0000	180.00	3	2	86.5100	7643853.170
20.0000	180.00	3	3	86.5100	7643853.170
20.0000	190.00	2	2	78.3800	6924799.740
20.0000	190.00	2	3	77.0000	6802858.970
20.0000	190.00	3	2	86.5100	7643853.170
20.0000	190.00	3	3	86.5100	7643853.170
20.0000	200.00	2	2	75.6200	6680955.100

20.0000	200.00	2	3	78.3800	6924799.740
20.0000	200.00	3	2	86.5100	7643853.170
20.0000	200.00	3	3	86.5100	7643853.170
20.0000	210.00	2	2	78.3800	6924799.740
20.0000	210.00	2	3	78.3800	6924799.740
20.0000	210.00	3	2	86.5100	7643853.170
20.0000	210.00	3	3	86.5100	7643853.170
20.0000	220.00	2	2	77.0000	6802858.970
20.0000	220.00	2	3	77.0000	6802858.970
20.0000	220.00	3	2	86.5100	7643853.170
20.0000	220.00	3	3	86.5100	7643853.170
20.0000	230.00	2	2	78.3800	6924799.740
20.0000	230.00	2	3	77.0000	6802858.970
20.0000	230.00	3	2	86.5100	7643853.170
20.0000	230.00	3	3	86.5100	7643853.170
20.0000	240.00	2	2	78.3800	6924799.740
20.0000	240.00	2	3	77.0000	6802858.970
20.0000	240.00	3	2	86.5100	7643853.170
20.0000	240.00	3	3	86.5100	7643853.170
20.0000	250.00	2	2	77.0000	6802858.970
20.0000	250.00	2	3	78.3800	6924799.740
20.0000	250.00	3	2	86.5100	7643853.170
20.0000	250.00	3	3	86.5100	7643853.170
20.0000	260.00	2	2	78.3800	6924799.740
20.0000	260.00	2	3	78.3800	6924799.740
20.0000	260.00	3	2	86.5100	7643853.170
20.0000	260.00	3	3	86.5100	7643853.170
20.0000	270.00	2	2	77.0000	6802858.970
20.0000	270.00	2	3	77.0000	6802858.970
20.0000	270.00	3	2	86.5100	7643853.170
20.0000	270.00	3	3	86.5100	7643853.170
20.0000	280.00	2	2	78.3800	6924799.740
20.0000	280.00	2	3	75.6200	6680918.190
20.0000	280.00	3	2	86.5100	7643853.170
20.0000	280.00	3	3	86.5100	7643853.170
20.0000	290.00	2	2	78.3800	6924799.740
20.0000	290.00	2	3	77.0000	6802858.970
20.0000	290.00	3	2	86.5100	7643853.170
20.0000	290.00	3	3	86.5100	7643853.170
20.0000	300.00	2	2	77.0000	6802858.970
20.0000	300.00	2	3	77.0000	6802858.970
20.0000	300.00	3	2	86.5100	7643853.170
20.0000	300.00	3	3	86.5100	7643853.170
20.0000	310.00	2	2	77.0000	6802858.970
20.0000	310.00	2	3	78.3800	6924799.740
20.0000	310.00	3	2	86.5100	7643853.170
20.0000	310.00	3	3	86.5100	7643853.170
20.0000	320.00	2	2	78.3800	6924799.740
20.0000	320.00	2	3	78.3800	6924799.740
20.0000	320.00	3	2	86.5100	7643853.170
20.0000	320.00	3	3	86.5100	7643853.170
20.0000	330.00	2	2	78.3800	6924799.740
20.0000	330.00	2	3	77.0000	6802858.970
20.0000	330.00	3	2	86.5100	7643853.170
20.0000	330.00	3	3	86.5100	7643853.170

20.0000	340.00	2	2	77.0000	6802858.970
20.0000	340.00	2	3	77.0000	6802858.970
20.0000	340.00	3	2	86.5100	7643853.170
20.0000	340.00	3	3	86.5100	7643853.170
20.0000	350.00	2	2	78.3800	6924799.740
20.0000	350.00	2	3	78.3800	6924799.740
20.0000	350.00	3	2	86.5100	7643853.170
20.0000	350.00	3	3	86.5100	7643853.170
20.0000	360.00	2	2	77.0000	6802858.970
20.0000	360.00	2	3	78.3800	6924799.740
20.0000	360.00	3	2	86.5100	7643853.170
20.0000	360.00	3	3	86.5100	7643853.170
25.0000	0.00	2	2	66.0100	5831784.280
25.0000	0.00	2	3	66.0100	5831784.280
25.0000	0.00	3	2	93.1500	8229832.190
25.0000	0.00	3	3	93.1500	8229832.190
25.0000	10.00	2	2	66.0100	5831784.280
25.0000	10.00	2	3	64.6800	5714588.470
25.0000	10.00	3	2	93.1500	8229832.190
25.0000	10.00	3	3	93.1500	8229832.190
25.0000	20.00	2	2	64.6800	5714588.470
25.0000	20.00	2	3	64.6800	5714588.470
25.0000	20.00	3	2	93.1500	8229832.190
25.0000	20.00	3	3	93.1500	8229832.190
25.0000	30.00	2	2	64.6800	5714588.470
25.0000	30.00	2	3	63.3500	5597392.670
25.0000	30.00	3	2	93.1500	8229832.190
25.0000	30.00	3	3	93.1500	8229832.190
25.0000	40.00	2	2	64.6800	5714588.470
25.0000	40.00	2	3	63.3500	5597392.670
25.0000	40.00	3	2	93.1500	8229832.190
25.0000	40.00	3	3	93.1500	8229832.190
25.0000	50.00	2	2	66.0100	5831784.280
25.0000	50.00	2	3	64.6800	5714588.470
25.0000	50.00	3	2	93.1500	8229832.190
25.0000	50.00	3	3	93.1500	8229832.190
25.0000	60.00	2	2	64.6800	5714588.470
25.0000	60.00	2	3	66.0100	5831784.280
25.0000	60.00	3	2	93.1500	8229832.190
25.0000	60.00	3	3	93.1500	8229832.190
25.0000	70.00	2	2	64.6800	5714588.470
25.0000	70.00	2	3	64.6800	5714588.470
25.0000	70.00	3	2	93.1500	8229832.190
25.0000	70.00	3	3	93.1500	8229832.190
25.0000	80.00	2	2	63.3500	5597392.670
25.0000	80.00	2	3	63.3500	5597392.670
25.0000	80.00	3	2	93.1500	8229832.190
25.0000	80.00	3	3	93.1500	8229832.190
25.0000	90.00	2	2	64.6800	5714588.470
25.0000	90.00	2	3	64.6800	5714588.470
25.0000	90.00	3	2	93.1500	8229832.190
25.0000	90.00	3	3	93.1500	8229832.190
25.0000	100.00	2	2	66.0100	5831784.280
25.0000	100.00	2	3	64.6800	5714588.470
25.0000	100.00	3	2	93.1500	8229832.190

25.0000	100.00	3	3	93.1500	8229832.190
25.0000	110.00	2	2	64.6800	5714588.470
25.0000	110.00	2	3	66.0100	5831784.280
25.0000	110.00	3	2	93.1500	8229832.190
25.0000	110.00	3	3	93.1500	8229832.190
25.0000	120.00	2	2	64.6800	5714588.470
25.0000	120.00	2	3	64.6800	5714588.470
25.0000	120.00	3	2	93.1500	8229832.190
25.0000	120.00	3	3	93.1500	8229832.190
25.0000	130.00	2	2	64.6800	5714588.470
25.0000	130.00	2	3	63.3500	5597392.670
25.0000	130.00	3	2	93.1500	8229832.190
25.0000	130.00	3	3	93.1500	8229832.190
25.0000	140.00	2	2	66.0100	5831784.280
25.0000	140.00	2	3	63.3500	5597392.670
25.0000	140.00	3	2	93.1500	8229832.190
25.0000	140.00	3	3	93.1500	8229832.190
25.0000	150.00	2	2	64.6800	5714588.470
25.0000	150.00	2	3	64.6800	5714588.470
25.0000	150.00	3	2	93.1500	8229832.190
25.0000	150.00	3	3	93.1500	8229832.190
25.0000	160.00	2	2	66.0100	5831784.280
25.0000	160.00	2	3	66.0100	5831784.280
25.0000	160.00	3	2	93.1500	8229832.190
25.0000	160.00	3	3	93.1500	8229832.190
25.0000	170.00	2	2	66.0100	5831784.280
25.0000	170.00	2	3	63.3500	5597392.670
25.0000	170.00	3	2	93.1500	8229832.190
25.0000	170.00	3	3	93.1500	8229832.190
25.0000	180.00	2	2	64.6800	5714588.470
25.0000	180.00	2	3	63.3500	5597392.670
25.0000	180.00	3	2	93.1500	8229832.190
25.0000	180.00	3	3	93.1500	8229832.190
25.0000	190.00	2	2	63.3500	5597392.670
25.0000	190.00	2	3	63.3500	5597392.670
25.0000	190.00	3	2	93.1500	8229832.190
25.0000	190.00	3	3	93.1500	8229832.190
25.0000	200.00	2	2	64.6800	5714588.470
25.0000	200.00	2	3	64.6800	5714588.470
25.0000	200.00	3	2	93.1500	8229832.190
25.0000	200.00	3	3	93.1500	8229832.190
25.0000	210.00	2	2	66.0100	5831784.280
25.0000	210.00	2	3	66.0100	5831784.280
25.0000	210.00	3	2	93.1500	8229832.190
25.0000	210.00	3	3	93.1500	8229832.190
25.0000	220.00	2	2	64.6800	5714588.470
25.0000	220.00	2	3	64.6800	5714588.470
25.0000	220.00	3	2	93.1500	8229832.190
25.0000	220.00	3	3	93.1500	8229832.190
25.0000	230.00	2	2	64.6800	5714588.470
25.0000	230.00	2	3	63.3500	5597392.670
25.0000	230.00	3	2	93.1500	8229832.190
25.0000	230.00	3	3	93.1500	8229832.190
25.0000	240.00	2	2	64.6800	5714588.470
25.0000	240.00	2	3	63.3500	5597392.670

25.0000	240.00	3	2	93.1500	8229832.190
25.0000	240.00	3	3	93.1500	8229832.190
25.0000	250.00	2	2	66.0100	5831784.280
25.0000	250.00	2	3	64.6800	5714588.470
25.0000	250.00	3	2	93.1500	8229832.190
25.0000	250.00	3	3	93.1500	8229832.190
25.0000	260.00	2	2	66.0100	5831784.280
25.0000	260.00	2	3	64.6800	5714588.470
25.0000	260.00	3	2	93.1500	8229832.190
25.0000	260.00	3	3	93.1500	8229832.190
25.0000	270.00	2	2	64.6800	5714588.470
25.0000	270.00	2	3	66.0100	5831784.280
25.0000	270.00	3	2	93.1500	8229832.190
25.0000	270.00	3	3	93.1500	8229832.190
25.0000	280.00	2	2	63.3500	5597392.670
25.0000	280.00	2	3	63.3500	5597392.670
25.0000	280.00	3	2	93.1500	8229832.190
25.0000	280.00	3	3	93.1500	8229832.190
25.0000	290.00	2	2	64.6800	5714588.470
25.0000	290.00	2	3	63.3500	5597392.670
25.0000	290.00	3	2	93.1500	8229832.190
25.0000	290.00	3	3	93.1500	8229832.190
25.0000	300.00	2	2	64.6800	5714588.470
25.0000	300.00	2	3	64.6800	5714588.470
25.0000	300.00	3	2	93.1500	8229832.190
25.0000	300.00	3	3	93.1500	8229832.190
25.0000	310.00	2	2	64.6800	5714588.470
25.0000	310.00	2	3	64.6800	5714588.470
25.0000	310.00	3	2	93.1500	8229832.190
25.0000	310.00	3	3	93.1500	8229832.190
25.0000	320.00	2	2	64.6800	5714588.470
25.0000	320.00	2	3	66.0100	5831784.280
25.0000	320.00	3	2	93.1500	8229832.190
25.0000	320.00	3	3	93.1500	8229832.190
25.0000	330.00	2	2	63.3500	5597392.670
25.0000	330.00	2	3	64.6800	5714588.470
25.0000	330.00	3	2	93.1500	8229832.190
25.0000	330.00	3	3	93.1500	8229832.190
25.0000	340.00	2	2	64.6800	5714588.470
25.0000	340.00	2	3	64.6800	5714588.470
25.0000	340.00	3	2	93.1500	8229832.190
25.0000	340.00	3	3	93.1500	8229832.190
25.0000	350.00	2	2	64.6800	5714588.470
25.0000	350.00	2	3	64.6800	5714588.470
25.0000	350.00	3	2	93.1500	8229832.190
25.0000	350.00	3	3	93.1500	8229832.190
25.0000	360.00	2	2	66.0100	5831784.280
25.0000	360.00	2	3	66.0100	5831784.280
25.0000	360.00	3	2	93.1500	8229832.190
25.0000	360.00	3	3	93.1500	8229832.190
30.0000	0.00	2	2	51.9100	4586202.880
30.0000	0.00	2	3	54.7200	4834295.440
30.0000	0.00	3	2	94.5100	8350253.590
30.0000	0.00	3	3	94.5100	8350253.590
30.0000	10.00	2	2	51.9100	4586202.880

30.0000	10.00	2	3	54.7200	4834295.440
30.0000	10.00	3	2	91.7600	8107063.530
30.0000	10.00	3	3	94.5100	8350253.590
30.0000	20.00	2	2	53.3100	4710249.160
30.0000	20.00	2	3	54.7200	4834295.440
30.0000	20.00	3	2	91.7600	8107063.530
30.0000	20.00	3	3	94.5100	8350253.590
30.0000	30.00	2	2	53.3100	4710249.160
30.0000	30.00	2	3	54.7200	4834295.440
30.0000	30.00	3	2	93.1200	8227394.450
30.0000	30.00	3	3	94.5100	8350253.590
30.0000	40.00	2	2	51.9100	4586202.880
30.0000	40.00	2	3	54.7200	4834295.440
30.0000	40.00	3	2	94.5100	8350253.590
30.0000	40.00	3	3	94.5100	8350253.590
30.0000	50.00	2	2	51.9100	4586202.880
30.0000	50.00	2	3	54.7200	4834295.440
30.0000	50.00	3	2	95.9000	8473112.730
30.0000	50.00	3	3	95.9000	8473112.730
30.0000	60.00	2	2	51.9100	4586202.880
30.0000	60.00	2	3	54.7200	4834295.440
30.0000	60.00	3	2	93.1200	8227394.450
30.0000	60.00	3	3	94.5100	8350253.590
30.0000	70.00	2	2	54.7200	4834295.440
30.0000	70.00	2	3	54.7200	4834295.440
30.0000	70.00	3	2	93.1200	8227394.450
30.0000	70.00	3	3	94.5100	8350253.590
30.0000	80.00	2	2	53.3100	4710249.160
30.0000	80.00	2	3	54.7200	4834295.440
30.0000	80.00	3	2	93.1200	8227394.450
30.0000	80.00	3	3	94.5100	8350253.590
30.0000	90.00	2	2	51.9100	4586202.880
30.0000	90.00	2	3	54.7200	4834295.440
30.0000	90.00	3	2	93.1200	8227394.450
30.0000	90.00	3	3	94.5100	8350253.590
30.0000	100.00	2	2	51.9100	4586202.880
30.0000	100.00	2	3	54.7200	4834295.440
30.0000	100.00	3	2	94.5100	8350253.590
30.0000	100.00	3	3	94.5100	8350253.590
30.0000	110.00	2	2	53.3100	4710249.160
30.0000	110.00	2	3	54.7200	4834295.440
30.0000	110.00	3	2	94.5100	8350253.590
30.0000	110.00	3	3	94.5100	8350253.590
30.0000	120.00	2	2	53.3100	4710249.160
30.0000	120.00	2	3	54.7200	4834295.440
30.0000	120.00	3	2	93.1200	8227394.450
30.0000	120.00	3	3	94.5100	8350253.590
30.0000	130.00	2	2	53.3100	4710249.160
30.0000	130.00	2	3	54.7200	4834295.440
30.0000	130.00	3	2	93.1200	8227394.450
30.0000	130.00	3	3	94.5100	8350253.590
30.0000	140.00	2	2	53.3100	4710249.160
30.0000	140.00	2	3	54.7200	4834295.440
30.0000	140.00	3	2	93.1200	8227394.450
30.0000	140.00	3	3	94.5100	8350253.590

30.0000	150.00	2	2	51.9100	4586202.880
30.0000	150.00	2	3	54.7200	4834295.440
30.0000	150.00	3	2	94.5100	8350253.590
30.0000	150.00	3	3	94.5100	8350253.590
30.0000	160.00	2	2	51.9100	4586202.880
30.0000	160.00	2	3	54.7200	4834295.440
30.0000	160.00	3	2	91.7600	8107063.530
30.0000	160.00	3	3	95.9000	8473112.730
30.0000	170.00	2	2	53.3100	4710249.160
30.0000	170.00	2	3	54.7200	4834295.440
30.0000	170.00	3	2	91.7600	8107063.530
30.0000	170.00	3	3	94.5100	8350253.590
30.0000	180.00	2	2	54.7200	4834295.440
30.0000	180.00	2	3	54.7200	4834295.440
30.0000	180.00	3	2	91.7600	8107063.530
30.0000	180.00	3	3	94.5100	8350253.590
30.0000	190.00	2	2	53.3100	4710249.160
30.0000	190.00	2	3	54.7200	4834295.440
30.0000	190.00	3	2	94.5100	8350253.590
30.0000	190.00	3	3	95.9000	8473112.730
30.0000	200.00	2	2	51.9100	4586202.880
30.0000	200.00	2	3	54.7200	4834295.440
30.0000	200.00	3	2	94.5100	8350253.590
30.0000	200.00	3	3	94.5100	8350253.590
30.0000	210.00	2	2	51.9100	4586202.880
30.0000	210.00	2	3	54.7200	4834295.440
30.0000	210.00	3	2	95.9000	8473112.730
30.0000	210.00	3	3	94.5100	8350253.590
30.0000	220.00	2	2	53.3100	4710249.160
30.0000	220.00	2	3	54.7200	4834295.440
30.0000	220.00	3	2	93.1200	8227394.450
30.0000	220.00	3	3	94.5100	8350253.590
30.0000	230.00	2	2	54.7200	4834295.440
30.0000	230.00	2	3	54.7200	4834295.440
30.0000	230.00	3	2	93.1200	8227394.450
30.0000	230.00	3	3	94.5100	8350253.590
30.0000	240.00	2	2	53.3100	4710249.160
30.0000	240.00	2	3	54.7200	4834295.440
30.0000	240.00	3	2	93.1200	8227394.450
30.0000	240.00	3	3	94.5100	8350253.590
30.0000	250.00	2	2	51.9100	4586202.880
30.0000	250.00	2	3	54.7200	4834295.440
30.0000	250.00	3	2	94.5100	8350253.590
30.0000	250.00	3	3	94.5100	8350253.590
30.0000	260.00	2	2	51.9100	4586202.880
30.0000	260.00	2	3	54.7200	4834295.440
30.0000	260.00	3	2	95.9000	8473112.730
30.0000	260.00	3	3	94.5100	8350253.590
30.0000	270.00	2	2	53.3100	4710249.160
30.0000	270.00	2	3	54.7200	4834295.440
30.0000	270.00	3	2	93.1200	8227394.450
30.0000	270.00	3	3	95.9000	8473112.730
30.0000	280.00	2	2	53.3100	4710249.160
30.0000	280.00	2	3	54.7200	4834295.440
30.0000	280.00	3	2	93.1200	8227394.450

30.0000	280.00	3	3	94.5100	8350253.590
30.0000	290.00	2	2	54.7200	4834295.440
30.0000	290.00	2	3	54.7200	4834295.440
30.0000	290.00	3	2	93.1200	8227394.450
30.0000	290.00	3	3	94.5100	8350253.590
30.0000	300.00	2	2	53.3100	4710249.160
30.0000	300.00	2	3	54.7200	4834295.440
30.0000	300.00	3	2	94.5100	8350253.590
30.0000	300.00	3	3	95.9000	8473112.730
30.0000	310.00	2	2	51.9100	4586202.880
30.0000	310.00	2	3	54.7200	4834295.440
30.0000	310.00	3	2	93.1200	8227394.450
30.0000	310.00	3	3	94.5100	8350253.590
30.0000	320.00	2	2	51.9100	4586202.880
30.0000	320.00	2	3	54.7200	4834295.440
30.0000	320.00	3	2	93.1200	8227394.450
30.0000	320.00	3	3	94.5100	8350253.590
30.0000	330.00	2	2	53.3100	4710249.160
30.0000	330.00	2	3	54.7200	4834295.440
30.0000	330.00	3	2	93.1200	8227394.450
30.0000	330.00	3	3	95.9000	8473112.730
30.0000	340.00	2	2	53.3100	4710249.160
30.0000	340.00	2	3	54.7200	4834295.440
30.0000	340.00	3	2	93.1200	8227394.450
30.0000	340.00	3	3	94.5100	8350253.590
30.0000	350.00	2	2	53.3100	4710249.160
30.0000	350.00	2	3	54.7200	4834295.440
30.0000	350.00	3	2	94.5100	8350253.590
30.0000	350.00	3	3	94.5100	8350253.590
30.0000	360.00	2	2	51.9100	4586202.880
30.0000	360.00	2	3	54.7200	4834295.440
30.0000	360.00	3	2	94.5100	8350253.590
30.0000	360.00	3	3	94.5100	8350253.590

## A.1.2 Orientação: Nadir no Equador

Orientação: Nadir no Equador

Período da Simulação:

Início: 27/01/2009 02:00:00.000

Término: 28/01/2009 02:00:00.000

Inclinação (graus)	ARNA (graus)	Nº Planos	Nº Satélites	Cobertura (%)	Área Coberta (km)
20.0000	0.00	2	2	91.7900	8109585.520
20.0000	0.00	2	3	91.7900	8109585.520
20.0000	0.00	3	2	100.0000	8835305.190
20.0000	0.00	3	3	100.0000	8835305.190
20.0000	10.00	2	2	91.7900	8109585.520
20.0000	10.00	2	3	91.7900	8109585.520
20.0000	10.00	3	2	100.0000	8835305.190
20.0000	10.00	3	3	100.0000	8835305.190
20.0000	20.00	2	2	91.7900	8109585.520
20.0000	20.00	2	3	91.7900	8109585.520
20.0000	20.00	3	2	100.0000	8835305.190
20.0000	20.00	3	3	100.0000	8835305.190
20.0000	30.00	2	2	91.7900	8109585.520
20.0000	30.00	2	3	91.7900	8109585.520
20.0000	30.00	3	2	100.0000	8835305.190
20.0000	30.00	3	3	100.0000	8835305.190
20.0000	40.00	2	2	83.6000	7386680.880
20.0000	40.00	2	3	83.6000	7386680.880
20.0000	40.00	3	2	100.0000	8835305.190
20.0000	40.00	3	3	100.0000	8835305.190
20.0000	50.00	2	2	71.3500	6303702.610
20.0000	50.00	2	3	69.9800	6183371.690
20.0000	50.00	3	2	100.0000	8835305.190
20.0000	50.00	3	3	100.0000	8835305.190
20.0000	60.00	2	2	69.9800	6183371.690
20.0000	60.00	2	3	69.9800	6183371.690
20.0000	60.00	3	2	100.0000	8835305.190
20.0000	60.00	3	3	100.0000	8835305.190
20.0000	70.00	2	2	69.9800	6183371.690
20.0000	70.00	2	3	69.9800	6183371.690
20.0000	70.00	3	2	100.0000	8835305.190
20.0000	70.00	3	3	100.0000	8835305.190
20.0000	80.00	2	2	83.6000	7386680.880
20.0000	80.00	2	3	83.6000	7386680.880
20.0000	80.00	3	2	100.0000	8835305.190
20.0000	80.00	3	3	100.0000	8835305.190
20.0000	90.00	2	2	91.7900	8109585.520
20.0000	90.00	2	3	91.7900	8109585.520
20.0000	90.00	3	2	100.0000	8835305.190
20.0000	90.00	3	3	100.0000	8835305.190
20.0000	100.00	2	2	91.7900	8109585.520
20.0000	100.00	2	3	91.7900	8109585.520

20.0000	100.00	3	2	100.0000	8835305.190
20.0000	100.00	3	3	100.0000	8835305.190
20.0000	110.00	2	2	91.7900	8109585.520
20.0000	110.00	2	3	91.7900	8109585.520
20.0000	110.00	3	2	100.0000	8835305.190
20.0000	110.00	3	3	100.0000	8835305.190
20.0000	120.00	2	2	91.7900	8109585.520
20.0000	120.00	2	3	91.7900	8109585.520
20.0000	120.00	3	2	100.0000	8835305.190
20.0000	120.00	3	3	100.0000	8835305.190
20.0000	130.00	2	2	91.7900	8109585.520
20.0000	130.00	2	3	91.7900	8109585.520
20.0000	130.00	3	2	100.0000	8835305.190
20.0000	130.00	3	3	100.0000	8835305.190
20.0000	140.00	2	2	91.7900	8109585.520
20.0000	140.00	2	3	91.7900	8109585.520
20.0000	140.00	3	2	100.0000	8835305.190
20.0000	140.00	3	3	100.0000	8835305.190
20.0000	150.00	2	2	91.7900	8109585.520
20.0000	150.00	2	3	91.7900	8109585.520
20.0000	150.00	3	2	100.0000	8835305.190
20.0000	150.00	3	3	100.0000	8835305.190
20.0000	160.00	2	2	91.7900	8109585.520
20.0000	160.00	2	3	91.7900	8109585.520
20.0000	160.00	3	2	100.0000	8835305.190
20.0000	160.00	3	3	100.0000	8835305.190
20.0000	170.00	2	2	91.7900	8109585.520
20.0000	170.00	2	3	91.7900	8109585.520
20.0000	170.00	3	2	100.0000	8835305.190
20.0000	170.00	3	3	100.0000	8835305.190
20.0000	180.00	2	2	91.7900	8109585.520
20.0000	180.00	2	3	91.7900	8109585.520
20.0000	180.00	3	2	100.0000	8835305.190
20.0000	180.00	3	3	100.0000	8835305.190
20.0000	190.00	2	2	91.7900	8109585.520
20.0000	190.00	2	3	91.7900	8109585.520
20.0000	190.00	3	2	100.0000	8835305.190
20.0000	190.00	3	3	100.0000	8835305.190
20.0000	200.00	2	2	91.7900	8109585.520
20.0000	200.00	2	3	91.7900	8109585.520
20.0000	200.00	3	2	100.0000	8835305.190
20.0000	200.00	3	3	100.0000	8835305.190
20.0000	210.00	2	2	91.7900	8109585.520
20.0000	210.00	2	3	91.7900	8109585.520
20.0000	210.00	3	2	100.0000	8835305.190
20.0000	210.00	3	3	100.0000	8835305.190
20.0000	220.00	2	2	83.6000	7386680.880
20.0000	220.00	2	3	83.6000	7386680.880
20.0000	220.00	3	2	100.0000	8835305.190
20.0000	220.00	3	3	100.0000	8835305.190
20.0000	230.00	2	2	71.3500	6303702.610
20.0000	230.00	2	3	69.9800	6183371.690
20.0000	230.00	3	2	100.0000	8835305.190
20.0000	230.00	3	3	100.0000	8835305.190
20.0000	240.00	2	2	69.9800	6183371.690

20.0000	240.00	2	3	69.9800	6183371.690
20.0000	240.00	3	2	100.0000	8835305.190
20.0000	240.00	3	3	100.0000	8835305.190
20.0000	250.00	2	2	69.9800	6183371.690
20.0000	250.00	2	3	69.9800	6183371.690
20.0000	250.00	3	2	100.0000	8835305.190
20.0000	250.00	3	3	100.0000	8835305.190
20.0000	260.00	2	2	83.6000	7386680.880
20.0000	260.00	2	3	83.6000	7386680.880
20.0000	260.00	3	2	100.0000	8835305.190
20.0000	260.00	3	3	100.0000	8835305.190
20.0000	270.00	2	2	91.7900	8109585.520
20.0000	270.00	2	3	91.7900	8109585.520
20.0000	270.00	3	2	100.0000	8835305.190
20.0000	270.00	3	3	100.0000	8835305.190
20.0000	280.00	2	2	91.7900	8109585.520
20.0000	280.00	2	3	91.7900	8109585.520
20.0000	280.00	3	2	100.0000	8835305.190
20.0000	280.00	3	3	100.0000	8835305.190
20.0000	290.00	2	2	91.7900	8109585.520
20.0000	290.00	2	3	91.7900	8109585.520
20.0000	290.00	3	2	100.0000	8835305.190
20.0000	290.00	3	3	100.0000	8835305.190
20.0000	300.00	2	2	91.7900	8109585.520
20.0000	300.00	2	3	91.7900	8109585.520
20.0000	300.00	3	2	100.0000	8835305.190
20.0000	300.00	3	3	100.0000	8835305.190
20.0000	310.00	2	2	91.7900	8109585.520
20.0000	310.00	2	3	91.7900	8109585.520
20.0000	310.00	3	2	100.0000	8835305.190
20.0000	310.00	3	3	100.0000	8835305.190
20.0000	320.00	2	2	91.7900	8109585.520
20.0000	320.00	2	3	91.7900	8109585.520
20.0000	320.00	3	2	100.0000	8835305.190
20.0000	320.00	3	3	100.0000	8835305.190
20.0000	330.00	2	2	91.7900	8109585.520
20.0000	330.00	2	3	91.7900	8109585.520
20.0000	330.00	3	2	100.0000	8835305.190
20.0000	330.00	3	3	100.0000	8835305.190
20.0000	340.00	2	2	91.7900	8109585.520
20.0000	340.00	2	3	91.7900	8109585.520
20.0000	340.00	3	2	100.0000	8835305.190
20.0000	340.00	3	3	100.0000	8835305.190
20.0000	350.00	2	2	91.7900	8109585.520
20.0000	350.00	2	3	91.7900	8109585.520
20.0000	350.00	3	2	100.0000	8835305.190
20.0000	350.00	3	3	100.0000	8835305.190
20.0000	360.00	2	2	91.7900	8109585.520
20.0000	360.00	2	3	91.7900	8109585.520
20.0000	360.00	3	2	100.0000	8835305.190
20.0000	360.00	3	3	100.0000	8835305.190
25.0000	0.00	2	2	67.2000	5937653.410
25.0000	0.00	2	3	67.2000	5937653.410
25.0000	0.00	3	2	86.2800	7623480.750
25.0000	0.00	3	3	84.9700	7507097.810

25.0000	10.00	2	2	65.8100	5814794.270
25.0000	10.00	2	3	67.2200	5938840.550
25.0000	10.00	3	2	91.7800	8109421.400
25.0000	10.00	3	3	91.8000	8111217.350
25.0000	20.00	2	2	65.8100	5814794.270
25.0000	20.00	2	3	67.2200	5938840.550
25.0000	20.00	3	2	90.3700	7984480.040
25.0000	20.00	3	3	90.3900	7986052.990
25.0000	30.00	2	2	50.5300	4464299.020
25.0000	30.00	2	3	51.9300	4588345.290
25.0000	30.00	3	2	94.4900	8348771.890
25.0000	30.00	3	3	93.1600	8230816.000
25.0000	40.00	2	2	35.3500	3123356.470
25.0000	40.00	2	3	36.7500	3247402.750
25.0000	40.00	3	2	93.1600	8230816.000
25.0000	40.00	3	3	93.1600	8230816.000
25.0000	50.00	2	2	23.0700	2038371.200
25.0000	50.00	2	3	24.4700	2162417.480
25.0000	50.00	3	2	91.8000	8110485.080
25.0000	50.00	3	3	91.8000	8110485.080
25.0000	60.00	2	2	23.0700	2038371.200
25.0000	60.00	2	3	24.4700	2162417.480
25.0000	60.00	3	2	84.9800	7508447.760
25.0000	60.00	3	3	86.3500	7629001.680
25.0000	70.00	2	2	23.0700	2038371.200
25.0000	70.00	2	3	24.4700	2162417.480
25.0000	70.00	3	2	86.3300	7627428.730
25.0000	70.00	3	3	87.6800	7746855.700
25.0000	80.00	2	2	35.3500	3123356.470
25.0000	80.00	2	3	36.7500	3247402.750
25.0000	80.00	3	2	84.8600	7497482.250
25.0000	80.00	3	3	87.6300	7742245.260
25.0000	90.00	2	2	42.2500	3732875.810
25.0000	90.00	2	3	39.5100	3491210.480
25.0000	90.00	3	2	91.7500	8106537.100
25.0000	90.00	3	3	90.3900	7986052.990
25.0000	100.00	2	2	64.4300	5692890.410
25.0000	100.00	2	3	64.4500	5694077.550
25.0000	100.00	3	2	93.1600	8230816.000
25.0000	100.00	3	3	93.1600	8230816.000
25.0000	110.00	2	2	65.8200	5815749.550
25.0000	110.00	2	3	67.2300	5939795.820
25.0000	110.00	3	2	91.7800	8108619.320
25.0000	110.00	3	3	93.1600	8230816.000
25.0000	120.00	2	2	65.8200	5815749.550
25.0000	120.00	2	3	67.2300	5939795.820
25.0000	120.00	3	2	84.9600	7506874.810
25.0000	120.00	3	3	83.6000	7386543.890
25.0000	130.00	2	2	67.2000	5937653.410
25.0000	130.00	2	3	67.2300	5939795.820
25.0000	130.00	3	2	87.7100	7749555.600
25.0000	130.00	3	3	90.4100	7987963.540
25.0000	140.00	2	2	67.2000	5937653.410
25.0000	140.00	2	3	67.2300	5939795.820
25.0000	140.00	3	2	90.3700	7984633.230

25.0000	140.00	3	3	89.0100	7864149.130
25.0000	150.00	2	2	67.2000	5937653.410
25.0000	150.00	2	3	67.2000	5937653.410
25.0000	150.00	3	2	91.7700	8107956.860
25.0000	150.00	3	3	93.1300	8228440.970
25.0000	160.00	2	2	68.5900	6060512.550
25.0000	160.00	2	3	68.6100	6061699.690
25.0000	160.00	3	2	93.1600	8230816.000
25.0000	160.00	3	3	94.5200	8351300.110
25.0000	170.00	2	2	68.5900	6060512.550
25.0000	170.00	2	3	70.0000	6184558.830
25.0000	170.00	3	2	95.8800	8471631.030
25.0000	170.00	3	3	93.1600	8230816.000
25.0000	180.00	2	2	67.2000	5937653.410
25.0000	180.00	2	3	68.6200	6062886.830
25.0000	180.00	3	2	82.2000	7262334.810
25.0000	180.00	3	3	87.7100	7749555.600
25.0000	190.00	2	2	65.8100	5814794.270
25.0000	190.00	2	3	67.2200	5938840.550
25.0000	190.00	3	2	83.5600	7382665.720
25.0000	190.00	3	3	84.9400	7504792.590
25.0000	200.00	2	2	65.8100	5814794.270
25.0000	200.00	2	3	67.2200	5938840.550
25.0000	200.00	3	2	90.3700	7984633.230
25.0000	200.00	3	3	90.3700	7984633.230
25.0000	210.00	2	2	50.5300	4464299.020
25.0000	210.00	2	3	50.5300	4464299.020
25.0000	210.00	3	2	91.7500	8106383.910
25.0000	210.00	3	3	91.7500	8106537.100
25.0000	220.00	2	2	35.3500	3123356.470
25.0000	220.00	2	3	36.7500	3247402.750
25.0000	220.00	3	2	94.5200	8351146.920
25.0000	220.00	3	3	94.5200	8351300.110
25.0000	230.00	2	2	23.0700	2038371.200
25.0000	230.00	2	3	24.4700	2162417.480
25.0000	230.00	3	2	87.6900	7747473.380
25.0000	230.00	3	3	94.5200	8351300.110
25.0000	240.00	2	2	23.0700	2038371.200
25.0000	240.00	2	3	24.4700	2162417.480
25.0000	240.00	3	2	83.6200	7387893.840
25.0000	240.00	3	3	86.3500	7628931.870
25.0000	250.00	2	2	23.0700	2038371.200
25.0000	250.00	2	3	24.4700	2162417.480
25.0000	250.00	3	2	83.5500	7381468.960
25.0000	250.00	3	3	91.7900	8109797.590
25.0000	260.00	2	2	35.3500	3123356.470
25.0000	260.00	2	3	35.3500	3123356.470
25.0000	260.00	3	2	87.6000	7739717.040
25.0000	260.00	3	3	90.3700	7984633.230
25.0000	270.00	2	2	43.6300	3854779.680
25.0000	270.00	2	3	40.8900	3613114.350
25.0000	270.00	3	2	93.1600	8230816.000
25.0000	270.00	3	3	94.5200	8351300.110
25.0000	280.00	2	2	64.4300	5692890.410
25.0000	280.00	2	3	65.8400	5816936.690

25.0000	280.00	3	2	95.8800	8471631.030
25.0000	280.00	3	3	93.1600	8230816.000
25.0000	290.00	2	2	65.8200	5815749.550
25.0000	290.00	2	3	67.2300	5939795.820
25.0000	290.00	3	2	93.1600	8230816.000
25.0000	290.00	3	3	93.1600	8230816.000
25.0000	300.00	2	2	65.8200	5815749.550
25.0000	300.00	2	3	67.2300	5939795.820
25.0000	300.00	3	2	82.2400	7265989.980
25.0000	300.00	3	3	87.6800	7747180.570
25.0000	310.00	2	2	65.8200	5815749.550
25.0000	310.00	2	3	67.2300	5939795.820
25.0000	310.00	3	2	83.6000	7386543.890
25.0000	310.00	3	3	89.0300	7866384.530
25.0000	320.00	2	2	67.2000	5937653.410
25.0000	320.00	2	3	68.6100	6061699.690
25.0000	320.00	3	2	91.7300	8104810.960
25.0000	320.00	3	3	90.3700	7984633.230
25.0000	330.00	2	2	67.2000	5937653.410
25.0000	330.00	2	3	68.6100	6061699.690
25.0000	330.00	3	2	90.3600	7983524.770
25.0000	330.00	3	3	95.8800	8471631.030
25.0000	340.00	2	2	67.2000	5937653.410
25.0000	340.00	2	3	68.6100	6061699.690
25.0000	340.00	3	2	93.1600	8230816.000
25.0000	340.00	3	3	93.1600	8230816.000
25.0000	350.00	2	2	68.5900	6060512.550
25.0000	350.00	2	3	70.0000	6184558.830
25.0000	350.00	3	2	93.1600	8230816.000
25.0000	350.00	3	3	91.8000	8110485.080
25.0000	360.00	2	2	67.2000	5937653.410
25.0000	360.00	2	3	67.2000	5937653.410
25.0000	360.00	3	2	86.2800	7623480.750
25.0000	360.00	3	3	84.9700	7507097.810
30.0000	0.00	2	2	43.6600	3857442.670
30.0000	0.00	2	3	46.4700	4105535.230
30.0000	0.00	3	2	33.0100	2916407.880
30.0000	0.00	3	3	38.5100	3402603.590
30.0000	10.00	2	2	43.6600	3857442.670
30.0000	10.00	2	3	45.0900	3983631.360
30.0000	10.00	3	2	34.3700	3036891.980
30.0000	10.00	3	3	37.1100	3279126.770
30.0000	20.00	2	2	31.2800	2763800.220
30.0000	20.00	2	3	32.6900	2887846.500
30.0000	20.00	3	2	41.1900	3639512.390
30.0000	20.00	3	3	45.3300	4005224.000
30.0000	30.00	2	2	21.7100	1918535.930
30.0000	30.00	2	3	23.1200	2042582.210
30.0000	30.00	3	2	49.3900	4363898.150
30.0000	30.00	3	3	56.1600	4961810.290
30.0000	40.00	2	2	0.0000	0.000
30.0000	40.00	2	3	0.0000	0.000
30.0000	40.00	3	2	54.7700	4839527.810
30.0000	40.00	3	3	53.4100	4718973.890
30.0000	50.00	2	2	0.0000	0.000

30.0000	50.00	2	3	0.0000	0.000
30.0000	50.00	3	2	41.2200	3641480.020
30.0000	50.00	3	3	35.7000	3154222.320
30.0000	60.00	2	2	0.0000	0.000
30.0000	60.00	2	3	0.0000	0.000
30.0000	60.00	3	2	34.3700	3036274.310
30.0000	60.00	3	3	38.5100	3402603.590
30.0000	70.00	2	2	0.0000	0.000
30.0000	70.00	2	3	0.0000	0.000
30.0000	70.00	3	2	32.9900	2915057.930
30.0000	70.00	3	3	38.5100	3402603.590
30.0000	80.00	2	2	0.0000	0.000
30.0000	80.00	2	3	0.0000	0.000
30.0000	80.00	3	2	42.5600	3760683.990
30.0000	80.00	3	3	38.4800	3399940.600
30.0000	90.00	2	2	1.3800	121940.780
30.0000	90.00	2	3	0.0000	0.000
30.0000	90.00	3	2	48.0500	4245799.170
30.0000	90.00	3	3	43.9500	3883396.500
30.0000	100.00	2	2	25.7800	2278092.180
30.0000	100.00	2	3	25.8600	2285076.900
30.0000	100.00	3	2	50.7300	4482192.820
30.0000	100.00	3	3	48.0100	4241924.470
30.0000	110.00	2	2	43.6800	3859585.080
30.0000	110.00	2	3	45.0900	3983631.360
30.0000	110.00	3	2	30.2600	2673561.970
30.0000	110.00	3	3	32.9900	2914988.120
30.0000	120.00	2	2	43.6800	3859585.080
30.0000	120.00	2	3	45.0900	3983631.360
30.0000	120.00	3	2	38.5100	3402603.590
30.0000	120.00	3	3	39.8900	3524507.460
30.0000	130.00	2	2	45.0500	3980139.000
30.0000	130.00	2	3	45.0900	3983631.360
30.0000	130.00	3	2	37.1300	3280448.670
30.0000	130.00	3	3	38.5100	3402603.590
30.0000	140.00	2	2	45.0600	3981488.950
30.0000	140.00	2	3	46.4700	4105535.230
30.0000	140.00	3	2	42.5500	3759465.480
30.0000	140.00	3	3	38.4600	3397672.280
30.0000	150.00	2	2	43.6600	3857442.670
30.0000	150.00	2	3	46.4700	4105535.230
30.0000	150.00	3	2	43.9400	3882246.160
30.0000	150.00	3	3	52.1500	4607204.490
30.0000	160.00	2	2	43.6600	3857442.670
30.0000	160.00	2	3	46.4700	4105535.230
30.0000	160.00	3	2	56.1300	4959028.840
30.0000	160.00	3	3	56.1900	4964222.230
30.0000	170.00	2	2	45.0600	3981488.950
30.0000	170.00	2	3	46.4700	4105535.230
30.0000	170.00	3	2	46.7000	4125940.620
30.0000	170.00	3	3	38.4500	3397412.380
30.0000	180.00	2	2	46.4700	4105535.230
30.0000	180.00	2	3	46.4700	4105535.230
30.0000	180.00	3	2	35.7700	3160215.610
30.0000	180.00	3	3	38.4900	3401030.640

30.0000	190.00	2	2	43.6800	3859585.080
30.0000	190.00	2	3	46.4700	4105535.230
30.0000	190.00	3	2	35.7300	3156490.630
30.0000	190.00	3	3	34.3700	3036891.980
30.0000	200.00	2	2	31.2400	2760307.860
30.0000	200.00	2	3	34.0500	3008400.410
30.0000	200.00	3	2	49.4700	4370508.020
30.0000	200.00	3	3	43.9900	3886938.390
30.0000	210.00	2	2	20.3100	1794489.650
30.0000	210.00	2	3	23.1200	2042582.210
30.0000	210.00	3	2	47.9200	4233977.170
30.0000	210.00	3	3	50.8100	4488851.250
30.0000	220.00	2	2	0.0000	0.000
30.0000	220.00	2	3	0.0000	0.000
30.0000	220.00	3	2	47.9600	4237639.430
30.0000	220.00	3	3	53.4500	4722034.770
30.0000	230.00	2	2	0.0000	0.000
30.0000	230.00	2	3	0.0000	0.000
30.0000	230.00	3	2	41.2500	3644162.290
30.0000	230.00	3	3	28.8800	2551398.200
30.0000	240.00	2	2	0.0000	0.000
30.0000	240.00	2	3	0.0000	0.000
30.0000	240.00	3	2	35.7600	3159751.120
30.0000	240.00	3	3	37.1300	3280699.720
30.0000	250.00	2	2	0.0000	0.000
30.0000	250.00	2	3	0.0000	0.000
30.0000	250.00	3	2	37.1000	3277999.820
30.0000	250.00	3	3	35.7500	3158795.850
30.0000	260.00	2	2	0.0000	0.000
30.0000	260.00	2	3	0.0000	0.000
30.0000	260.00	3	2	49.4400	4367739.950
30.0000	260.00	3	3	39.8300	3519539.240
30.0000	270.00	2	2	0.0000	0.000
30.0000	270.00	2	3	0.0000	0.000
30.0000	270.00	3	2	57.5400	5083889.040
30.0000	270.00	3	3	50.8100	4489352.650
30.0000	280.00	2	2	25.8100	2280197.690
30.0000	280.00	2	3	25.8600	2285076.900
30.0000	280.00	3	2	52.0000	4594680.560
30.0000	280.00	3	3	51.9700	4591592.780
30.0000	290.00	2	2	45.0900	3983631.360
30.0000	290.00	2	3	45.0900	3983631.360
30.0000	290.00	3	2	43.9400	3882640.840
30.0000	290.00	3	3	32.9900	2915057.930
30.0000	300.00	2	2	43.6800	3859585.080
30.0000	300.00	2	3	45.0900	3983631.360
30.0000	300.00	3	2	35.7500	3158795.850
30.0000	300.00	3	3	38.5100	3402603.590
30.0000	310.00	2	2	42.2800	3735538.800
30.0000	310.00	2	3	45.0900	3983631.360
30.0000	310.00	3	2	37.1100	3279126.770
30.0000	310.00	3	3	35.7500	3158795.850
30.0000	320.00	2	2	43.6600	3857442.670
30.0000	320.00	2	3	46.4700	4105535.230
30.0000	320.00	3	2	35.6800	3152023.820

30.0000	320.00	3	3	35.7400	3157445.900
30.0000	330.00	2	2	45.0600	3981488.950
30.0000	330.00	2	3	46.4700	4105535.230
30.0000	330.00	3	2	50.8300	4490838.160
30.0000	330.00	3	3	46.6800	4124289.980
30.0000	340.00	2	2	45.0600	3981488.950
30.0000	340.00	2	3	46.4700	4105535.230
30.0000	340.00	3	2	54.8100	4842588.690
30.0000	340.00	3	3	43.8700	3875906.040
30.0000	350.00	2	2	45.0600	3981488.950
30.0000	350.00	2	3	46.4700	4105535.230
30.0000	350.00	3	2	42.6000	3763944.480
30.0000	350.00	3	3	34.3700	3036891.980
30.0000	360.00	2	2	43.6600	3857442.670
30.0000	360.00	2	3	46.4700	4105535.230
30.0000	360.00	3	2	33.0100	2916407.880
30.0000	360.00	3	3	38.5100	3402603.590

### A.1.3 Orientação:Nadir (Gradiente de Gravidade)

Orientação: Gradiente de Gravidade  
Período da Simulação:

Início: 27/01/2009 02:00:00.000  
Término: 28/01/2009 02:00:00.000

Inclinação (graus)	ARNA (graus)	Nº Planos	Nº Satélites	Cobertura (%)	Área Coberta (km)
20.0000	0.00	2	2	91.7900	8109585.520
20.0000	0.00	2	3	91.7900	8109585.520
20.0000	0.00	3	2	100.0000	8835305.190
20.0000	0.00	3	3	100.0000	8835305.190
20.0000	10.00	2	2	91.7900	8109585.520
20.0000	10.00	2	3	91.7900	8109585.520
20.0000	10.00	3	2	100.0000	8835305.190
20.0000	10.00	3	3	100.0000	8835305.190
20.0000	20.00	2	2	91.7900	8109585.520
20.0000	20.00	2	3	91.7900	8109585.520
20.0000	20.00	3	2	100.0000	8835305.190
20.0000	20.00	3	3	100.0000	8835305.190
20.0000	20.00	3	3	100.0000	8835305.190
20.0000	30.00	2	2	91.7900	8109585.520
20.0000	30.00	2	3	91.7900	8109585.520
20.0000	30.00	3	2	100.0000	8835305.190
20.0000	30.00	3	3	100.0000	8835305.190
20.0000	40.00	2	2	91.7900	8109585.520
20.0000	40.00	2	3	91.7900	8109585.520
20.0000	40.00	3	2	100.0000	8835305.190
20.0000	40.00	3	3	100.0000	8835305.190
20.0000	50.00	2	2	91.7900	8109585.520
20.0000	50.00	2	3	91.7900	8109585.520
20.0000	50.00	3	2	100.0000	8835305.190
20.0000	50.00	3	3	100.0000	8835305.190
20.0000	60.00	2	2	91.7900	8109585.520

20.0000	60.00	2	3	91.7900	8109585.520
20.0000	60.00	3	2	100.0000	8835305.190
20.0000	60.00	3	3	100.0000	8835305.190
20.0000	70.00	2	2	91.7900	8109585.520
20.0000	70.00	2	3	91.7900	8109585.520
20.0000	70.00	3	2	100.0000	8835305.190
20.0000	70.00	3	3	100.0000	8835305.190
20.0000	80.00	2	2	91.7900	8109585.520
20.0000	80.00	2	3	91.7900	8109585.520
20.0000	80.00	3	2	100.0000	8835305.190
20.0000	80.00	3	3	100.0000	8835305.190
20.0000	90.00	2	2	91.7900	8109585.520
20.0000	90.00	2	3	91.7900	8109585.520
20.0000	90.00	3	2	100.0000	8835305.190
20.0000	90.00	3	3	100.0000	8835305.190
20.0000	100.00	2	2	91.7900	8109585.520
20.0000	100.00	2	3	91.7900	8109585.520
20.0000	100.00	3	2	100.0000	8835305.190
20.0000	100.00	3	3	100.0000	8835305.190
20.0000	110.00	2	2	91.7900	8109585.520
20.0000	110.00	2	3	91.7900	8109585.520
20.0000	110.00	3	2	100.0000	8835305.190
20.0000	110.00	3	3	100.0000	8835305.190
20.0000	120.00	2	2	91.7900	8109585.520
20.0000	120.00	2	3	91.7900	8109585.520
20.0000	120.00	3	2	100.0000	8835305.190
20.0000	120.00	3	3	100.0000	8835305.190
20.0000	130.00	2	2	91.7900	8109585.520
20.0000	130.00	2	3	91.7900	8109585.520
20.0000	130.00	3	2	100.0000	8835305.190
20.0000	130.00	3	3	100.0000	8835305.190
20.0000	140.00	2	2	91.7900	8109585.520
20.0000	140.00	2	3	91.7900	8109585.520
20.0000	140.00	3	2	100.0000	8835305.190
20.0000	140.00	3	3	100.0000	8835305.190
20.0000	150.00	2	2	91.7900	8109585.520
20.0000	150.00	2	3	91.7900	8109585.520
20.0000	150.00	3	2	100.0000	8835305.190
20.0000	150.00	3	3	100.0000	8835305.190
20.0000	160.00	2	2	91.7900	8109585.520
20.0000	160.00	2	3	91.7900	8109585.520
20.0000	160.00	3	2	100.0000	8835305.190
20.0000	160.00	3	3	100.0000	8835305.190
20.0000	170.00	2	2	91.7900	8109585.520
20.0000	170.00	2	3	91.7900	8109585.520
20.0000	170.00	3	2	100.0000	8835305.190
20.0000	170.00	3	3	100.0000	8835305.190
20.0000	180.00	2	2	91.7900	8109585.520
20.0000	180.00	2	3	91.7900	8109585.520
20.0000	180.00	3	2	100.0000	8835305.190
20.0000	180.00	3	3	100.0000	8835305.190
20.0000	190.00	2	2	91.7900	8109585.520
20.0000	190.00	2	3	91.7900	8109585.520
20.0000	190.00	3	2	100.0000	8835305.190
20.0000	190.00	3	3	100.0000	8835305.190

20.0000	200.00	2	2	91.7900	8109585.520
20.0000	200.00	2	3	91.7900	8109585.520
20.0000	200.00	3	2	100.0000	8835305.190
20.0000	200.00	3	3	100.0000	8835305.190
20.0000	210.00	2	2	91.7900	8109585.520
20.0000	210.00	2	3	91.7900	8109585.520
20.0000	210.00	3	2	100.0000	8835305.190
20.0000	210.00	3	3	100.0000	8835305.190
20.0000	220.00	2	2	91.7900	8109585.520
20.0000	220.00	2	3	91.7900	8109585.520
20.0000	220.00	3	2	100.0000	8835305.190
20.0000	220.00	3	3	100.0000	8835305.190
20.0000	230.00	2	2	91.7900	8109585.520
20.0000	230.00	2	3	91.7900	8109585.520
20.0000	230.00	3	2	100.0000	8835305.190
20.0000	230.00	3	3	100.0000	8835305.190
20.0000	240.00	2	2	91.7900	8109585.520
20.0000	240.00	2	3	91.7900	8109585.520
20.0000	240.00	3	2	100.0000	8835305.190
20.0000	240.00	3	3	100.0000	8835305.190
20.0000	250.00	2	2	91.7900	8109585.520
20.0000	250.00	2	3	91.7900	8109585.520
20.0000	250.00	3	2	100.0000	8835305.190
20.0000	250.00	3	3	100.0000	8835305.190
20.0000	260.00	2	2	91.7900	8109585.520
20.0000	260.00	2	3	91.7900	8109585.520
20.0000	260.00	3	2	100.0000	8835305.190
20.0000	260.00	3	3	100.0000	8835305.190
20.0000	270.00	2	2	91.7900	8109585.520
20.0000	270.00	2	3	91.7900	8109585.520
20.0000	270.00	3	2	100.0000	8835305.190
20.0000	270.00	3	3	100.0000	8835305.190
20.0000	280.00	2	2	91.7900	8109585.520
20.0000	280.00	2	3	91.7900	8109585.520
20.0000	280.00	3	2	100.0000	8835305.190
20.0000	280.00	3	3	100.0000	8835305.190
20.0000	290.00	2	2	91.7900	8109585.520
20.0000	290.00	2	3	91.7900	8109585.520
20.0000	290.00	3	2	100.0000	8835305.190
20.0000	290.00	3	3	100.0000	8835305.190
20.0000	300.00	2	2	91.7900	8109585.520
20.0000	300.00	2	3	91.7900	8109585.520
20.0000	300.00	3	2	100.0000	8835305.190
20.0000	300.00	3	3	100.0000	8835305.190
20.0000	310.00	2	2	91.7900	8109585.520
20.0000	310.00	2	3	91.7900	8109585.520
20.0000	310.00	3	2	100.0000	8835305.190
20.0000	310.00	3	3	100.0000	8835305.190
20.0000	320.00	2	2	91.7900	8109585.520
20.0000	320.00	2	3	91.7900	8109585.520
20.0000	320.00	3	2	100.0000	8835305.190
20.0000	320.00	3	3	100.0000	8835305.190
20.0000	330.00	2	2	91.7900	8109585.520
20.0000	330.00	2	3	91.7900	8109585.520
20.0000	330.00	3	2	100.0000	8835305.190

20.0000	330.00	3	3	100.0000	8835305.190
20.0000	340.00	2	2	91.7900	8109585.520
20.0000	340.00	2	3	91.7900	8109585.520
20.0000	340.00	3	2	100.0000	8835305.190
20.0000	340.00	3	3	100.0000	8835305.190
20.0000	350.00	2	2	91.7900	8109585.520
20.0000	350.00	2	3	91.7900	8109585.520
20.0000	350.00	3	2	100.0000	8835305.190
20.0000	350.00	3	3	100.0000	8835305.190
20.0000	360.00	2	2	91.7900	8109585.520
20.0000	360.00	2	3	91.7900	8109585.520
20.0000	360.00	3	2	100.0000	8835305.190
20.0000	360.00	3	3	100.0000	8835305.190
25.0000	0.00	2	2	69.9800	6183371.690
25.0000	0.00	2	3	69.9800	6183371.690
25.0000	0.00	3	2	100.0000	8835305.190
25.0000	0.00	3	3	100.0000	8835305.190
25.0000	10.00	2	2	69.9800	6183371.690
25.0000	10.00	2	3	71.3900	6307417.970
25.0000	10.00	3	2	100.0000	8835305.190
25.0000	10.00	3	3	100.0000	8835305.190
25.0000	20.00	2	2	69.9800	6183371.690
25.0000	20.00	2	3	71.3900	6307417.970
25.0000	20.00	3	2	100.0000	8835305.190
25.0000	20.00	3	3	100.0000	8835305.190
25.0000	30.00	2	2	69.9800	6183371.690
25.0000	30.00	2	3	71.3900	6307417.970
25.0000	30.00	3	2	100.0000	8835305.190
25.0000	30.00	3	3	100.0000	8835305.190
25.0000	40.00	2	2	69.9800	6183371.690
25.0000	40.00	2	3	71.3900	6307417.970
25.0000	40.00	3	2	100.0000	8835305.190
25.0000	40.00	3	3	100.0000	8835305.190
25.0000	50.00	2	2	69.9800	6183371.690
25.0000	50.00	2	3	71.3900	6307417.970
25.0000	50.00	3	2	100.0000	8835305.190
25.0000	50.00	3	3	100.0000	8835305.190
25.0000	60.00	2	2	69.9800	6183371.690
25.0000	60.00	2	3	71.3900	6307417.970
25.0000	60.00	3	2	100.0000	8835305.190
25.0000	60.00	3	3	100.0000	8835305.190
25.0000	70.00	2	2	69.9800	6183371.690
25.0000	70.00	2	3	71.3900	6307417.970
25.0000	70.00	3	2	100.0000	8835305.190
25.0000	70.00	3	3	100.0000	8835305.190
25.0000	80.00	2	2	69.9800	6183371.690
25.0000	80.00	2	3	71.3900	6307417.970
25.0000	80.00	3	2	100.0000	8835305.190
25.0000	80.00	3	3	100.0000	8835305.190
25.0000	90.00	2	2	69.9800	6183371.690
25.0000	90.00	2	3	71.3900	6307417.970
25.0000	90.00	3	2	100.0000	8835305.190
25.0000	90.00	3	3	100.0000	8835305.190
25.0000	100.00	2	2	69.9800	6183371.690
25.0000	100.00	2	3	71.3900	6307417.970

25.0000	100.00	3	2	100.0000	8835305.190
25.0000	100.00	3	3	100.0000	8835305.190
25.0000	110.00	2	2	69.9800	6183371.690
25.0000	110.00	2	3	71.3900	6307417.970
25.0000	110.00	3	2	100.0000	8835305.190
25.0000	110.00	3	3	100.0000	8835305.190
25.0000	120.00	2	2	69.9800	6183371.690
25.0000	120.00	2	3	71.3900	6307417.970
25.0000	120.00	3	2	100.0000	8835305.190
25.0000	120.00	3	3	100.0000	8835305.190
25.0000	130.00	2	2	69.9800	6183371.690
25.0000	130.00	2	3	71.3900	6307417.970
25.0000	130.00	3	2	100.0000	8835305.190
25.0000	130.00	3	3	100.0000	8835305.190
25.0000	140.00	2	2	69.9800	6183371.690
25.0000	140.00	2	3	71.3900	6307417.970
25.0000	140.00	3	2	100.0000	8835305.190
25.0000	140.00	3	3	100.0000	8835305.190
25.0000	150.00	2	2	69.9800	6183371.690
25.0000	150.00	2	3	69.9800	6183371.690
25.0000	150.00	3	2	100.0000	8835305.190
25.0000	150.00	3	3	100.0000	8835305.190
25.0000	160.00	2	2	69.9800	6183371.690
25.0000	160.00	2	3	71.3900	6307417.970
25.0000	160.00	3	2	100.0000	8835305.190
25.0000	160.00	3	3	100.0000	8835305.190
25.0000	170.00	2	2	69.9800	6183371.690
25.0000	170.00	2	3	71.3900	6307417.970
25.0000	170.00	3	2	100.0000	8835305.190
25.0000	170.00	3	3	100.0000	8835305.190
25.0000	180.00	2	2	69.9800	6183371.690
25.0000	180.00	2	3	72.7900	6431464.250
25.0000	180.00	3	2	100.0000	8835305.190
25.0000	180.00	3	3	100.0000	8835305.190
25.0000	190.00	2	2	69.9800	6183371.690
25.0000	190.00	2	3	71.3900	6307417.970
25.0000	190.00	3	2	100.0000	8835305.190
25.0000	190.00	3	3	100.0000	8835305.190
25.0000	200.00	2	2	69.9800	6183371.690
25.0000	200.00	2	3	71.3900	6307417.970
25.0000	200.00	3	2	100.0000	8835305.190
25.0000	200.00	3	3	100.0000	8835305.190
25.0000	210.00	2	2	69.9800	6183371.690
25.0000	210.00	2	3	69.9800	6183371.690
25.0000	210.00	3	2	100.0000	8835305.190
25.0000	210.00	3	3	100.0000	8835305.190
25.0000	220.00	2	2	69.9800	6183371.690
25.0000	220.00	2	3	71.3900	6307417.970
25.0000	220.00	3	2	100.0000	8835305.190
25.0000	220.00	3	3	100.0000	8835305.190
25.0000	230.00	2	2	69.9800	6183371.690
25.0000	230.00	2	3	71.3900	6307417.970
25.0000	230.00	3	2	100.0000	8835305.190
25.0000	230.00	3	3	100.0000	8835305.190
25.0000	240.00	2	2	69.9800	6183371.690

25.0000	240.00	2	3	71.3900	6307417.970
25.0000	240.00	3	2	100.0000	8835305.190
25.0000	240.00	3	3	100.0000	8835305.190
25.0000	250.00	2	2	69.9800	6183371.690
25.0000	250.00	2	3	71.3900	6307417.970
25.0000	250.00	3	2	100.0000	8835305.190
25.0000	250.00	3	3	100.0000	8835305.190
25.0000	260.00	2	2	69.9800	6183371.690
25.0000	260.00	2	3	69.9800	6183371.690
25.0000	260.00	3	2	100.0000	8835305.190
25.0000	260.00	3	3	100.0000	8835305.190
25.0000	270.00	2	2	69.9800	6183371.690
25.0000	270.00	2	3	71.3900	6307417.970
25.0000	270.00	3	2	100.0000	8835305.190
25.0000	270.00	3	3	100.0000	8835305.190
25.0000	280.00	2	2	69.9800	6183371.690
25.0000	280.00	2	3	71.3900	6307417.970
25.0000	280.00	3	2	100.0000	8835305.190
25.0000	280.00	3	3	100.0000	8835305.190
25.0000	290.00	2	2	69.9800	6183371.690
25.0000	290.00	2	3	71.3900	6307417.970
25.0000	290.00	3	2	100.0000	8835305.190
25.0000	290.00	3	3	100.0000	8835305.190
25.0000	300.00	2	2	69.9800	6183371.690
25.0000	300.00	2	3	71.3900	6307417.970
25.0000	300.00	3	2	100.0000	8835305.190
25.0000	300.00	3	3	100.0000	8835305.190
25.0000	310.00	2	2	69.9800	6183371.690
25.0000	310.00	2	3	71.3900	6307417.970
25.0000	310.00	3	2	100.0000	8835305.190
25.0000	310.00	3	3	100.0000	8835305.190
25.0000	320.00	2	2	69.9800	6183371.690
25.0000	320.00	2	3	71.3900	6307417.970
25.0000	320.00	3	2	100.0000	8835305.190
25.0000	320.00	3	3	100.0000	8835305.190
25.0000	330.00	2	2	69.9800	6183371.690
25.0000	330.00	2	3	71.3900	6307417.970
25.0000	330.00	3	2	100.0000	8835305.190
25.0000	330.00	3	3	100.0000	8835305.190
25.0000	340.00	2	2	69.9800	6183371.690
25.0000	340.00	2	3	71.3900	6307417.970
25.0000	340.00	3	2	100.0000	8835305.190
25.0000	340.00	3	3	100.0000	8835305.190
25.0000	350.00	2	2	69.9800	6183371.690
25.0000	350.00	2	3	71.3900	6307417.970
25.0000	350.00	3	2	100.0000	8835305.190
25.0000	350.00	3	3	100.0000	8835305.190
25.0000	360.00	2	2	69.9800	6183371.690
25.0000	360.00	2	3	69.9800	6183371.690
25.0000	360.00	3	2	100.0000	8835305.190
25.0000	360.00	3	3	100.0000	8835305.190
30.0000	0.00	2	2	51.9100	4586202.880
30.0000	0.00	2	3	54.7200	4834295.440
30.0000	0.00	3	2	95.8300	8466727.770
30.0000	0.00	3	3	95.8300	8466727.770

30.0000	10.00	2	2	53.3100	4710249.160
30.0000	10.00	2	3	54.7200	4834295.440
30.0000	10.00	3	2	93.0800	8223537.710
30.0000	10.00	3	3	95.8300	8466727.770
30.0000	20.00	2	2	53.3100	4710249.160
30.0000	20.00	2	3	54.7200	4834295.440
30.0000	20.00	3	2	93.0800	8223537.710
30.0000	20.00	3	3	95.8300	8466727.770
30.0000	30.00	2	2	53.3100	4710249.160
30.0000	30.00	2	3	54.7200	4834295.440
30.0000	30.00	3	2	94.4400	8343868.630
30.0000	30.00	3	3	95.8300	8466727.770
30.0000	40.00	2	2	51.9100	4586202.880
30.0000	40.00	2	3	54.7200	4834295.440
30.0000	40.00	3	2	95.8300	8466727.770
30.0000	40.00	3	3	95.8300	8466727.770
30.0000	50.00	2	2	51.9100	4586202.880
30.0000	50.00	2	3	54.7200	4834295.440
30.0000	50.00	3	2	97.2200	8589586.910
30.0000	50.00	3	3	97.2200	8589586.910
30.0000	60.00	2	2	53.3100	4710249.160
30.0000	60.00	2	3	54.7200	4834295.440
30.0000	60.00	3	2	94.4400	8343868.630
30.0000	60.00	3	3	95.8300	8466727.770
30.0000	70.00	2	2	54.7200	4834295.440
30.0000	70.00	2	3	54.7200	4834295.440
30.0000	70.00	3	2	94.4400	8343868.630
30.0000	70.00	3	3	95.8300	8466727.770
30.0000	80.00	2	2	53.3100	4710249.160
30.0000	80.00	2	3	54.7200	4834295.440
30.0000	80.00	3	2	94.4400	8343868.630
30.0000	80.00	3	3	95.8300	8466727.770
30.0000	90.00	2	2	51.9100	4586202.880
30.0000	90.00	2	3	54.7200	4834295.440
30.0000	90.00	3	2	94.4400	8343868.630
30.0000	90.00	3	3	95.8300	8466727.770
30.0000	100.00	2	2	51.9100	4586202.880
30.0000	100.00	2	3	54.7200	4834295.440
30.0000	100.00	3	2	95.8300	8466727.770
30.0000	100.00	3	3	95.8300	8466727.770
30.0000	110.00	2	2	53.3100	4710249.160
30.0000	110.00	2	3	54.7200	4834295.440
30.0000	110.00	3	2	95.8300	8466727.770
30.0000	110.00	3	3	95.8300	8466727.770
30.0000	120.00	2	2	53.3100	4710249.160
30.0000	120.00	2	3	54.7200	4834295.440
30.0000	120.00	3	2	94.4400	8343868.630
30.0000	120.00	3	3	95.8300	8466727.770
30.0000	130.00	2	2	53.3100	4710249.160
30.0000	130.00	2	3	54.7200	4834295.440
30.0000	130.00	3	2	94.4400	8343868.630
30.0000	130.00	3	3	95.8300	8466727.770
30.0000	140.00	2	2	53.3100	4710249.160
30.0000	140.00	2	3	54.7200	4834295.440
30.0000	140.00	3	2	94.4400	8343868.630

30.0000	140.00	3	3	95.8300	8466727.770
30.0000	150.00	2	2	51.9100	4586202.880
30.0000	150.00	2	3	54.7200	4834295.440
30.0000	150.00	3	2	95.8300	8466727.770
30.0000	150.00	3	3	95.8300	8466727.770
30.0000	160.00	2	2	51.9100	4586202.880
30.0000	160.00	2	3	54.7200	4834295.440
30.0000	160.00	3	2	93.0800	8223537.710
30.0000	160.00	3	3	97.2200	8589586.910
30.0000	170.00	2	2	53.3100	4710249.160
30.0000	170.00	2	3	54.7200	4834295.440
30.0000	170.00	3	2	93.0800	8223537.710
30.0000	170.00	3	3	95.8300	8466727.770
30.0000	180.00	2	2	54.7200	4834295.440
30.0000	180.00	2	3	54.7200	4834295.440
30.0000	180.00	3	2	93.0800	8223537.710
30.0000	180.00	3	3	95.8300	8466727.770
30.0000	190.00	2	2	53.3100	4710249.160
30.0000	190.00	2	3	54.7200	4834295.440
30.0000	190.00	3	2	95.8300	8466727.770
30.0000	190.00	3	3	97.2200	8589586.910
30.0000	200.00	2	2	51.9100	4586202.880
30.0000	200.00	2	3	54.7200	4834295.440
30.0000	200.00	3	2	95.8300	8466727.770
30.0000	200.00	3	3	95.8300	8466727.770
30.0000	210.00	2	2	51.9100	4586202.880
30.0000	210.00	2	3	54.7200	4834295.440
30.0000	210.00	3	2	97.2200	8589586.910
30.0000	210.00	3	3	95.8300	8466727.770
30.0000	220.00	2	2	53.3100	4710249.160
30.0000	220.00	2	3	54.7200	4834295.440
30.0000	220.00	3	2	94.4400	8343868.630
30.0000	220.00	3	3	95.8300	8466727.770
30.0000	230.00	2	2	54.7200	4834295.440
30.0000	230.00	2	3	54.7200	4834295.440
30.0000	230.00	3	2	94.4400	8343868.630
30.0000	230.00	3	3	95.8300	8466727.770
30.0000	240.00	2	2	53.3100	4710249.160
30.0000	240.00	2	3	54.7200	4834295.440
30.0000	240.00	3	2	94.4400	8343868.630
30.0000	240.00	3	3	95.8300	8466727.770
30.0000	250.00	2	2	51.9100	4586202.880
30.0000	250.00	2	3	54.7200	4834295.440
30.0000	250.00	3	2	95.8300	8466727.770
30.0000	250.00	3	3	95.8300	8466727.770
30.0000	260.00	2	2	51.9100	4586202.880
30.0000	260.00	2	3	54.7200	4834295.440
30.0000	260.00	3	2	97.2200	8589586.910
30.0000	260.00	3	3	95.8300	8466727.770
30.0000	270.00	2	2	53.3100	4710249.160
30.0000	270.00	2	3	54.7200	4834295.440
30.0000	270.00	3	2	94.4400	8343868.630
30.0000	270.00	3	3	97.2200	8589586.910
30.0000	280.00	2	2	53.3100	4710249.160
30.0000	280.00	2	3	54.7200	4834295.440

30.0000	280.00	3	2	94.4400	8343868.630
30.0000	280.00	3	3	95.8300	8466727.770
30.0000	290.00	2	2	54.7200	4834295.440
30.0000	290.00	2	3	54.7200	4834295.440
30.0000	290.00	3	2	94.4400	8343868.630
30.0000	290.00	3	3	95.8300	8466727.770
30.0000	300.00	2	2	53.3100	4710249.160
30.0000	300.00	2	3	54.7200	4834295.440
30.0000	300.00	3	2	95.8300	8466727.770
30.0000	300.00	3	3	97.2200	8589586.910
30.0000	310.00	2	2	51.9100	4586202.880
30.0000	310.00	2	3	54.7200	4834295.440
30.0000	310.00	3	2	94.4400	8343868.630
30.0000	310.00	3	3	95.8300	8466727.770
30.0000	320.00	2	2	51.9100	4586202.880
30.0000	320.00	2	3	54.7200	4834295.440
30.0000	320.00	3	2	94.4400	8343868.630
30.0000	320.00	3	3	95.8300	8466727.770
30.0000	330.00	2	2	53.3100	4710249.160
30.0000	330.00	2	3	54.7200	4834295.440
30.0000	330.00	3	2	94.4400	8343868.630
30.0000	330.00	3	3	97.2200	8589586.910
30.0000	340.00	2	2	53.3100	4710249.160
30.0000	340.00	2	3	54.7200	4834295.440
30.0000	340.00	3	2	94.4400	8343868.630
30.0000	340.00	3	3	95.8300	8466727.770
30.0000	350.00	2	2	53.3100	4710249.160
30.0000	350.00	2	3	54.7200	4834295.440
30.0000	350.00	3	2	95.8300	8466727.770
30.0000	350.00	3	3	95.8300	8466727.770
30.0000	360.00	2	2	51.9100	4586202.880
30.0000	360.00	2	3	54.7200	4834295.440
30.0000	360.00	3	2	95.8300	8466727.770
30.0000	360.00	3	3	95.8300	8466727.770

## APÊNDICE B: AVALIAÇÃO DA COBERTURA – INCLINAÇÃO

### B.1 Orientação – Eixo de Rotação apontando Para o Norte

#### B.1.1 Varredura da Inclinação

Orientation: North  
Inclination Range: [ 0.00 34.00 ] deg  
ARNA Range: [ 50.00 50.00 ] deg  
Sat Planes Range: [ 2 2 ]  
Sat per Plane Range: [ 2 2 ]  
Number of Transmitter: 2  
Facility Elevation Angle: 5.00 deg  
Sensor Cone Angle: 80.00 deg  
Simulation Period:  
Start Time: 2009/01/27 02:00:00.000  
Stop Time: 2009/01/28 02:00:00.000

Run	Inclinação (graus)	ARNA (graus)	Nº Planos	Nº Satélites	Cobertura (%)	Área Coberta (km)
0	0.0000	50.00	2	2	76.9700	6800701.850
1	0.5000	50.00	2	2	76.9700	6800701.850
2	1.0000	50.00	2	2	76.9700	6800701.850
3	1.5000	50.00	2	2	76.9700	6800701.850
4	2.0000	50.00	2	2	76.9700	6800701.850
5	2.5000	50.00	2	2	76.9700	6800701.850
6	3.0000	50.00	2	2	76.9700	6800701.850
7	3.5000	50.00	2	2	76.9700	6800701.850
8	4.0000	50.00	2	2	76.9700	6800701.850
9	4.5000	50.00	2	2	76.9700	6800701.850
10	5.0000	50.00	2	2	76.9700	6800701.850
11	5.5000	50.00	2	2	76.9700	6800701.850
12	6.0000	50.00	2	2	76.9700	6800701.850
13	6.5000	50.00	2	2	76.9700	6800701.850
14	7.0000	50.00	2	2	76.9700	6800701.850
15	7.5000	50.00	2	2	78.3000	6917897.660
16	8.0000	50.00	2	2	78.3000	6917897.660
17	8.5000	50.00	2	2	76.9200	6795993.790
18	9.0000	50.00	2	2	79.6500	7036962.000
19	9.5000	50.00	2	2	81.0100	7157446.110
20	10.0000	50.00	2	2	79.6300	7035542.240
21	10.5000	50.00	2	2	67.3500	5950556.980
22	11.0000	50.00	2	2	70.0800	6191525.190
23	11.5000	50.00	2	2	70.0800	6191525.190
24	12.0000	50.00	2	2	71.4000	6308721.000
25	12.5000	50.00	2	2	65.8800	5820994.800
26	13.0000	50.00	2	2	53.6800	4742421.310
27	13.5000	50.00	2	2	53.6800	4742421.310
28	14.0000	50.00	2	2	53.6800	4742421.310
29	14.5000	50.00	2	2	59.1500	5225986.940
30	15.0000	50.00	2	2	64.6100	5708202.610
31	15.5000	50.00	2	2	63.2300	5586298.740

32	16.0000	50.00	2	2	61.8600	5465744.820
33	16.5000	50.00	2	2	64.5900	5706852.660
34	17.0000	50.00	2	2	65.9600	5827406.580
35	17.5000	50.00	2	2	70.0800	6191534.800
36	18.0000	50.00	2	2	71.4600	6313475.580
37	18.5000	50.00	2	2	70.1000	6193228.900
38	19.0000	50.00	2	2	72.8600	6437073.550
39	19.5000	50.00	2	2	74.2400	6559014.320
40	20.0000	50.00	2	2	77.0000	6802858.970
41	20.5000	50.00	2	2	77.0000	6802858.970
42	21.0000	50.00	2	2	78.3800	6924799.740
43	21.5000	50.00	2	2	81.0900	7164322.440
44	22.0000	50.00	2	2	74.2600	6561179.150
45	22.5000	50.00	2	2	75.6200	6680940.500
46	23.0000	50.00	2	2	74.2400	6559036.640
47	23.5000	50.00	2	2	75.5900	6678797.990
48	24.0000	50.00	2	2	72.8800	6439275.290
49	24.5000	50.00	2	2	74.2400	6559036.640
50	25.0000	50.00	2	2	61.9700	5475488.800
51	25.5000	50.00	2	2	63.3000	5592684.600
52	26.0000	50.00	2	2	64.6300	5709880.410
53	26.5000	50.00	2	2	67.3300	5948980.080
54	27.0000	50.00	2	2	67.3300	5948980.080
55	27.5000	50.00	2	2	67.2700	5943316.750
56	28.0000	50.00	2	2	64.5500	5703261.800
57	28.5000	50.00	2	2	50.5800	4469007.080
58	29.0000	50.00	2	2	50.5800	4469007.080
59	29.5000	50.00	2	2	51.9100	4586202.880
60	30.0000	50.00	2	2	51.9100	4586202.880
61	30.5000	50.00	2	2	51.9100	4586202.880
62	31.0000	50.00	2	2	47.7700	4220491.280
63	31.5000	50.00	2	2	35.3500	3123356.470
64	32.0000	50.00	2	2	35.3500	3123356.470
65	32.5000	50.00	2	2	33.9900	3002802.550
66	33.0000	50.00	2	2	32.6200	2882248.630
67	33.5000	50.00	2	2	32.6600	2885740.990
68	34.0000	50.00	2	2	0.0000	0.000

### B.1.2 Avaliação de Longo Período

Orientation: North  
 Inclination Range: [ 21.50 21.50 ] deg  
 ARNA Range: [ 50.00 50.00 ] deg  
 Sat Planes Range: [ 2 2 ]  
 Sat per Plane Range: [ 2 2 ]  
 Number of Transmitter: 2  
 Facility Elevation Angle: 5.00 deg  
 Sensor Cone Angle: 80.00 deg  
 Simulation Period:  
 Start Time: 2009/01/27 02:00:00.000  
 Stop Time: 2009/03/28 02:00:00.000

Run	Inclinação (graus)	ARNA (graus)	N° Planos	N° Satélites	Cobertura (%)	Área Coberta (km)
0	21.5000	50.00	2	2	74.2400	6559051.230

Orientation: North  
 Inclination Range: [ 25.00 25.00 ] deg  
 ARNA Range: [ 50.00 50.00 ] deg  
 Sat Planes Range: [ 2 2 ]  
 Sat per Plane Range: [ 2 2 ]  
 Number of Transmitter: 2  
 Facility Elevation Angle: 5.00 deg  
 Sensor Cone Angle: 80.00 deg  
 Simulation Period:  
 Start Time: 2009/01/27 02:00:00.000  
 Stop Time: 2009/03/28 02:00:00.000

Run	Inclinação (graus)	ARNA (graus)	N° Planos	N° Satélites	Cobertura (%)	Área Coberta (km)
0	25.0000	50.00	2	2	60.6200	5355727.450

### B.1.2.1 Inclinação – 21.5 graus

#### Tempo de Acesso.

02 Apr 2009 12:17:11

#### Coverage Properties

-----  
 Custom Regions Coverage  
 Grid Altitude: 0.0000 (km)  
 Resolution: 3.0000 (deg)  
 Number of Points: 73  
 Assigned Assets:  
 Chain/South: Active  
 Satellite/SCD/Sensor/Transp: Active  
 Satellite/SCD/Sensor/Transp1: Active  
 Satellite/SCD12/Sensor/Transp: Active  
 Satellite/SCD12/Sensor/Transp1: Active  
 Satellite/SCD21/Sensor/Transp: Active  
 Satellite/SCD21/Sensor/Transp1: Active  
 Satellite/SCD22/Sensor/Transp: Active  
 Satellite/SCD22/Sensor/Transp1: Active  
 Access Interval: 27 Jan 2009 02:00:00.000 to 28 Mar 2009 02:00:00.000

#### FOM Properties

-----  
 Average Access Duration  
 Satisfaction: Greater Than 180.000000 sec

Latitude (deg)	Minimum (sec)	Maximum (sec)	Average (sec)
-32.000	88.130	88.130	88.130
-29.000	174.302	180.422	177.362
-26.000	239.688	255.015	247.352
-22.000	189.796	283.712	242.569
-19.000	275.210	378.929	333.298
-16.000	287.150	399.868	361.340
-13.000	298.041	391.782	360.100
-9.000	228.510	386.889	333.898
-6.000	200.712	385.301	323.751
-3.000	231.140	390.268	335.203
0.000	184.834	312.998	251.179
4.000	202.861	202.861	202.861

**Tempo de Revisita**

31 Mar 2009 00:34:13

Coverage Properties

-----  
Custom Regions Coverage

Grid Altitude: 0.0000 (km)

Resolution: 3.0000 (deg)

Number of Points: 73

Assigned Assets:

Chain/South: Active

Satellite/SCD/Sensor/Transp: Active

Satellite/SCD/Sensor/Transp1: Active

Satellite/SCD12/Sensor/Transp: Active

Satellite/SCD12/Sensor/Transp1: Active

Satellite/SCD21/Sensor/Transp: Active

Satellite/SCD21/Sensor/Transp1: Active

Satellite/SCD22/Sensor/Transp: Active

Satellite/SCD22/Sensor/Transp1: Active

Access Interval: 27 Jan 2009 02:00:00.000 to 27 Mar 2009 02:00:00.000

FOM Properties

-----  
Maximum Revisit Time

Minimum number of assets required: 1

Gaps at ends of analysis interval are considered

Satisfaction: Less Than 3600.000000 sec

Latitude (deg)	Minimum (sec)	Maximum (sec)	Average (sec)
-32.000	28668.773	28668.773	28668.773
-29.000	25695.711	25723.767	25709.739
-26.000	25678.403	25701.165	25689.784
-22.000	12693.536	15696.924	13313.139
-19.000	6341.424	9325.874	6967.067

-16.000	2857.776	6180.958	3528.571
-13.000	2845.517	3240.352	3064.928
-9.000	2793.808	4737.447	3180.943
-6.000	2793.808	3102.500	2905.953
-3.000	2804.932	3040.443	2908.819
0.000	3120.467	3282.439	3147.588
4.000	17720.488	17720.488	17720.488

### B.1.2.2 Inclinacao 25 graus

#### Tempo de Acesso

31 Mar 2009 09:01:06

FigureOfMerit-AccessDur

#### Coverage Properties

-----  
 Custom Regions Coverage

Grid Altitude: 0.0000 (km)

Resolution: 3.0000 (deg)

Number of Points: 73

Assigned Assets:

Chain/South: Active

Satellite/SCD/Sensor/Transp: Active

Satellite/SCD/Sensor/Transp1: Active

Satellite/SCD12/Sensor/Transp: Active

Satellite/SCD12/Sensor/Transp1: Active

Satellite/SCD21/Sensor/Transp: Active

Satellite/SCD21/Sensor/Transp1: Active

Satellite/SCD22/Sensor/Transp: Active

Satellite/SCD22/Sensor/Transp1: Active

Access Interval: 27 Jan 2009 02:00:00.000 to 28 Mar 2009 02:00:00.000

#### FOM Properties

-----  
 Average Access Duration

Satisfaction: Greater Than 180.000000 sec

Latitude (deg) Minimum (sec) Maximum (sec) Average (sec)

Latitude (deg)	Minimum (sec)	Maximum (sec)	Average (sec)
-32.000	73.450	73.450	73.450
-29.000	152.342	156.727	154.534
-26.000	231.080	243.390	237.235
-22.000	252.538	342.550	306.109
-19.000	280.781	374.034	334.960
-16.000	276.813	391.252	351.543
-13.000	280.918	383.872	349.332
-9.000	223.726	376.598	322.359
-6.000	189.991	364.113	304.248
-3.000	206.045	342.859	295.612
0.000	176.493	305.971	243.097
4.000	190.900	190.900	190.900

**Tempo de Revisita**  
 31 Mar 2009 08:59:57  
 FigureOfMerit-HowIsMyCov

Coverage Properties

-----  
 Custom Regions Coverage  
 Grid Altitude: 0.0000 (km)  
 Resolution: 3.0000 (deg)  
 Number of Points: 73  
 Assigned Assets:  
 Chain/South: Active  
 Satellite/SCD/Sensor/Transp: Active  
 Satellite/SCD/Sensor/Transp1: Active  
 Satellite/SCD12/Sensor/Transp: Active  
 Satellite/SCD12/Sensor/Transp1: Active  
 Satellite/SCD21/Sensor/Transp: Active  
 Satellite/SCD21/Sensor/Transp1: Active  
 Satellite/SCD22/Sensor/Transp: Active  
 Satellite/SCD22/Sensor/Transp1: Active  
 Access Interval: 27 Jan 2009 02:00:00.000 to 28 Mar 2009 02:00:00.000

FOM Properties

-----  
 Maximum Revisit Time  
 Minimum number of assets required: 1  
 Gaps at ends of analysis interval are considered  
 Satisfaction: Less Than 3600.000000 sec

Latitude (deg)	Minimum (sec)	Maximum (sec)	Average (sec)
-32.000	28871.238	28871.238	28871.238
-29.000	28840.497	28859.612	28850.055
-26.000	12680.927	12690.040	12685.484
-22.000	6430.583	9408.946	7067.391
-19.000	3257.374	6240.849	3893.388
-16.000	2797.477	3206.744	2971.258
-13.000	2808.969	3144.252	2881.417
-9.000	2808.969	4705.092	3079.415
-6.000	2809.584	3098.649	2946.172
-3.000	6310.785	9464.522	8486.433
0.000	18987.815	18988.577	18988.200
4.000	21009.164	21009.164	21009.164

**B.2 Orientação – Eixo de Rotação – Nadir no Equador**

**B.2.1 Varredura da Inclinação**

Orientation: EquatorNadir  
 Inclination Range: [ 0.00 34.00 ] deg

ARNA Range: [ 330.00 330.00 ] deg  
 Sat Planes Range: [ 2 2 ]  
 Sat per Plane Range: [ 2 2 ]  
 Number of Transmitter: 2  
 Facility Elevation Angle: 5.00 deg  
 Sensor Cone Angle: 80.00 deg  
 Simulation Period:

Start Time: 2009/01/27 02:00:00.000  
 Stop Time: 2009/01/28 02:00:00.000

Run	Inclinação (graus)	ARNA (graus)	N° Planos	N° Satélites	Cobertura (%)	Área Coberta (km)
0	0.0000	330.00	2	2	83.7400	7399090.160
1	0.5000	330.00	2	2	83.7400	7399090.160
2	1.0000	330.00	2	2	83.7400	7399090.160
3	1.5000	330.00	2	2	83.7400	7399090.160
4	2.0000	330.00	2	2	83.7400	7399090.160
5	2.5000	330.00	2	2	86.5100	7643853.170
6	3.0000	330.00	2	2	86.5100	7643853.170
7	3.5000	330.00	2	2	86.5100	7643853.170
8	4.0000	330.00	2	2	86.5100	7643853.170
9	4.5000	330.00	2	2	86.5100	7643853.170
10	5.0000	330.00	2	2	86.5100	7643853.170
11	5.5000	330.00	2	2	86.5100	7643853.170
12	6.0000	330.00	2	2	86.5100	7643853.170
13	6.5000	330.00	2	2	86.5100	7643853.170
14	7.0000	330.00	2	2	86.5100	7643853.170
15	7.5000	330.00	2	2	86.5100	7643853.170
16	8.0000	330.00	2	2	86.5100	7643853.170
17	8.5000	330.00	2	2	87.8400	7761048.970
18	9.0000	330.00	2	2	87.8400	7761048.970
19	9.5000	330.00	2	2	87.8400	7761048.970
20	10.0000	330.00	2	2	87.8400	7761048.970
21	10.5000	330.00	2	2	87.8400	7761048.970
22	11.0000	330.00	2	2	87.8400	7761048.970
23	11.5000	330.00	2	2	89.1700	7878244.780
24	12.0000	330.00	2	2	89.1700	7878244.780
25	12.5000	330.00	2	2	89.1700	7878244.780
26	13.0000	330.00	2	2	89.1700	7878244.780
27	13.5000	330.00	2	2	91.8200	8112636.390
28	14.0000	330.00	2	2	91.8200	8112636.390
29	14.5000	330.00	2	2	91.8200	8112636.390
30	15.0000	330.00	2	2	91.8200	8112636.390
31	15.5000	330.00	2	2	91.8200	8112636.390
32	16.0000	330.00	2	2	91.8200	8112636.390
33	16.5000	330.00	2	2	91.8200	8112636.390
34	17.0000	330.00	2	2	91.8200	8112636.390
35	17.5000	330.00	2	2	93.1500	8229832.190
36	18.0000	330.00	2	2	93.1500	8229832.190
37	18.5000	330.00	2	2	91.7900	8109585.520
38	19.0000	330.00	2	2	91.7900	8109585.520
39	19.5000	330.00	2	2	91.7900	8109585.520
40	20.0000	330.00	2	2	91.7900	8109585.520

41	20.5000	330.00	2	2	87.6400	7743536.320
42	21.0000	330.00	2	2	87.6400	7743536.320
43	21.5000	330.00	2	2	78.0700	6897772.540
44	22.0000	330.00	2	2	76.6900	6775868.670
45	22.5000	330.00	2	2	76.6900	6775868.670
46	23.0000	330.00	2	2	76.6900	6775868.670
47	23.5000	330.00	2	2	73.9200	6531105.670
48	24.0000	330.00	2	2	73.9200	6531105.670
49	24.5000	330.00	2	2	67.1100	5929451.070
50	25.0000	330.00	2	2	58.9100	5204714.340
51	25.5000	330.00	2	2	58.9300	5206856.750
52	26.0000	330.00	2	2	58.9300	5206856.750
53	26.5000	330.00	2	2	57.5500	5084952.890
54	27.0000	330.00	2	2	56.1600	4962093.750
55	27.5000	330.00	2	2	56.1600	4962093.750
56	28.0000	330.00	2	2	43.6800	3859621.990
57	28.5000	330.00	2	2	43.6800	3859621.990
58	29.0000	330.00	2	2	40.9200	3615777.340
59	29.5000	330.00	2	2	40.9200	3615777.340
60	30.0000	330.00	2	2	39.5400	3493873.470
61	30.5000	330.00	2	2	38.1800	3373319.560
62	31.0000	330.00	2	2	36.8000	3251415.690
63	31.5000	330.00	2	2	31.2800	2763800.220
64	32.0000	330.00	2	2	28.5400	2521305.520
65	32.5000	330.00	2	2	27.1700	2400751.600
66	33.0000	330.00	2	2	27.2100	2404243.960
67	33.5000	330.00	2	2	0.0000	0.000
68	34.0000	330.00	2	2	0.0000	0.000

### B.2.2 Avaliação de Longo Período

Orientation: EquatorNadir  
 Inclination Range: [ 18.00 18.00 ] deg  
 ARNA Range: [ 330.00 330.00 ] deg  
 Sat Planes Range: [ 2 2 ]  
 Sat per Plane Range: [ 2 2 ]  
 Number of Transmitter: 2  
 Facility Elevation Angle: 5.00 deg  
 Sensor Cone Angle: 80.00 deg  
 Simulation Period:  
 Start Time: 2009/01/27 02:00:00.000  
 Stop Time: 2009/03/28 02:00:00.000

Run	Inclinação (graus)	ARNA (graus)	Nº Planos	Nº Satélites	Cobertura (%)	Área Coberta (km)
0	18.0000	330.00	2	2	82.3800	7278843.490

Orientation: EquatorNadir  
 Inclination Range: [ 21.00 21.00 ] deg  
 ARNA Range: [ 330.00 330.00 ] deg  
 Sat Planes Range: [ 2 2 ]  
 Sat per Plane Range: [ 2 2 ]  
 Number of Transmitter: 2  
 Facility Elevation Angle: 5.00 deg

Sensor Cone Angle: 80.00 deg  
 Simulation Period:  
 Start Time: 2009/01/27 02:00:00.000  
 Stop Time: 2009/03/28 02:00:00.000

Run	Inclinação (graus)	ARNA (graus)	Nº Planos	Nº Satélites	Cobertura (%)	Área Coberta (km)
0	21.0000	330.00	2	2	49.1500	4342395.150

### B.2.2.1 Inclinação – 18 graus

#### Duração do Acesso

31 Mar 2009 10:11:36  
 FigureOfMerit-AccessDur

#### Coverage Properties

##### Custom Regions Coverage

Grid Altitude: 0.0000 (km)

Resolution: 3.0000 (deg)

Number of Points: 73

##### Assigned Assets:

Chain/South: Active

Satellite/SCD/Sensor/Transp: Active

Satellite/SCD/Sensor/Transp1: Active

Satellite/SCD12/Sensor/Transp: Active

Satellite/SCD12/Sensor/Transp1: Active

Satellite/SCD21/Sensor/Transp: Active

Satellite/SCD21/Sensor/Transp1: Active

Satellite/SCD22/Sensor/Transp: Active

Satellite/SCD22/Sensor/Transp1: Active

Access Interval: 27 Jan 2009 02:00:00.000 to 28 Mar 2009 02:00:00.000

#### FOM Properties

##### Average Access Duration

Satisfaction: Greater Than 180.000000 sec

Latitude (deg)	Minimum (sec)	Maximum (sec)	Average (sec)
-32.000	261.325	261.325	261.325
-29.000	262.499	283.541	273.020
-26.000	275.377	297.692	286.534
-22.000	233.513	305.030	273.805
-19.000	241.201	303.906	276.457
-16.000	217.556	295.686	267.490
-13.000	209.632	281.707	256.822
-9.000	142.729	272.378	228.696
-6.000	135.864	259.795	215.525
-3.000	159.976	242.805	220.889

0.000	147.978	226.297	193.959
4.000	167.283	167.283	167.283

**Tempo de Revisita**

31 Mar 2009 10:10:39

FigureOfMerit-HowIsMyCov

Coverage Properties

-----  
 Custom Regions Coverage

Grid Altitude: 0.0000 (km)

Resolution: 3.0000 (deg)

Number of Points: 73

Assigned Assets:

Chain/South: Active

Satellite/SCD/Sensor/Transp: Active

Satellite/SCD/Sensor/Transp1: Active

Satellite/SCD12/Sensor/Transp: Active

Satellite/SCD12/Sensor/Transp1: Active

Satellite/SCD21/Sensor/Transp: Active

Satellite/SCD21/Sensor/Transp1: Active

Satellite/SCD22/Sensor/Transp: Active

Satellite/SCD22/Sensor/Transp1: Active

Access Interval: 27 Jan 2009 02:00:00.000 to 28 Mar 2009 02:00:00.000

FOM Properties

-----  
 Maximum Revisit Time

Minumum number of assets required: 1

Gaps at ends of analysis interval are considered

Satisfaction: Less Than 3600.000000 sec

Latitude (deg)	Minimum (sec)	Maximum (sec)	Average (sec)
----------------	---------------	---------------	---------------

-32.000	17711.666	17711.666	17711.666
-29.000	14267.727	14388.231	14327.979
-26.000	8068.148	8068.299	8068.224
-22.000	4652.031	4733.115	4684.796
-19.000	2766.908	2909.776	2809.387
-16.000	2711.149	3012.894	2830.709
-13.000	2724.815	3049.860	2867.642
-9.000	2756.524	7920.942	3347.563
-6.000	2819.166	7925.534	3360.747
-3.000	2899.939	3094.699	2984.422
0.000	3001.234	3118.476	3031.267
4.000	9393.911	9393.911	9393.911

**B.2.2.2 Inclinação – 21 graus**

**Tempo de Acesso**

31 Mar 2009 10:49:35

FigureOfMerit-AccessDur

Coverage Properties

-----  
Custom Regions Coverage

Grid Altitude: 0.0000 (km)

Resolution: 3.0000 (deg)

Number of Points: 73

Assigned Assets:

Chain/South: Active

Satellite/SCD/Sensor/Transp: Active

Satellite/SCD/Sensor/Transp1: Active

Satellite/SCD12/Sensor/Transp: Active

Satellite/SCD12/Sensor/Transp1: Active

Satellite/SCD21/Sensor/Transp: Active

Satellite/SCD21/Sensor/Transp1: Active

Satellite/SCD22/Sensor/Transp: Active

Satellite/SCD22/Sensor/Transp1: Active

Access Interval: 27 Jan 2009 02:00:00.000 to 28 Mar 2009 02:00:00.000

FOM Properties

-----  
Average Access Duration

Satisfaction: Greater Than 180.000000 sec

Latitude (deg) Minimum (sec) Maximum (sec) Average (sec)

Latitude (deg)	Minimum (sec)	Maximum (sec)	Average (sec)
-32.000	257.988	257.988	257.988
-29.000	252.945	275.178	264.062
-26.000	265.111	286.999	276.055
-22.000	214.340	296.962	260.807
-19.000	220.793	298.552	264.036
-16.000	199.811	292.538	256.442
-13.000	194.342	280.378	246.940
-9.000	133.027	268.391	218.587
-6.000	126.007	251.728	205.339
-3.000	145.808	232.470	208.425
0.000	138.348	210.248	178.323
4.000	181.284	181.284	181.284

**Tempo de Revisita**

31 Mar 2009 10:49:02

FigureOfMerit-HowIsMyCov

Coverage Properties

-----  
Custom Regions Coverage

Grid Altitude: 0.0000 (km)

Resolution: 3.0000 (deg)

Number of Points: 73

Assigned Assets:

Chain/South: Active

Satellite/SCD/Sensor/Transp: Active

Satellite/SCD/Sensor/Transp1: Active

Satellite/SCD12/Sensor/Transp: Active  
 Satellite/SCD12/Sensor/Transp1: Active  
 Satellite/SCD21/Sensor/Transp: Active  
 Satellite/SCD21/Sensor/Transp1: Active  
 Satellite/SCD22/Sensor/Transp: Active  
 Satellite/SCD22/Sensor/Transp1: Active  
 Access Interval: 27 Jan 2009 02:00:00.000 to 28 Mar 2009 02:00:00.000

#### FOM Properties

-----  
 Maximum Revisit Time  
 Minimum number of assets required: 1  
 Gaps at ends of analysis interval are considered  
 Satisfaction: Less Than 3600.000000 sec

Latitude (deg)	Minimum (sec)	Maximum (sec)	Average (sec)
-32.000	14549.825	14549.825	14549.825
-29.000	11249.364	11251.577	11250.471
-26.000	8075.904	8076.213	8076.058
-22.000	2963.066	3020.534	2983.404
-19.000	2782.642	2989.883	2861.205
-16.000	2767.981	3092.858	2892.659
-13.000	2807.520	3163.375	2942.375
-9.000	2858.828	6695.812	3478.150
-6.000	5929.928	12962.485	6911.430
-3.000	9158.892	12509.446	9546.725
0.000	12510.193	12570.573	12521.984
4.000	19223.966	19223.966	19223.966

### B.3 Apontamento Nadir (Gradiente)

#### B.3.1 Varredura da Inclinação

Orientation: Grad  
 Inclination Range: [ 0.00 34.00 ] deg  
 ARNA Range: [ 50.00 50.00 ] deg  
 Sat Planes Range: [ 2 2 ]  
 Sat per Plane Range: [ 2 2 ]  
 Number of Transmitter: 1  
 Facility Elevation Angle: 5.00 deg  
 Sensor Cone Angle: 80.00 deg  
 Simulation Period:  
 Start Time: 2009/01/27 02:00:00.000  
 Stop Time: 2009/01/28 02:00:00.000

Run	Inclinação (graus)	ARNA (graus)	N° Planos	N° Satélites	Cobertura (%)	Área Coberta (km)
0	0.0000	50.00	2	2	86.5100	7643853.170
1	0.5000	50.00	2	2	86.5100	7643853.170
2	1.0000	50.00	2	2	86.5100	7643853.170
3	1.5000	50.00	2	2	86.5100	7643853.170

4	2.0000	50.00	2	2	86.5100	7643853.170
5	2.5000	50.00	2	2	86.5100	7643853.170
6	3.0000	50.00	2	2	86.5100	7643853.170
7	3.5000	50.00	2	2	86.5100	7643853.170
8	4.0000	50.00	2	2	86.5100	7643853.170
9	4.5000	50.00	2	2	86.5100	7643853.170
10	5.0000	50.00	2	2	86.5100	7643853.170
11	5.5000	50.00	2	2	86.5100	7643853.170
12	6.0000	50.00	2	2	86.5100	7643853.170
13	6.5000	50.00	2	2	86.5100	7643853.170
14	7.0000	50.00	2	2	86.5100	7643853.170
15	7.5000	50.00	2	2	87.8400	7761048.970
16	8.0000	50.00	2	2	87.8400	7761048.970
17	8.5000	50.00	2	2	87.8400	7761048.970
18	9.0000	50.00	2	2	87.8400	7761048.970
19	9.5000	50.00	2	2	87.8400	7761048.970
20	10.0000	50.00	2	2	87.8400	7761048.970
21	10.5000	50.00	2	2	87.8400	7761048.970
22	11.0000	50.00	2	2	87.8400	7761048.970
23	11.5000	50.00	2	2	87.8400	7761048.970
24	12.0000	50.00	2	2	89.1700	7878244.780
25	12.5000	50.00	2	2	89.1700	7878244.780
26	13.0000	50.00	2	2	89.1700	7878244.780
27	13.5000	50.00	2	2	89.1700	7878244.780
28	14.0000	50.00	2	2	90.4900	7995440.580
29	14.5000	50.00	2	2	90.4900	7995440.580
30	15.0000	50.00	2	2	91.8200	8112636.390
31	15.5000	50.00	2	2	93.1500	8229832.190
32	16.0000	50.00	2	2	93.1500	8229832.190
33	16.5000	50.00	2	2	93.1500	8229832.190
34	17.0000	50.00	2	2	93.1500	8229832.190
35	17.5000	50.00	2	2	93.1500	8229832.190
36	18.0000	50.00	2	2	93.1500	8229832.190
37	18.5000	50.00	2	2	91.7900	8109585.520
38	19.0000	50.00	2	2	91.7900	8109585.520
39	19.5000	50.00	2	2	91.7900	8109585.520
40	20.0000	50.00	2	2	91.7900	8109585.520
41	20.5000	50.00	2	2	91.7900	8109585.520
42	21.0000	50.00	2	2	91.7900	8109585.520
43	21.5000	50.00	2	2	91.7900	8109585.520
44	22.0000	50.00	2	2	83.6000	7386680.880
45	22.5000	50.00	2	2	83.6000	7386680.880
46	23.0000	50.00	2	2	83.6000	7386680.880
47	23.5000	50.00	2	2	83.6000	7386680.880
48	24.0000	50.00	2	2	83.6000	7386680.880
49	24.5000	50.00	2	2	83.6000	7386680.880
50	25.0000	50.00	2	2	69.9800	6183371.690
51	25.5000	50.00	2	2	69.9800	6183371.690
52	26.0000	50.00	2	2	69.9800	6183371.690
53	26.5000	50.00	2	2	69.9800	6183371.690
54	27.0000	50.00	2	2	69.9800	6183371.690
55	27.5000	50.00	2	2	68.5900	6060512.550
56	28.0000	50.00	2	2	67.2000	5937653.410
57	28.5000	50.00	2	2	51.9100	4586202.880
58	29.0000	50.00	2	2	51.9100	4586202.880

59	29.5000	50.00	2	2	51.9100	4586202.880
60	30.0000	50.00	2	2	51.9100	4586202.880
61	30.5000	50.00	2	2	51.9100	4586202.880
62	31.0000	50.00	2	2	47.7700	4220491.280
63	31.5000	50.00	2	2	35.3500	3123356.470
64	32.0000	50.00	2	2	35.3500	3123356.470
65	32.5000	50.00	2	2	33.9900	3002802.550
66	33.0000	50.00	2	2	32.6200	2882248.630
67	33.5000	50.00	2	2	32.6600	2885740.990
68	34.0000	50.00	2	2	0.0000	0.000

### B.3.2 Avaliação de Longo Período

Orientation: Grad  
 Inclination Range: [ 18.00 18.00 ] deg  
 ARNA Range: [ 50.00 50.00 ] deg  
 Sat Planes Range: [ 2 2 ]  
 Sat per Plane Range: [ 2 2 ]  
 Number of Transmitter: 1  
 Facility Elevation Angle: 5.00 deg  
 Sensor Cone Angle: 80.00 deg  
 Simulation Period:  
 Start Time: 2009/01/27 02:00:00.000  
 Stop Time: 2009/03/28 02:00:00.000

Run	Inclinação (graus)	ARNA (graus)	N° Planos	N° Satélites	Cobertura (%)	Área Coberta (km)
0	18.0000	50.00	2	2	87.8400	7761048.970

Orientation: Grad  
 Inclination Range: [ 24.00 24.00 ] deg  
 ARNA Range: [ 50.00 50.00 ] deg  
 Sat Planes Range: [ 2 2 ]  
 Sat per Plane Range: [ 2 2 ]  
 Number of Transmitter: 1  
 Facility Elevation Angle: 5.00 deg  
 Sensor Cone Angle: 80.00 deg  
 Simulation Period:  
 Start Time: 2009/01/27 02:00:00.000  
 Stop Time: 2009/03/28 02:00:00.000

Run	Inclinação (graus)	ARNA (graus)	N° Planos	N° Satélites	Cobertura (%)	Área Coberta (km)
0	24.0000	50.00	2	2	83.6000	7386680.880

### B.3.2.1 Inclinação 18 graus

#### Tempo de Acesso

02 Apr 2009 04:55:03

FigureOfMerit-AccessDur

#### Coverage Properties

-----  
Custom Regions Coverage

Grid Altitude: 0.0000 (km)

Resolution: 3.0000 (deg)

Number of Points: 73

Assigned Assets:

Chain/South: Active

Satellite/SCD/Sensor/Transp: Active

Satellite/SCD12/Sensor/Transp: Active

Satellite/SCD21/Sensor/Transp: Active

Satellite/SCD22/Sensor/Transp: Active

Access Interval: 27 Jan 2009 02:00:00.000 to 28 Mar 2009 02:00:00.000

#### FOM Properties

-----  
Average Access Duration

Satisfaction: Greater Than 180.000000 sec

Latitude (deg)	Minimum (sec)	Maximum (sec)	Average (sec)
----------------	---------------	---------------	---------------

-32.000	486.767	486.767	486.767
-29.000	523.237	546.766	535.001
-26.000	562.690	586.787	574.739
-22.000	516.010	611.272	575.000
-19.000	537.695	633.995	595.120
-16.000	506.105	643.447	585.478
-13.000	482.741	634.743	565.459
-9.000	337.581	616.830	510.505
-6.000	319.796	590.297	484.533
-3.000	363.431	586.645	500.378
0.000	337.445	531.861	440.842
4.000	370.375	370.375	370.375

#### Tempo de Revisita

02 Apr 2009 04:55:30

FigureOfMerit-HowIsMyCov

#### Coverage Properties

-----  
Custom Regions Coverage

Grid Altitude: 0.0000 (km)

Resolution: 3.0000 (deg)

Number of Points: 73

Assigned Assets:

Chain/South: Active

Satellite/SCD/Sensor/Transp: Active

Satellite/SCD12/Sensor/Transp: Active  
 Satellite/SCD21/Sensor/Transp: Active  
 Satellite/SCD22/Sensor/Transp: Active  
 Access Interval: 27 Jan 2009 02:00:00.000 to 28 Mar 2009 02:00:00.000

FOM Properties

-----  
 Maximum Revisit Time  
 Minimum number of assets required: 1  
 Gaps at ends of analysis interval are considered  
 Satisfaction: Less Than 3600.000000 sec

Latitude (deg)	Minimum (sec)	Maximum (sec)	Average (sec)
-32.000	17598.831	17598.831	17598.831
-29.000	14268.245	14268.271	14268.258
-26.000	7899.088	7899.429	7899.258
-22.000	2944.794	4604.114	4271.982
-19.000	2589.554	2677.967	2624.020
-16.000	2518.596	2734.654	2608.156
-13.000	2517.963	2764.163	2616.052
-9.000	2517.963	2811.206	2661.965
-6.000	2549.553	2870.847	2706.719
-3.000	2641.558	2828.391	2716.589
0.000	2781.875	2867.322	2801.903
4.000	3067.890	3067.890	3067.890

**B.3.2.2 Inclinação 24 graus**

**Tempo de Acesso**  
 02 Apr 2009 05:24:16  
 FigureOfMerit-AccessDur

Coverage Properties

-----  
 Custom Regions Coverage  
 Grid Altitude: 0.0000 (km)  
 Resolution: 3.0000 (deg)  
 Number of Points: 73  
 Assigned Assets:  
 Chain/South: Active  
 Satellite/SCD/Sensor/Transp: Active  
 Satellite/SCD12/Sensor/Transp: Active  
 Satellite/SCD21/Sensor/Transp: Active  
 Satellite/SCD22/Sensor/Transp: Active  
 Access Interval: 27 Jan 2009 02:00:00.000 to 28 Mar 2009 02:00:00.000

FOM Properties

-----  
 Average Access Duration  
 Satisfaction: Greater Than 180.000000 sec

Latitude (deg)	Minimum (sec)	Maximum (sec)	Average (sec)
-32.000	514.197	514.197	514.197
-29.000	523.871	541.752	532.811
-26.000	552.587	565.536	559.061
-22.000	486.346	585.095	549.174
-19.000	502.643	605.728	565.698
-16.000	464.133	613.493	555.611
-13.000	450.546	601.632	542.642
-9.000	335.001	588.112	493.481
-6.000	305.741	566.325	463.285
-3.000	339.917	523.740	453.129
0.000	327.250	508.197	423.107
4.000	391.583	391.583	391.583

**Tempo de Revisita**

02 Apr 2009 05:24:56

FigureOfMerit-HowIsMyCov

Coverage Properties

-----  
 Custom Regions Coverage

Grid Altitude: 0.0000 (km)

Resolution: 3.0000 (deg)

Number of Points: 73

Assigned Assets:

Chain/South: Active

Satellite/SCD/Sensor/Transp: Active

Satellite/SCD12/Sensor/Transp: Active

Satellite/SCD21/Sensor/Transp: Active

Satellite/SCD22/Sensor/Transp: Active

Access Interval: 27 Jan 2009 02:00:00.000 to 28 Mar 2009 02:00:00.000

FOM Properties

-----  
 Maximum Revisit Time

Minumum number of assets required: 1

Gaps at ends of analysis interval are considered

Satisfaction: Less Than 3600.000000 sec

Latitude (deg)	Minimum (sec)	Maximum (sec)	Average (sec)
-32.000	14329.154	14329.154	14329.154
-29.000	8069.505	8081.009	8075.257
-26.000	4808.070	4812.812	4810.441
-22.000	2754.561	2769.053	2757.862
-19.000	2627.838	2755.584	2673.189
-16.000	2627.838	2828.899	2697.896
-13.000	2627.838	2876.967	2719.962
-9.000	2640.803	2921.032	2781.900
-6.000	2754.600	3034.304	2866.696
-3.000	2994.873	3066.848	3005.225
0.000	15843.099	15844.952	15844.158
4.000	20933.823	20933.823	20933.823

**APÊNDICE C: STAKEHOLDERS DO SISTEMA BRASILEIRO DE COLETA DE DADOS**

A Tabela C.1 apresenta os principais *stakeholders* do SBCD.

Tabela C.1 – *Stakeholders* do SBCD.

Fonte: Adaptado de Yamaguti; et al. (2006).

	<b>USUÁRIO/SIGLA</b>	<b>USUÁRIO/DESCRIÇÃO</b>	<b>UF/PAÍS</b>
1	ALBRAS	Alumínio Brasileiro S/A	PA
2	ANA	Agência Nacional de Águas	DF
3	ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica	DF
4	BUNGE-ARAXÁ	Bunge Fertilizantes (Fertilizantes Serrana)	MG
5	CAMPBELL	Campbell Scientific do Brasil (Fornecedor de PCDs)	SP
6	CDSA	Centrais Elétricas Cachoeira Dourada	GO
7	CEIVAP	Comitê para Integração da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul	RJ
8	CELG	Companhia Energética de Goiás	GO
9	CEMIG	Companhia Energética de Minas Gerais	MG
10	CEPEL	Centro de Pesquisas de Energia Elétrica	RJ
11	CEPLAC	Centro de Pesquisas do Cacau	BA
12	CESP	Usina Hidroelétrica de Paraibuna	SP
13	CETEC	Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais	MG
14	CETESB	Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental	SP
15	CHESF	Companhia Hidroelétrica do São Francisco	PE
16	CLIMERH EPAGRI	CLIMERH - Centro Integrado de Meteorologia e Recursos Hídricos de SC EPAGRI - Empresa de Pesquisa Agr. e Ext. Rural de SC	SC
17	CLS-ARGOS	Collecte Localization Satellites	França
18	COGERH	Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos	CE
19	DAEE	Departamento de Águas e Energia do Estado de São Paulo	SP
20	DHN	Centro de Hidrografia da Marinha	RJ
21	EAFB	Escola Agrotécnica Federal de Barbacena	MG
22	E AFC	Escola Agrotécnica Federal de Ceres	GO
23	EAFM	Escola Agrotécnica Federal de Machado	MG
24	ELN	Centrais Elétricas do Norte do Brasil S/A	DF
25	EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária	SP
26	EMPARN	Empresa de Pesquisa Agropecuária do RN	RN
27	EPAMIG	Empresa de Pesquisa Agropecuária de MG	MG

	<b>USUÁRIO/SIGLA</b>	<b>USUÁRIO/DESCRIÇÃO</b>	<b>UF/PAÍS</b>
28	FECI	Faculdade de Engenharia Civil de Itajubá	MG
29	FUNCEME	Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos	CE
30	FUNEC	Fundação Educacional de Caratinga	MG
31	FURNAS	FURNAS Centrais Elétricas S.A.	RJ
32	GR	GR Engenharia de Controle Ambiental S/C Ltda.	SP
33	HEXIS	HEXIS Científica (Fornec. de Sondas de Qualidade d'água)	SP
34	HOBECO	HOBECO (Fornecedor de Sensores para PCDs)	RJ
35	IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis	DF
36	IBT	Instituto Barretos de Tecnologia	SP
37	IEMA	Instituto de Ecologia e Meio Ambiente do Distrito Federal	DF
38	IEPA	Inst. de Pesq. Científicas e Tecnol. do Estado do Amapá	AP
39	IGAM-SIMGE	Instituto Mineiro de Gestão das Águas Sistema Meteorológico do Estado de Minas Gerais	MG
40	INCAPER	Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural	ES
41	INMET	Instituto Nacional de Meteorologia	DF
42	INPE-BÓIAS	Bóias Oceânicas do PNBÓIAS e PIRATA	SP
43	INPE-CPTEC	Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos	SP
44	INPE-CRN	Centro Regional de Natal - INPE-CRN	RN
45	INPE-DSR 1	Localização de Animais	SP
46	INPE-DSR 2	Marégrafos	SP
47	INPE-MARSP	Monitoramento Ambiental do Eixo Rio-São Paulo	SP
48	INPE-OES	Unidade Regional Sul de Pesquisas Espaciais	RS
49	INPE-QUIAT	Laboratório de Ozônio do INPE	SP
50	IOUSP	Instituto Oceanográfico da USP	SP
51	IPA	Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária	PE
52	IPT	Instituto de Pesquisas Tecnológicas	SP
53	JAAKKO POYRY	JAAKKO POYRY Engenharia Ltda.	SP
54	LBA	Experimento de Grande Escala da Biosfera-Atmosfera na Amazônia	SP
55	LIGHT	Usina Hidroelétrica de Santa Branca	SP
56	LUNUS	LUNUS Comércio e Representação (Representante de Empresas de Componentes para PCDs)	SP
57	MCT-PMTCRH	Progr. de Monit. de Tempo, Clima e Recursos Hídricos	DF
58	ME	Manaus Energia S/A	AM
59	MRN	Mineração Rio do Norte	PA

	<b>USUÁRIO/SIGLA</b>	<b>USUÁRIO/DESCRIÇÃO</b>	<b>UF/PAÍS</b>
60	NEMET	UNITINS - Universidade do Tocantins	TO
61	NEURON	NEURON (integrador de Bóias Oceânicas)	SP
62	PAINEIRAS	Comercial e Agrícola Paineiras Ltda.	MA
63	PM BARRETOS	Prefeitura Municipal de Barretos	SP
64	PM CAMPOS DO JORDÃO	Prefeitura Municipal de Campos do Jordão	SP
65	PM CARAGUATATUBA	Prefeitura Municipal Caraguatatuba	SP
66	PM CRUZEIRO	Prefeitura Municipal de Cruzeiro	SP
67	PM CUNHA	Prefeitura Municipal de Cunha	SP
68	PM GUARATINGUETÁ	Prefeitura Municipal de Guaratinguetá	SP
69	PM IPATINGA	Prefeitura Municipal de Ipatinga	MG
70	PM MONTEIRO LOBATO	Prefeitura Municipal de Monteiro Lobato	SP
71	PM PARAIBUNA	Prefeitura Municipal de Paraibuna	SP
72	PM Queluz	Prefeitura Municipal de Queluz	SP
73	PM SÃO JOSÉ DO BARREIRO	Prefeitura Municipal de S.J. Barreiro	SP
74	PM SILVEIRAS	Prefeitura Municipal de Silveiras	SP
75	SABESP	Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo	SP
76	SECTAM	Secretaria Executiva de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente do Estado do Pará	PA
77	SECTEC-SIMEGO	Secretaria de Ciência e Tecnologia de Goiás Sistema de Hidrologia e Meteorologia de Goiás	GO
78	SEDAM	Secretaria de Estado do Desenvolvimento Ambiental de Rondônia	RO
79	SEMARH-LMRS	Secretaria Extraordinária do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e Minerais Laboratório de Meteorologia, Recursos Hídricos e Sensoriamento Remoto da Paraíba	PB
80	SENAMHI - BOLIVIA	Servicio Nacional de Meterologia e Hidrologia da Bolívia	BOLÍVIA
81	SERHIA	Secretaria de Estado de Recursos Hídricos e Irrigação do Estado de Alagoas	AL
82	SIMEPAR	Sistema Meteorológico do Paraná	PR
83	SIMERJ	Sistema de Meteorologia do Estado do Rio de Janeiro	RJ
84	SIVAM	Sistema de Vigilância da Amazônia	DF
85	SQUITTER	Squitter Electronics (Fornecedor de PCDs)	SP
86	SRH-BA	Secretaria de Recursos Hídricos do Estado da Bahia	BA
87	SRH-PE	Secretaria de Recursos Hídricos do Estado de Pernambuco	PE

	<b>USUÁRIO/SIGLA</b>	<b>USUÁRIO/DESCRIÇÃO</b>	<b>UF/PAÍS</b>
88	SUTRON	SUTRON Corporation Fornecedor de PCDs)	PR
89	UEMA-NEMRH	Secretaria de Estado da Ciência e Tecnologia Universidade Estadual do Maranhão	MA
90	UFB	Universidade Federal da Bahia	BA
91	UFC	Universidade Federal do Ceará	CE
92	UFLA	Universidade Federal de Lavras	MG
93	UFPE	Universidade Federal de Pernambuco	PE
94	UFRJ – LABPV	Universidade Federal do Rio de Janeiro	RJ
95	UFRJ – LAMCE	Universidade Federal do Rio de Janeiro	RJ
96	UFSC	Universidade Federal de Santa Catarina	SC
97	UFSM	Universidade Federal de Santa Maria	RG
98	UFV	Universidade Federal de Viçosa	MG
99	UNAERP	Universidade Estadual de Ribeirão Preto	SP
100	UNESP-FEG	Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá	SP
101	UNICAMP	Universidade Estadual de Campinas	SP
102	UNIFEI	Universidade Federal de Itajubá (EFEI)	MG
103	VAISALA-HANDAR	Simtech-Vaisala-Handar (Fornecedor de PCDs)	RJ
104	XINGÓ	Projeto Xingó	AL
105	CBH-PS	Comitê da Bacia Hidrográfica do Paraíba do Sul	SP
106	FEMSA	Cervejaria Brasil (Kaiser de Jacareí)	SP
107	BASF	Indústria BASF de Guaratinguetá	SP

## APÊNDICE D: SIMULAÇÃO CONSIDERANDO NOVAS ESTAÇÕES TERRENAS DE RECEPÇÃO

Como uma sugestão para continuidade de trabalhos futuros, simulou-se para o Segmento Espacial a inclusão de novas estações de recepção, localizadas em:

- **São Pedro -SP**  
Latitude-22° 32' 55"  
Longitude -47° 54' 50"
- **Ilha de Trindade - ES**  
Latitude:-20° 31' 30"  
Longitude:-29° 19' 30"
- **Manaus - AM**  
Latitude: -03° 06' 07"  
Longitude: -60° 01' 30"

Esta simulação fornece subsídios para a continuidade de um estudo sobre a atualização do Segmento Solo do SBCD, já iniciada por Wilson Yamaguti.

\*\*\*\*\*NovaEstacaoNorteRep.doc \*\*\*\*\*

Orientation: North  
Inclination Range: [ 20.00 30.00 ] deg  
ARNA Range: [ 0.00 360.00 ] deg  
Sat Planes Range: [ 1 3 ]  
Sat per Plane Range: [ 1 3 ]  
Number of Transmitter: 2  
Facility Elevation Angle: 5.00 deg  
Simulation Period:  
Start Time: 2011/03/15 02:00:00.000  
Stop Time: 2011/04/14 02:00:00.000  
STK Version: STK v6.1

Report Generated by AdeCoverageReport in: 15-Mar-2011 22:15:05

\*\*\*\*\*

Run	Inclinação (graus)	ARNA (graus)	Nº Planos	Nº Satélites	Cobertura (%)	Área Coberta (km)
0	20.0000	0.00	1	1	0.0000	0.000
1	20.0000	0.00	1	2	0.0000	0.000
2	20.0000	0.00	1	3	0.0000	0.000
3	20.0000	0.00	2	1	0.0000	0.000
4	20.0000	0.00	2	2	85.1539	7523606.492
5	20.0000	0.00	2	3	85.1539	7523606.492
6	20.0000	0.00	3	1	9.5335	842316.431
7	20.0000	0.00	3	2	86.5149	7643853.169
8	20.0000	0.00	3	3	86.5149	7643853.169
9	20.0000	10.00	1	1	0.0000	0.000
10	20.0000	10.00	1	2	0.0000	0.000
11	20.0000	10.00	1	3	0.0000	0.000
12	20.0000	10.00	2	1	0.0000	0.000
13	20.0000	10.00	2	2	85.1539	7523606.492
14	20.0000	10.00	2	3	85.1539	7523606.492
15	20.0000	10.00	3	1	9.5335	842316.431
16	20.0000	10.00	3	2	86.5149	7643853.169
17	20.0000	10.00	3	3	86.5149	7643853.169
18	20.0000	20.00	1	1	0.0000	0.000
19	20.0000	20.00	1	2	0.0000	.000
20	20.0000	20.00	1	3	0.0000	0.000
21	20.0000	20.00	2	1	0.0000	0.000
22	20.0000	20.00	2	2	85.1539	7523606.492
23	20.0000	20.00	2	3	85.1539	7523606.492
24	20.0000	20.00	3	1	9.5335	842316.431
25	20.0000	20.00	3	2	86.5149	7643853.169
26	20.0000	20.00	3	3	86.5149	7643853.169
27	20.0000	30.00	1	1	0.0000	0.000
28	20.0000	30.00	1	2	0.0000	0.000
29	20.0000	30.00	1	3	0.0000	0.000
30	20.0000	30.00	2	1	0.0000	0.000
31	20.0000	30.00	2	2	85.1539	7523606.492
32	20.0000	30.00	2	3	85.1539	7523606.492
33	20.0000	30.00	3	1	9.5335	842316.431
34	20.0000	30.00	3	2	86.5149	7643853.169
35	20.0000	30.00	3	3	86.5149	7643853.169
36	20.0000	40.00	1	1	0.0000	0.000
37	20.0000	40.00	1	2	0.0000	0.000
38	20.0000	40.00	1	3	0.0000	0.000
39	20.0000	40.00	2	1	0.0000	0.000
40	20.0000	40.00	2	2	85.1539	7523606.492
41	20.0000	40.00	2	3	85.1539	7523606.492
42	20.0000	40.00	3	1	9.5335	842316.431
43	20.0000	40.00	3	2	86.5149	7643853.169
44	20.0000	40.00	3	3	86.5149	7643853.169
45	20.0000	50.00	1	1	0.0000	0.000
46	20.0000	50.00	1	2	0.0000	0.000
47	20.0000	50.00	1	3	0.0000	0.000
48	20.0000	50.00	2	1	0.0000	0.000
49	20.0000	50.00	2	2	85.1539	7523606.492
50	20.0000	50.00	2	3	85.1539	7523606.492
51	20.0000	50.00	3	1	9.5335	842316.431

Run	Inclinação (graus)	ARNA (graus)	N° Planos	N° Satélites	Cobertura (%)	Área Coberta (km)
52	20.0000	50.00	3	2	86.5149	7643853.169
53	20.0000	50.00	3	3	86.5149	7643853.169
54	20.0000	60.00	1	1	0.0000	0.000
55	20.0000	60.00	1	2	0.0000	0.000
56	20.0000	60.00	1	3	0.0000	0.000
57	20.0000	60.00	2	1	0.0000	0.000
58	20.0000	60.00	2	2	85.1539	7523606.492
59	20.0000	60.00	2	3	85.1539	7523606.492
60	20.0000	60.00	3	1	9.5335	842316.431
61	20.0000	60.00	3	2	86.5149	7643853.169
62	20.0000	60.00	3	3	86.5149	7643853.169
63	20.0000	70.00	1	1	0.0000	0.000
64	20.0000	70.00	1	2	0.0000	0.000
65	20.0000	70.00	1	3	0.0000	0.000
66	20.0000	70.00	2	1	0.0000	0.000
67	20.0000	70.00	2	2	85.1539	7523606.492
68	20.0000	70.00	2	3	85.1539	7523606.492
69	20.0000	70.00	3	1	9.5335	842316.431
70	20.0000	70.00	3	2	86.5149	7643853.169
71	20.0000	70.00	3	3	86.5149	7643853.169
72	20.0000	80.00	1	1	0.0000	0.000
73	20.0000	80.00	1	2	0.0000	0.000
74	20.0000	80.00	1	3	0.0000	0.000
75	20.0000	80.00	2	1	0.0000	0.000
76	20.0000	80.00	2	2	85.1539	7523606.492
77	20.0000	80.00	2	3	85.1539	7523606.492
78	20.0000	80.00	3	1	9.5335	842316.431
79	20.0000	80.00	3	2	86.5149	7643853.169
80	20.0000	80.00	3	3	86.5149	7643853.169
81	20.0000	90.00	1	1	0.0000	0.000
82	20.0000	90.00	1	2	0.0000	0.000
83	20.0000	90.00	1	3	0.0000	0.000
84	20.0000	90.00	2	1	0.0000	0.000
85	20.0000	90.00	2	2	85.1539	7523606.492
86	20.0000	90.00	2	3	85.1539	7523606.492
87	20.0000	90.00	3	1	9.5335	842316.431
88	20.0000	90.00	3	2	86.5149	7643853.169
89	20.0000	90.00	3	3	86.5149	7643853.169
90	20.0000	100.00	1	1	0.0000	0.000
91	20.0000	100.00	1	2	0.0000	0.000
92	20.0000	100.00	1	3	0.0000	0.000
93	20.0000	100.00	2	1	0.0000	0.000
94	20.0000	100.00	2	2	85.1539	7523606.492
95	20.0000	100.00	2	3	85.1539	7523606.492
96	20.0000	100.00	3	1	9.5335	842316.431
97	20.0000	100.00	3	2	86.5149	7643853.169
98	20.0000	100.00	3	3	86.5149	7643853.169
99	20.0000	110.00	1	1	0.0000	0.000
100	20.0000	110.00	1	2	0.0000	0.000
101	20.0000	110.00	1	3	0.0000	0.000
102	20.0000	110.00	2	1	0.0000	0.000
103	20.0000	110.00	2	2	85.1539	7523606.492

Run	Inclinação (graus)	ARNA (graus)	Nº Planos	Nº Satélites	Cobertura (%)	Área Coberta (km)
104	20.0000	110.00	2	3	85.1539	7523606.492
105	20.0000	110.00	3	1	9.5335	842316.431
106	20.0000	110.00	3	2	86.5149	7643853.169
107	20.0000	110.00	3	3	86.5149	7643853.169
108	20.0000	120.00	1	1	0.0000	0.000
109	20.0000	120.00	1	2	0.0000	0.000
110	20.0000	120.00	1	3	0.0000	0.000
111	20.0000	120.00	2	1	0.0000	0.000
112	20.0000	120.00	2	2	85.1539	7523606.492
113	20.0000	120.00	2	3	85.1539	7523606.492
114	20.0000	120.00	3	1	9.5335	842316.431
115	20.0000	120.00	3	2	86.5149	7643853.169
116	20.0000	120.00	3	3	86.5149	7643853.169
117	20.0000	130.00	1	1	0.0000	0.000
118	20.0000	130.00	1	2	0.0000	0.000
119	20.0000	130.00	1	3	0.0000	0.000
120	20.0000	130.00	2	1	0.0000	0.000
121	20.0000	130.00	2	2	85.1539	7523606.492
122	20.0000	130.00	2	3	85.1539	7523606.492
123	20.0000	130.00	3	1	9.5335	842316.431
124	20.0000	130.00	3	2	86.5149	7643853.169
125	20.0000	130.00	3	3	86.5149	7643853.169
126	20.0000	140.00	1	1	0.0000	0.000
127	20.0000	140.00	1	2	0.0000	0.000
128	20.0000	140.00	1	3	0.0000	0.000
129	20.0000	140.00	2	1	0.0000	0.000
130	20.0000	140.00	2	2	85.1539	7523606.492
131	20.0000	140.00	2	3	85.1539	7523606.492
132	20.0000	140.00	3	1	9.5335	842316.431
133	20.0000	140.00	3	2	86.5149	7643853.169
134	20.0000	140.00	3	3	86.5149	7643853.169
135	20.0000	150.00	1	1	0.0000	0.000
136	20.0000	150.00	1	2	0.0000	0.000
137	20.0000	150.00	1	3	0.0000	0.000
138	20.0000	150.00	2	1	0.0000	0.000
139	20.0000	150.00	2	2	85.1539	7523606.492
140	20.0000	150.00	2	3	85.1539	7523606.492
141	20.0000	150.00	3	1	9.5335	842316.431
142	20.0000	150.00	3	2	86.5149	7643853.169
143	20.0000	150.00	3	3	86.5149	7643853.169
144	20.0000	160.00	1	1	0.0000	0.000
145	20.0000	160.00	1	2	0.0000	0.000
146	20.0000	160.00	1	3	0.0000	0.000
147	20.0000	160.00	2	1	0.0000	0.000
148	20.0000	160.00	2	2	85.1539	7523606.492
149	20.0000	160.00	2	3	85.1539	7523606.492
150	20.0000	160.00	3	1	9.5335	842316.431
151	20.0000	160.00	3	2	86.5149	7643853.169
152	20.0000	160.00	3	3	86.5149	7643853.169
153	20.0000	170.00	1	1	0.0000	0.000
154	20.0000	170.00	1	2	0.0000	0.000
155	20.0000	170.00	1	3	0.0000	0.000

Run	Inclinação (graus)	ARNA (graus)	Nº Planos	Nº Satélites	Cobertura (%)	Área Coberta (km)
156	20.0000	170.00	2	1	0.0000	0.000
157	20.0000	170.00	2	2	85.1539	7523606.492
158	20.0000	170.00	2	3	85.1539	7523606.492
159	20.0000	170.00	3	1	9.5335	842316.431
160	20.0000	170.00	3	2	86.5149	7643853.169
161	20.0000	170.00	3	3	86.5149	7643853.169
162	20.0000	180.00	1	1	0.0000	0.000
163	20.0000	180.00	1	2	0.0000	0.000
164	20.0000	180.00	1	3	0.0000	0.000
165	20.0000	180.00	2	1	0.0000	0.000
166	20.0000	180.00	2	2	85.1539	7523606.492
167	20.0000	180.00	2	3	85.1539	7523606.492
168	20.0000	180.00	3	1	9.5335	842316.431
169	20.0000	180.00	3	2	86.5149	7643853.169
170	20.0000	180.00	3	3	86.5149	7643853.169
171	20.0000	190.00	1	1	0.0000	0.000
172	20.0000	190.00	1	2	0.0000	0.000
173	20.0000	190.00	1	3	0.0000	0.000
174	20.0000	190.00	2	1	0.0000	0.000
175	20.0000	190.00	2	2	85.1539	7523606.492
176	20.0000	190.00	2	3	85.1539	7523606.492
177	20.0000	190.00	3	1	9.5335	842316.431
178	20.0000	190.00	3	2	86.5149	7643853.169
179	20.0000	190.00	3	3	86.5149	7643853.169
180	20.0000	200.00	1	1	0.0000	0.000
181	20.0000	200.00	1	2	0.0000	0.000
182	20.0000	200.00	1	3	0.0000	0.000
183	20.0000	200.00	2	1	0.0000	0.000
184	20.0000	200.00	2	2	85.1539	7523606.492
185	20.0000	200.00	2	3	85.1539	7523606.492
186	20.0000	200.00	3	1	9.5335	842316.431
187	20.0000	200.00	3	2	86.5149	7643853.169
188	20.0000	200.00	3	3	86.5149	7643853.169
189	20.0000	210.00	1	1	0.0000	0.000
190	20.0000	210.00	1	2	0.0000	0.000
191	20.0000	210.00	1	3	0.0000	0.000
192	20.0000	210.00	2	1	0.0000	0.000
193	20.0000	210.00	2	2	85.1539	7523606.492
194	20.0000	210.00	2	3	85.1539	7523606.492
195	20.0000	210.00	3	1	9.5335	842316.431
196	20.0000	210.00	3	2	86.5149	7643853.169
197	20.0000	210.00	3	3	86.5149	7643853.169
198	20.0000	220.00	1	1	0.0000	0.000
199	20.0000	220.00	1	2	0.0000	0.000
200	20.0000	220.00	1	3	0.0000	0.000
201	20.0000	220.00	2	1	0.0000	0.000
202	20.0000	220.00	2	2	85.1539	7523606.492
203	20.0000	220.00	2	3	85.1539	7523606.492
204	20.0000	220.00	3	1	9.5335	842316.431
205	20.0000	220.00	3	2	86.5149	7643853.169
206	20.0000	220.00	3	3	86.5149	7643853.169
207	20.0000	230.00	1	1	0.0000	0.000

Run	Inclinação (graus)	ARNA (graus)	Nº Planos	Nº Satélites	Cobertura (%)	Área Coberta (km)
208	20.0000	230.00	1	2	0.0000	0.000
209	20.0000	230.00	1	3	0.0000	0.000
210	20.0000	230.00	2	1	0.0000	0.000
211	20.0000	230.00	2	2	85.1539	7523606.492
212	20.0000	230.00	2	3	85.1539	7523606.492
213	20.0000	230.00	3	1	9.5335	842316.431
214	20.0000	230.00	3	2	86.5149	7643853.169
215	20.0000	230.00	3	3	86.5149	7643853.169
216	20.0000	240.00	1	1	0.0000	0.000
217	20.0000	240.00	1	2	0.0000	0.000
218	20.0000	240.00	1	3	0.0000	0.000
219	20.0000	240.00	2	1	0.0000	0.000
220	20.0000	240.00	2	2	85.1539	7523606.492
221	20.0000	240.00	2	3	85.1539	7523606.492
222	20.0000	240.00	3	1	9.5335	842316.431
223	20.0000	240.00	3	2	86.5149	7643853.169
224	20.0000	240.00	3	3	86.5149	7643853.169
225	20.0000	250.00	1	1	0.0000	0.000
226	20.0000	250.00	1	2	0.0000	0.000
227	20.0000	250.00	1	3	0.0000	0.000
228	20.0000	250.00	2	1	0.0000	0.000
229	20.0000	250.00	2	2	85.1539	7523606.492
230	20.0000	250.00	2	3	85.1539	7523606.492
231	20.0000	250.00	3	1	9.5335	842316.431
232	20.0000	250.00	3	2	86.5149	7643853.169
233	20.0000	250.00	3	3	86.5149	7643853.169
234	20.0000	260.00	1	1	0.0000	0.000
235	20.0000	260.00	1	2	0.0000	0.000
236	20.0000	260.00	1	3	0.0000	0.000
237	20.0000	260.00	2	1	0.0000	0.000
238	20.0000	260.00	2	2	85.1539	7523606.492
239	20.0000	260.00	2	3	85.1539	7523606.492
240	20.0000	260.00	3	1	9.5335	842316.431
241	20.0000	260.00	3	2	86.5149	7643853.169
242	20.0000	260.00	3	3	86.5149	7643853.169
243	20.0000	270.00	1	1	0.0000	0.000
244	20.0000	270.00	1	2	0.0000	0.000
245	20.0000	270.00	1	3	0.0000	0.000
246	20.0000	270.00	2	1	0.0000	0.000
247	20.0000	270.00	2	2	85.1539	7523606.492
248	20.0000	270.00	2	3	85.1539	7523606.492
249	20.0000	270.00	3	1	9.5335	842316.431
250	20.0000	270.00	3	2	86.5149	7643853.169
251	20.0000	270.00	3	3	86.5149	7643853.169
252	20.0000	280.00	1	1	0.0000	0.000
253	20.0000	280.00	1	2	0.0000	0.000
254	20.0000	280.00	1	3	0.0000	0.000
255	20.0000	280.00	2	1	0.0000	0.000
256	20.0000	280.00	2	2	85.1539	7523606.492
257	20.0000	280.00	2	3	85.1539	7523606.492
258	20.0000	280.00	3	1	9.5335	842316.431
259	20.0000	280.00	3	2	86.5149	7643853.169

Run	Inclinação (graus)	ARNA (graus)	Nº Planos	Nº Satélites	Cobertura (%)	Área Coberta (km)
260	20.0000	280.00	3	3	86.5149	7643853.169
261	20.0000	290.00	1	1	0.0000	0.000
262	20.0000	290.00	1	2	0.0000	0.000
263	20.0000	290.00	1	3	0.0000	0.000
264	20.0000	290.00	2	1	0.0000	0.000
265	20.0000	290.00	2	2	85.1539	7523606.492
266	20.0000	290.00	2	3	85.1539	7523606.492
267	20.0000	290.00	3	1	9.5335	842316.431
268	20.0000	290.00	3	2	86.5149	7643853.169
269	20.0000	290.00	3	3	86.5149	7643853.169
270	20.0000	300.00	1	1	0.0000	0.000
271	20.0000	300.00	1	2	0.0000	0.000
272	20.0000	300.00	1	3	0.0000	0.000
273	20.0000	300.00	2	1	0.0000	0.000
274	20.0000	300.00	2	2	85.1539	7523606.492
275	20.0000	300.00	2	3	85.1539	7523606.492
276	20.0000	300.00	3	1	9.5335	842316.431
277	20.0000	300.00	3	2	86.5149	7643853.169
278	20.0000	300.00	3	3	86.5149	7643853.169
279	20.0000	310.00	1	1	0.0000	0.000
280	20.0000	310.00	1	2	0.0000	0.000
281	20.0000	310.00	1	3	0.0000	0.000
282	20.0000	310.00	2	1	0.0000	0.000
283	20.0000	310.00	2	2	85.1539	7523606.492
284	20.0000	310.00	2	3	85.1539	7523606.492
285	20.0000	310.00	3	1	9.5335	842316.431
286	20.0000	310.00	3	2	86.5149	7643853.169
287	20.0000	310.00	3	3	86.5149	7643853.169
288	20.0000	320.00	1	1	0.0000	0.000
289	20.0000	320.00	1	2	0.0000	0.000
290	20.0000	320.00	1	3	0.0000	0.000
291	20.0000	320.00	2	1	0.0000	0.000
292	20.0000	320.00	2	2	85.1539	7523606.492
293	20.0000	320.00	2	3	85.1539	7523606.492
294	20.0000	320.00	3	1	9.5335	842316.431
295	20.0000	320.00	3	2	86.5149	7643853.169
296	20.0000	320.00	3	3	86.5149	7643853.169
297	20.0000	330.00	1	1	0.0000	0.000
298	20.0000	330.00	1	2	0.0000	0.000
299	20.0000	330.00	1	3	0.0000	0.000
300	20.0000	330.00	2	1	0.0000	0.000
301	20.0000	330.00	2	2	85.1539	7523606.492
302	20.0000	330.00	2	3	85.1539	7523606.492
303	20.0000	330.00	3	1	9.5335	842316.431
304	20.0000	330.00	3	2	86.5149	7643853.169
305	20.0000	330.00	3	3	86.5149	7643853.169
306	20.0000	340.00	1	1	0.0000	0.000
307	20.0000	340.00	1	2	0.0000	0.000
308	20.0000	340.00	1	3	0.0000	0.000
309	20.0000	340.00	2	1	0.0000	0.000
310	20.0000	340.00	2	2	85.1539	7523606.492
311	20.0000	340.00	2	3	85.1539	7523606.492

Run	Inclinação (graus)	ARNA (graus)	Nº Planos	Nº Satélites	Cobertura (%)	Área Coberta (km)
312	20.0000	340.00	3	1	9.5335	842316.431
313	20.0000	340.00	3	2	86.5149	7643853.169
314	20.0000	340.00	3	3	86.5149	7643853.169
315	20.0000	350.00	1	1	0.0000	0.000
316	20.0000	350.00	1	2	0.0000	0.000
317	20.0000	350.00	1	3	0.0000	0.000
318	20.0000	350.00	2	1	0.0000	0.000
319	20.0000	350.00	2	2	85.1539	7523606.492
320	20.0000	350.00	2	3	85.1539	7523606.492
321	20.0000	350.00	3	1	9.5335	842316.431
322	20.0000	350.00	3	2	86.5149	7643853.169
323	20.0000	350.00	3	3	86.5149	7643853.169
324	20.0000	360.00	1	1	0.0000	0.000
325	20.0000	360.00	1	2	0.0000	0.000
326	20.0000	360.00	1	3	0.0000	0.000
327	20.0000	360.00	2	1	0.0000	0.000
328	20.0000	360.00	2	2	85.1539	7523606.492
329	20.0000	360.00	2	3	85.1539	7523606.492
330	20.0000	360.00	3	1	9.5335	842316.431
331	20.0000	360.00	3	2	86.5149	7643853.169
332	20.0000	360.00	3	3	86.5149	7643853.169
333	25.0000	0.00	1	1	0.0000	0.000
334	25.0000	0.00	1	2	0.0000	0.000
335	25.0000	0.00	1	3	0.0000	0.000
336	25.0000	0.00	2	1	0.0000	0.000
337	25.0000	0.00	2	2	69.9848	6183371.692
338	25.0000	0.00	2	3	69.9848	6183371.692
339	25.0000	0.00	3	1	0.0000	0.000
340	25.0000	0.00	3	2	93.1471	8229832.193
341	25.0000	0.00	3	3	93.1471	8229832.193
342	25.0000	10.00	1	1	0.0000	0.000
343	25.0000	10.00	1	2	0.0000	0.000
344	25.0000	10.00	1	3	0.0000	0.000
345	25.0000	10.00	2	1	0.0000	0.000
346	25.0000	10.00	2	2	69.9848	6183371.692
347	25.0000	10.00	2	3	69.9848	6183371.692
348	25.0000	10.00	3	1	0.0000	0.000
349	25.0000	10.00	3	2	93.1471	8229832.193
350	25.0000	10.00	3	3	93.1471	8229832.193
351	25.0000	20.00	1	1	0.0000	0.000
352	25.0000	20.00	1	2	0.0000	0.000
353	25.0000	20.00	1	3	0.0000	0.000
354	25.0000	20.00	2	1	0.0000	0.000
355	25.0000	20.00	2	2	69.9848	6183371.692
356	25.0000	20.00	2	3	69.9848	6183371.692
357	25.0000	20.00	3	1	0.0000	0.000
358	25.0000	20.00	3	2	93.1471	8229832.193
359	25.0000	20.00	3	3	93.1471	8229832.193
360	25.0000	30.00	1	1	0.0000	0.000
361	25.0000	30.00	1	2	0.0000	0.000
362	25.0000	30.00	1	3	0.0000	0.000
363	25.0000	30.00	2	1	0.0000	0.000

Run	Inclinação (graus)	ARNA (graus)	Nº Planos	Nº Satélites	Cobertura (%)	Área Coberta (km)
364	25.0000	30.00	2	2	69.9848	6183371.692
365	25.0000	30.00	2	3	69.9848	6183371.692
366	25.0000	30.00	3	1	0.0000	0.000
367	25.0000	30.00	3	2	93.1471	8229832.193
368	25.0000	30.00	3	3	93.1471	8229832.193
369	25.0000	40.00	1	1	0.0000	0.000
370	25.0000	40.00	1	2	0.0000	0.000
371	25.0000	40.00	1	3	0.0000	0.000
372	25.0000	40.00	2	1	0.0000	0.000
373	25.0000	40.00	2	2	69.9848	6183371.692
374	25.0000	40.00	2	3	69.9848	6183371.692
375	25.0000	40.00	3	1	0.0000	0.000
376	25.0000	40.00	3	2	93.1471	8229832.193
377	25.0000	40.00	3	3	93.1471	8229832.193
378	25.0000	50.00	1	1	0.0000	0.000
379	25.0000	50.00	1	2	0.0000	0.000
380	25.0000	50.00	1	3	0.0000	0.000
381	25.0000	50.00	2	1	0.0000	0.000
382	25.0000	50.00	2	2	69.9848	6183371.692
383	25.0000	50.00	2	3	69.9848	6183371.692
384	25.0000	50.00	3	1	0.0000	0.000
385	25.0000	50.00	3	2	93.1471	8229832.193
386	25.0000	50.00	3	3	93.1471	8229832.193
387	25.0000	60.00	1	1	0.0000	0.000
388	25.0000	60.00	1	2	0.0000	0.000
389	25.0000	60.00	1	3	0.0000	0.000
390	25.0000	60.00	2	1	0.0000	0.000
391	25.0000	60.00	2	2	69.9848	6183371.692
392	25.0000	60.00	2	3	69.9848	6183371.692
393	25.0000	60.00	3	1	0.0000	0.000
394	25.0000	60.00	3	2	93.1471	8229832.193
395	25.0000	60.00	3	3	93.1471	8229832.193
396	25.0000	70.00	1	1	0.0000	0.000
397	25.0000	70.00	1	2	0.0000	0.000
398	25.0000	70.00	1	3	0.0000	0.000
399	25.0000	70.00	2	1	0.0000	0.000
400	25.0000	70.00	2	2	69.9848	6183371.692
401	25.0000	70.00	2	3	69.9848	6183371.692
402	25.0000	70.00	3	1	0.0000	0.000
403	25.0000	70.00	3	2	93.1471	8229832.193
404	25.0000	70.00	3	3	93.1471	8229832.193
405	25.0000	80.00	1	1	0.0000	0.000
406	25.0000	80.00	1	2	0.0000	0.000
407	25.0000	80.00	1	3	0.0000	0.000
408	25.0000	80.00	2	1	0.0000	0.000
409	25.0000	80.00	2	2	69.9848	6183371.692
410	25.0000	80.00	2	3	69.9848	6183371.692
411	25.0000	80.00	3	1	0.0000	0.000
412	25.0000	80.00	3	2	93.1471	8229832.193
413	25.0000	80.00	3	3	93.1471	8229832.193
414	25.0000	90.00	1	1	0.0000	0.000

Run	Inclinação (graus)	ARNA (graus)	N° Planos	N° Satélites	Cobertura (%)	Área Coberta (km)
415	25.0000	90.00	1	2	0.0000	0.000
416	25.0000	90.00	1	3	0.0000	0.000
417	25.0000	90.00	2	1	0.0000	0.000
418	25.0000	90.00	2	2	69.9848	6183371.692
419	25.0000	90.00	2	3	69.9848	6183371.692
420	25.0000	90.00	3	1	0.0000	0.000
421	25.0000	90.00	3	2	93.1471	8229832.193
422	25.0000	90.00	3	3	93.1471	8229832.193
423	25.0000	100.00	1	1	0.0000	0.000
424	25.0000	100.00	1	2	0.0000	0.000
425	25.0000	100.00	1	3	0.0000	0.000
426	25.0000	100.00	2	1	0.0000	0.000
427	25.0000	100.00	2	2	69.9848	6183371.692
428	25.0000	100.00	2	3	69.9848	6183371.692
429	25.0000	100.00	3	1	0.0000	0.000
430	25.0000	100.00	3	2	93.1471	8229832.193
431	25.0000	100.00	3	3	93.1471	8229832.193
432	25.0000	110.00	1	1	0.0000	0.000
433	25.0000	110.00	1	2	0.0000	0.000
434	25.0000	110.00	1	3	0.0000	0.000
435	25.0000	110.00	2	1	0.0000	0.000
436	25.0000	110.00	2	2	69.9848	6183371.692
437	25.0000	110.00	2	3	69.9848	6183371.692
438	25.0000	110.00	3	1	0.0000	0.000
439	25.0000	110.00	3	2	93.1471	8229832.193
440	25.0000	110.00	3	3	93.1471	8229832.193
441	25.0000	120.00	1	1	0.0000	0.000
442	25.0000	120.00	1	2	0.0000	0.000
443	25.0000	120.00	1	3	0.0000	0.000
444	25.0000	120.00	2	1	0.0000	0.000
445	25.0000	120.00	2	2	69.9848	6183371.692
446	25.0000	120.00	2	3	69.9848	6183371.692
447	25.0000	120.00	3	1	0.0000	0.000
448	25.0000	120.00	3	2	93.1471	8229832.193
449	25.0000	120.00	3	3	93.1471	8229832.193
450	25.0000	130.00	1	1	0.0000	0.000
451	25.0000	130.00	1	2	0.0000	0.000
452	25.0000	130.00	1	3	0.0000	0.000
453	25.0000	130.00	2	1	0.0000	0.000
454	25.0000	130.00	2	2	69.9848	6183371.692
455	25.0000	130.00	2	3	69.9848	6183371.692
456	25.0000	130.00	3	1	0.0000	0.000
457	25.0000	130.00	3	2	93.1471	8229832.193
458	25.0000	130.00	3	3	93.1471	8229832.193
459	25.0000	140.00	1	1	0.0000	0.000
460	25.0000	140.00	1	2	0.0000	0.000
461	25.0000	140.00	1	3	0.0000	0.000
462	25.0000	140.00	2	1	0.0000	0.000
463	25.0000	140.00	2	2	69.9848	6183371.692
464	25.0000	140.00	2	3	69.9848	6183371.692
465	25.0000	140.00	3	1	0.0000	0.000
466	25.0000	140.00	3	2	93.1471	8229832.193

Run	Inclinação (graus)	ARNA (graus)	Nº Planos	Nº Satélites	Cobertura (%)	Área Coberta (km)
467	25.0000	140.00	3	3	93.1471	8229832.193
468	25.0000	150.00	1	1	0.0000	0.000
469	25.0000	150.00	1	2	0.0000	0.000
470	25.0000	150.00	1	3	0.0000	0.000
471	25.0000	150.00	2	1	0.0000	0.000
472	25.0000	150.00	2	2	69.9848	6183371.692
473	25.0000	150.00	2	3	69.9848	6183371.692
474	25.0000	150.00	3	1	0.0000	0.000
475	25.0000	150.00	3	2	93.1471	8229832.193
476	25.0000	150.00	3	3	93.1471	8229832.193
477	25.0000	160.00	1	1	0.0000	0.000
478	25.0000	160.00	1	2	0.0000	0.000
479	25.0000	160.00	1	3	0.0000	0.000
480	25.0000	160.00	2	1	0.0000	0.000
481	25.0000	160.00	2	2	69.9848	6183371.692
482	25.0000	160.00	2	3	69.9848	6183371.692
483	25.0000	160.00	3	1	0.0000	0.000
484	25.0000	160.00	3	2	93.1471	8229832.193
485	25.0000	160.00	3	3	93.1471	8229832.193
486	25.0000	170.00	1	1	0.0000	0.000
487	25.0000	170.00	1	2	0.0000	0.000
488	25.0000	170.00	1	3	0.0000	0.000
489	25.0000	170.00	2	1	0.0000	0.000
490	25.0000	170.00	2	2	69.9848	6183371.692
491	25.0000	170.00	2	3	69.9848	6183371.692
492	25.0000	170.00	3	1	0.0000	0.000
493	25.0000	170.00	3	2	93.1471	8229832.193
494	25.0000	170.00	3	3	93.1471	8229832.193
495	25.0000	180.00	1	1	0.0000	0.000
496	25.0000	180.00	1	2	0.0000	0.000
497	25.0000	180.00	1	3	0.0000	0.000
498	25.0000	180.00	2	1	0.0000	0.000
499	25.0000	180.00	2	2	69.9848	6183371.692
500	25.0000	180.00	2	3	69.9848	6183371.692
501	25.0000	180.00	3	1	0.0000	0.000
502	25.0000	180.00	3	2	93.1471	8229832.193
503	25.0000	180.00	3	3	93.1471	8229832.193
504	25.0000	190.00	1	1	0.0000	0.000
505	25.0000	190.00	1	2	0.0000	0.000
506	25.0000	190.00	1	3	0.0000	0.000
507	25.0000	190.00	2	1	0.0000	0.000
508	25.0000	190.00	2	2	69.9848	6183371.692
509	25.0000	190.00	2	3	69.9848	6183371.692
510	25.0000	190.00	3	1	0.0000	0.000
511	25.0000	190.00	3	2	93.1471	8229832.193
512	25.0000	190.00	3	3	93.1471	8229832.193
513	25.0000	200.00	1	1	0.0000	0.000
514	25.0000	200.00	1	2	0.0000	0.000
515	25.0000	200.00	1	3	0.0000	0.000
516	25.0000	200.00	2	1	0.0000	0.000
517	25.0000	200.00	2	2	69.9848	6183371.692
518	25.0000	200.00	2	3	69.9848	6183371.692

Run	Inclinação (graus)	ARNA (graus)	Nº Planos	Nº Satélites	Cobertura (%)	Área Coberta (km)
519	25.0000	200.00	3	1	0.0000	0.000
520	25.0000	200.00	3	2	93.1471	8229832.193
521	25.0000	200.00	3	3	93.1471	8229832.193
522	25.0000	210.00	1	1	0.0000	0.000
523	25.0000	210.00	1	2	0.0000	0.000
524	25.0000	210.00	1	3	0.0000	0.000
525	25.0000	210.00	2	1	0.0000	0.000
526	25.0000	210.00	2	2	69.9848	6183371.692
527	25.0000	210.00	2	3	69.9848	6183371.692
528	25.0000	210.00	3	1	0.0000	0.000
529	25.0000	210.00	3	2	93.1471	8229832.193
530	25.0000	210.00	3	3	93.1471	8229832.193
531	25.0000	220.00	1	1	0.0000	0.000
532	25.0000	220.00	1	2	0.0000	0.000
533	25.0000	220.00	1	3	0.0000	0.000
534	25.0000	220.00	2	1	0.0000	0.000
535	25.0000	220.00	2	2	69.9848	6183371.692
536	25.0000	220.00	2	3	69.9848	6183371.692
537	25.0000	220.00	3	1	0.0000	0.000
538	25.0000	220.00	3	2	93.1471	8229832.193
539	25.0000	220.00	3	3	93.1471	8229832.193
540	25.0000	230.00	1	1	0.0000	0.000
541	25.0000	230.00	1	2	0.0000	0.000
542	25.0000	230.00	1	3	0.0000	0.000
543	25.0000	230.00	2	1	0.0000	0.000
544	25.0000	230.00	2	2	69.9848	6183371.692
545	25.0000	230.00	2	3	69.9848	6183371.692
546	25.0000	230.00	3	1	0.0000	0.000
547	25.0000	230.00	3	2	93.1471	8229832.193
548	25.0000	230.00	3	3	93.1471	8229832.193
549	25.0000	240.00	1	1	0.0000	0.000
550	25.0000	240.00	1	2	0.0000	0.000
551	25.0000	240.00	1	3	0.0000	0.000
552	25.0000	240.00	2	1	0.0000	0.000
553	25.0000	240.00	2	2	69.9848	6183371.692
554	25.0000	240.00	2	3	69.9848	6183371.692
555	25.0000	240.00	3	1	0.0000	0.000
556	25.0000	240.00	3	2	93.1471	8229832.193
557	25.0000	240.00	3	3	93.1471	8229832.193
558	25.0000	250.00	1	1	0.0000	0.000
559	25.0000	250.00	1	2	0.0000	0.000
560	25.0000	250.00	1	3	0.0000	0.000
561	25.0000	250.00	2	1	0.0000	0.000
562	25.0000	250.00	2	2	69.9848	6183371.692
563	25.0000	250.00	2	3	69.9848	6183371.692
564	25.0000	250.00	3	1	0.0000	0.000
565	25.0000	250.00	3	2	93.1471	8229832.193
566	25.0000	250.00	3	3	93.1471	8229832.193
567	25.0000	260.00	1	1	0.0000	0.000
568	25.0000	260.00	1	2	0.0000	0.000
569	25.0000	260.00	1	3	0.0000	0.000
570	25.0000	260.00	2	1	0.0000	0.000

Run	Inclinação (graus)	ARNA (graus)	Nº Planos	Nº Satélites	Cobertura (%)	Área Coberta (km)
571	25.0000	260.00	2	2	69.9848	6183371.692
572	25.0000	260.00	2	3	69.9848	6183371.692
573	25.0000	260.00	3	1	0.0000	0.000
574	25.0000	260.00	3	2	93.1471	8229832.193
575	25.0000	260.00	3	3	93.1471	8229832.193
576	25.0000	270.00	1	1	0.0000	0.000
577	25.0000	270.00	1	2	0.0000	0.000
578	25.0000	270.00	1	3	0.0000	0.000
579	25.0000	270.00	2	1	0.0000	0.000
580	25.0000	270.00	2	2	69.9848	6183371.692
581	25.0000	270.00	2	3	69.9848	6183371.692
582	25.0000	270.00	3	1	0.0000	0.000
583	25.0000	270.00	3	2	93.1471	8229832.193
584	25.0000	270.00	3	3	93.1471	8229832.193
585	25.0000	280.00	1	1	0.0000	0.000
586	25.0000	280.00	1	2	0.0000	0.000
587	25.0000	280.00	1	3	0.0000	0.000
588	25.0000	280.00	2	1	0.0000	0.000
589	25.0000	280.00	2	2	69.9848	6183371.692
590	25.0000	280.00	2	3	69.9848	6183371.692
591	25.0000	280.00	3	1	0.0000	0.000
592	25.0000	280.00	3	2	93.1471	8229832.193
593	25.0000	280.00	3	3	93.1471	8229832.193
594	25.0000	290.00	1	1	0.0000	0.000
595	25.0000	290.00	1	2	0.0000	0.000
596	25.0000	290.00	1	3	0.0000	0.000
597	25.0000	290.00	2	1	0.0000	0.000
598	25.0000	290.00	2	2	69.9848	6183371.692
599	25.0000	290.00	2	3	69.9848	6183371.692
600	25.0000	290.00	3	1	0.0000	0.000
601	25.0000	290.00	3	2	93.1471	8229832.193
602	25.0000	290.00	3	3	93.1471	8229832.193
603	25.0000	300.00	1	1	0.0000	0.000
604	25.0000	300.00	1	2	0.0000	0.000
605	25.0000	300.00	1	3	0.0000	0.000
606	25.0000	300.00	2	1	0.0000	0.000
607	25.0000	300.00	2	2	69.9848	6183371.692
608	25.0000	300.00	2	3	69.9848	6183371.692
609	25.0000	300.00	3	1	0.0000	0.000
610	25.0000	300.00	3	2	93.1471	8229832.193
611	25.0000	300.00	3	3	93.1471	8229832.193
612	25.0000	310.00	1	1	0.0000	0.000
613	25.0000	310.00	1	2	0.0000	0.000
614	25.0000	310.00	1	3	0.0000	0.000
615	25.0000	310.00	2	1	0.0000	0.000
616	25.0000	310.00	2	2	69.9848	6183371.692
617	25.0000	310.00	2	3	69.9848	6183371.692
618	25.0000	310.00	3	1	0.0000	0.000
619	25.0000	310.00	3	2	93.1471	8229832.193
620	25.0000	310.00	3	3	93.1471	8229832.193
621	25.0000	320.00	1	1	0.0000	0.000
622	25.0000	320.00	1	2	0.0000	0.000

Run	Inclinação (graus)	ARNA (graus)	Nº Planos	Nº Satélites	Cobertura (%)	Área Coberta (km)
623	25.0000	320.00	1	3	0.0000	0.000
624	25.0000	320.00	2	1	0.0000	0.000
625	25.0000	320.00	2	2	69.9848	6183371.692
626	25.0000	320.00	2	3	69.9848	6183371.692
627	25.0000	320.00	3	1	0.0000	0.000
628	25.0000	320.00	3	2	93.1471	8229832.193
629	25.0000	320.00	3	3	93.1471	8229832.193
630	25.0000	330.00	1	1	0.0000	0.000
631	25.0000	330.00	1	2	0.0000	0.000
632	25.0000	330.00	1	3	0.0000	0.000
633	25.0000	330.00	2	1	0.0000	0.000
634	25.0000	330.00	2	2	69.9848	6183371.692
635	25.0000	330.00	2	3	69.9848	6183371.692
636	25.0000	330.00	3	1	0.0000	0.000
637	25.0000	330.00	3	2	93.1471	8229832.193
638	25.0000	330.00	3	3	93.1471	8229832.193
639	25.0000	340.00	1	1	0.0000	0.000
640	25.0000	340.00	1	2	0.0000	0.000
641	25.0000	340.00	1	3	0.0000	0.000
642	25.0000	340.00	2	1	0.0000	0.000
643	25.0000	340.00	2	2	69.9848	6183371.692
644	25.0000	340.00	2	3	69.9848	6183371.692
645	25.0000	340.00	3	1	0.0000	0.000
646	25.0000	340.00	3	2	93.1471	8229832.193
647	25.0000	340.00	3	3	93.1471	8229832.193
648	25.0000	350.00	1	1	0.0000	0.000
649	25.0000	350.00	1	2	0.0000	0.000
650	25.0000	350.00	1	3	0.0000	0.000
651	25.0000	350.00	2	1	0.0000	0.000
652	25.0000	350.00	2	2	69.9848	6183371.692
653	25.0000	350.00	2	3	69.9848	6183371.692
654	25.0000	350.00	3	1	0.0000	0.000
655	25.0000	350.00	3	2	93.1471	8229832.193
656	25.0000	350.00	3	3	93.1471	8229832.193
657	25.0000	360.00	1	1	0.0000	0.000
658	25.0000	360.00	1	2	0.0000	0.000
659	25.0000	360.00	1	3	0.0000	0.000
660	25.0000	360.00	2	1	0.0000	0.000
661	25.0000	360.00	2	2	69.9848	6183371.692
662	25.0000	360.00	2	3	69.9848	6183371.692
663	25.0000	360.00	3	1	0.0000	0.000
664	25.0000	360.00	3	2	93.1471	8229832.193
665	25.0000	360.00	3	3	93.1471	8229832.193
666	30.0000	0.00	1	1	0.0000	0.000
667	30.0000	0.00	1	2	0.0000	0.000
668	30.0000	0.00	1	3	0.0000	0.000
669	30.0000	0.00	2	1	0.0000	0.000
670	30.0000	0.00	2	2	51.9077	4586202.884
671	30.0000	0.00	2	3	54.7157	4834295.442
672	30.0000	0.00	3	1	0.0000	0.000
673	30.0000	0.00	3	2	98.6817	8718831.007
674	30.0000	0.00	3	3	98.6817	8718831.007

Run	Inclinação (graus)	ARNA (graus)	Nº Planos	Nº Satélites	Cobertura (%)	Área Coberta (km)
675	30.0000	10.00	1	1	0.0000	0.000
676	30.0000	10.00	1	2	0.0000	0.000
677	30.0000	10.00	1	3	0.0000	0.000
678	30.0000	10.00	2	1	0.0000	0.000
679	30.0000	10.00	2	2	51.9077	4586202.884
680	30.0000	10.00	2	3	54.7157	4834295.442
681	30.0000	10.00	3	1	0.0000	0.000
682	30.0000	10.00	3	2	98.6817	8718831.007
683	30.0000	10.00	3	3	98.6817	8718831.007
684	30.0000	20.00	1	1	0.0000	0.000
685	30.0000	20.00	1	2	0.0000	0.000
686	30.0000	20.00	1	3	0.0000	0.000
687	30.0000	20.00	2	1	0.0000	0.000
688	30.0000	20.00	2	2	51.9077	4586202.884
689	30.0000	20.00	2	3	54.7157	4834295.442
690	30.0000	20.00	3	1	0.0000	0.000
691	30.0000	20.00	3	2	98.6817	8718831.007
692	30.0000	20.00	3	3	98.6817	8718831.007
693	30.0000	30.00	1	1	0.0000	0.000
694	30.0000	30.00	1	2	0.0000	0.000
695	30.0000	30.00	1	3	0.0000	0.000
696	30.0000	30.00	2	1	0.0000	0.000
697	30.0000	30.00	2	2	51.9077	4586202.884
698	30.0000	30.00	2	3	54.7157	4834295.442
699	30.0000	30.00	3	1	0.0000	0.000
700	30.0000	30.00	3	2	98.6817	8718831.007
701	30.0000	30.00	3	3	98.6817	8718831.007
702	30.0000	40.00	1	1	0.0000	0.000
703	30.0000	40.00	1	2	0.0000	0.000
704	30.0000	40.00	1	3	0.0000	0.000
705	30.0000	40.00	2	1	0.0000	0.000
706	30.0000	40.00	2	2	51.9077	4586202.884
707	30.0000	40.00	2	3	54.7157	4834295.442
708	30.0000	40.00	3	1	0.0000	0.000
709	30.0000	40.00	3	2	98.6817	8718831.007
710	30.0000	40.00	3	3	98.6817	8718831.007
711	30.0000	50.00	1	1	0.0000	0.000
712	30.0000	50.00	1	2	0.0000	0.000
713	30.0000	50.00	1	3	0.0000	0.000
714	30.0000	50.00	2	1	0.0000	0.000
715	30.0000	50.00	2	2	51.9077	4586202.884
716	30.0000	50.00	2	3	54.7157	4834295.442
717	30.0000	50.00	3	1	0.0000	0.000
718	30.0000	50.00	3	2	98.6817	8718831.007
719	30.0000	50.00	3	3	98.6817	8718831.007
720	30.0000	60.00	1	1	0.0000	0.000
721	30.0000	60.00	1	2	0.0000	0.000
722	30.0000	60.00	1	3	0.0000	0.000
723	30.0000	60.00	2	1	0.0000	0.000
724	30.0000	60.00	2	2	51.9077	4586202.884
725	30.0000	60.00	2	3	54.7157	4834295.442
726	30.0000	60.00	3	1	0.0000	0.000

Run	Inclinação (graus)	ARNA (graus)	N° Planos	N° Satélites	Cobertura (%)	Área Coberta (km)
727	30.0000	60.00	3	2	98.6817	8718831.007
728	30.0000	60.00	3	3	98.6817	8718831.007
729	30.0000	70.00	1	1	0.0000	0.000
730	30.0000	70.00	1	2	0.0000	0.000
731	30.0000	70.00	1	3	0.0000	0.000
732	30.0000	70.00	2	1	0.0000	0.000
733	30.0000	70.00	2	2	51.9077	4586202.884
734	30.0000	70.00	2	3	54.7157	4834295.442
735	30.0000	70.00	3	1	0.0000	0.000
736	30.0000	70.00	3	2	98.6817	8718831.007
737	30.0000	70.00	3	3	98.6817	8718831.007
738	30.0000	80.00	1	1	0.0000	0.000
739	30.0000	80.00	1	2	0.0000	0.000
740	30.0000	80.00	1	3	0.0000	0.000
741	30.0000	80.00	2	1	0.0000	0.000
742	30.0000	80.00	2	2	51.9077	4586202.884
743	30.0000	80.00	2	3	54.7157	4834295.442
744	30.0000	80.00	3	1	0.0000	0.000
745	30.0000	80.00	3	2	98.6817	8718831.007
746	30.0000	80.00	3	3	98.6817	8718831.007
747	30.0000	90.00	1	1	0.0000	0.000
748	30.0000	90.00	1	2	0.0000	0.000
749	30.0000	90.00	1	3	0.0000	0.000
750	30.0000	90.00	2	1	0.0000	0.000
751	30.0000	90.00	2	2	51.9077	4586202.884
752	30.0000	90.00	2	3	54.7157	4834295.442
753	30.0000	90.00	3	1	0.0000	0.000
754	30.0000	90.00	3	2	98.6817	8718831.007
755	30.0000	90.00	3	3	98.6817	8718831.007
756	30.0000	100.00	1	1	0.0000	0.000
757	30.0000	100.00	1	2	0.0000	0.000
758	30.0000	100.00	1	3	0.0000	0.000
759	30.0000	100.00	2	1	0.0000	0.000
760	30.0000	100.00	2	2	51.9077	4586202.884
761	30.0000	100.00	2	3	54.7157	4834295.442
762	30.0000	100.00	3	1	0.0000	0.000
763	30.0000	100.00	3	2	98.6817	8718831.007
764	30.0000	100.00	3	3	98.6817	8718831.007
765	30.0000	110.00	1	1	0.0000	0.000
766	30.0000	110.00	1	2	0.0000	0.000
767	30.0000	110.00	1	3	0.0000	0.000
768	30.0000	110.00	2	1	0.0000	0.000
769	30.0000	110.00	2	2	51.9077	4586202.884
770	30.0000	110.00	2	3	54.7157	4834295.442
771	30.0000	110.00	3	1	0.0000	0.000
772	30.0000	110.00	3	2	98.6817	8718831.007
773	30.0000	110.00	3	3	98.6817	8718831.007
774	30.0000	120.00	1	1	0.0000	0.000
775	30.0000	120.00	1	2	0.0000	0.000
776	30.0000	120.00	1	3	0.0000	0.000
777	30.0000	120.00	2	1	0.0000	0.000
778	30.0000	120.00	2	2	51.9077	4586202.884

Run	Inclinação (graus)	ARNA (graus)	Nº Planos	Nº Satélites	Cobertura (%)	Área Coberta (km)
779	30.0000	120.00	2	3	54.7157	4834295.442
780	30.0000	120.00	3	1	0.0000	0.000
781	30.0000	120.00	3	2	98.6817	8718831.007
782	30.0000	120.00	3	3	98.6817	8718831.007
783	30.0000	130.00	1	1	0.0000	0.000
784	30.0000	130.00	1	2	0.0000	0.000
785	30.0000	130.00	1	3	0.0000	0.000
786	30.0000	130.00	2	1	0.0000	0.000
787	30.0000	130.00	2	2	51.9077	4586202.884
788	30.0000	130.00	2	3	54.7157	4834295.442
789	30.0000	130.00	3	1	0.0000	0.000
790	30.0000	130.00	3	2	98.6817	8718831.007
791	30.0000	130.00	3	3	98.6817	8718831.007
792	30.0000	140.00	1	1	0.0000	0.000
793	30.0000	140.00	1	2	0.0000	0.000
794	30.0000	140.00	1	3	0.0000	0.000
795	30.0000	140.00	2	1	0.0000	0.000
796	30.0000	140.00	2	2	51.9077	4586202.884
797	30.0000	140.00	2	3	54.7157	4834295.442
798	30.0000	140.00	3	1	0.0000	0.000
799	30.0000	140.00	3	2	98.6817	8718831.007
800	30.0000	140.00	3	3	98.6817	8718831.007
801	30.0000	150.00	1	1	0.0000	0.000
802	30.0000	150.00	1	2	0.0000	0.000
803	30.0000	150.00	1	3	0.0000	0.000
804	30.0000	150.00	2	1	0.0000	0.000
805	30.0000	150.00	2	2	51.9077	4586202.884
806	30.0000	150.00	2	3	54.7157	4834295.442
807	30.0000	150.00	3	1	0.0000	0.000
808	30.0000	150.00	3	2	98.6817	8718831.007
809	30.0000	150.00	3	3	98.6817	8718831.007
810	30.0000	160.00	1	1	0.0000	0.000
811	30.0000	160.00	1	2	0.0000	0.000
812	30.0000	160.00	1	3	0.0000	0.000
813	30.0000	160.00	2	1	0.0000	0.000
814	30.0000	160.00	2	2	51.9077	4586202.884
815	30.0000	160.00	2	3	54.7157	4834295.442
816	30.0000	160.00	3	1	0.0000	0.000
817	30.0000	160.00	3	2	98.6817	8718831.007
818	30.0000	160.00	3	3	98.6817	8718831.007
819	30.0000	170.00	1	1	0.0000	0.000
820	30.0000	170.00	1	2	0.0000	0.000
821	30.0000	170.00	1	3	0.0000	0.000
822	30.0000	170.00	2	1	0.0000	0.000
823	30.0000	170.00	2	2	51.9077	4586202.884
824	30.0000	170.00	2	3	54.7157	4834295.442
825	30.0000	170.00	3	1	0.0000	0.000
826	30.0000	170.00	3	2	98.6817	8718831.007
827	30.0000	170.00	3	3	98.6817	8718831.007
828	30.0000	180.00	1	1	0.0000	0.000
829	30.0000	180.00	1	2	0.0000	0.000
830	30.0000	180.00	1	3	0.0000	0.000

Run	Inclinação (graus)	ARNA (graus)	Nº Planos	Nº Satélites	Cobertura (%)	Área Coberta (km)
831	30.0000	180.00	2	1	0.0000	0.000
832	30.0000	180.00	2	2	51.9077	4586202.884
833	30.0000	180.00	2	3	54.7157	4834295.442
834	30.0000	180.00	3	1	0.0000	0.000
835	30.0000	180.00	3	2	98.6817	8718831.007
836	30.0000	180.00	3	3	98.6817	8718831.007
837	30.0000	190.00	1	1	0.0000	0.000
838	30.0000	190.00	1	2	0.0000	0.000
839	30.0000	190.00	1	3	0.0000	0.000
840	30.0000	190.00	2	1	0.0000	0.000
841	30.0000	190.00	2	2	51.9077	4586202.884
842	30.0000	190.00	2	3	54.7157	4834295.442
843	30.0000	190.00	3	1	0.0000	0.000
844	30.0000	190.00	3	2	98.6817	8718831.007
845	30.0000	190.00	3	3	98.6817	8718831.007
846	30.0000	200.00	1	1	0.0000	0.000
847	30.0000	200.00	1	2	0.0000	0.000
848	30.0000	200.00	1	3	0.0000	0.000
849	30.0000	200.00	2	1	0.0000	0.000
850	30.0000	200.00	2	2	51.9077	4586202.884
851	30.0000	200.00	2	3	54.7157	4834295.442
852	30.0000	200.00	3	1	0.0000	0.000
853	30.0000	200.00	3	2	98.6817	8718831.007
854	30.0000	200.00	3	3	98.6817	8718831.007
855	30.0000	210.00	1	1	0.0000	0.000
856	30.0000	210.00	1	2	0.0000	0.000
857	30.0000	210.00	1	3	0.0000	0.000
858	30.0000	210.00	2	1	0.0000	0.000
859	30.0000	210.00	2	2	51.9077	4586202.884
860	30.0000	210.00	2	3	54.7157	4834295.442
861	30.0000	210.00	3	1	0.0000	0.000
862	30.0000	210.00	3	2	98.6817	8718831.007
863	30.0000	210.00	3	3	98.6817	8718831.007
864	30.0000	220.00	1	1	0.0000	0.000
865	30.0000	220.00	1	2	0.0000	0.000
866	30.0000	220.00	1	3	0.0000	0.000
867	30.0000	220.00	2	1	0.0000	0.000
868	30.0000	220.00	2	2	51.9077	4586202.884
869	30.0000	220.00	2	3	54.7157	4834295.442
870	30.0000	220.00	3	1	0.0000	0.000
871	30.0000	220.00	3	2	98.6817	8718831.007
872	30.0000	220.00	3	3	98.6817	8718831.007
873	30.0000	230.00	1	1	0.0000	0.000
874	30.0000	230.00	1	2	0.0000	0.000
875	30.0000	230.00	1	3	0.0000	0.000
876	30.0000	230.00	2	1	0.0000	0.000
877	30.0000	230.00	2	2	51.9077	4586202.884
878	30.0000	230.00	2	3	54.7157	4834295.442
879	30.0000	230.00	3	1	0.0000	0.000
880	30.0000	230.00	3	2	98.6817	8718831.007
881	30.0000	230.00	3	3	98.6817	8718831.007

Run	Inclinação (graus)	ARNA (graus)	Nº Planos	Nº Satélites	Cobertura (%)	Área Coberta (km)
882	30.0000	240.00	1	1	0.0000	0.000
883	30.0000	240.00	1	2	0.0000	0.000
884	30.0000	240.00	1	3	0.0000	0.000
885	30.0000	240.00	2	1	0.0000	0.000
886	30.0000	240.00	2	2	51.9077	4586202.884
887	30.0000	240.00	2	3	54.7157	4834295.442
888	30.0000	240.00	3	1	0.0000	0.000
889	30.0000	240.00	3	2	98.6817	8718831.007
890	30.0000	240.00	3	3	98.6817	8718831.007
891	30.0000	250.00	1	1	0.0000	0.000
892	30.0000	250.00	1	2	0.0000	0.000
893	30.0000	250.00	1	3	0.0000	0.000
894	30.0000	250.00	2	1	0.0000	0.000
895	30.0000	250.00	2	2	51.9077	4586202.884
896	30.0000	250.00	2	3	54.7157	4834295.442
897	30.0000	250.00	3	1	0.0000	0.000
898	30.0000	250.00	3	2	98.6817	8718831.007
899	30.0000	250.00	3	3	98.6817	8718831.007
900	30.0000	260.00	1	1	0.0000	0.000
901	30.0000	260.00	1	2	0.0000	0.000
902	30.0000	260.00	1	3	0.0000	0.000
903	30.0000	260.00	2	1	0.0000	0.000
904	30.0000	260.00	2	2	51.9077	4586202.884
905	30.0000	260.00	2	3	54.7157	4834295.442
906	30.0000	260.00	3	1	0.0000	0.000
907	30.0000	260.00	3	2	98.6817	8718831.007
908	30.0000	260.00	3	3	98.6817	8718831.007
909	30.0000	270.00	1	1	0.0000	0.000
910	30.0000	270.00	1	2	0.0000	0.000
911	30.0000	270.00	1	3	0.0000	0.000
912	30.0000	270.00	2	1	0.0000	0.000
913	30.0000	270.00	2	2	51.9077	4586202.884
914	30.0000	270.00	2	3	54.7157	4834295.442
915	30.0000	270.00	3	1	0.0000	0.000
916	30.0000	270.00	3	2	98.6817	8718831.007
917	30.0000	270.00	3	3	98.6817	8718831.007
918	30.0000	280.00	1	1	0.0000	0.000
919	30.0000	280.00	1	2	0.0000	0.000
920	30.0000	280.00	1	3	0.0000	0.000
921	30.0000	280.00	2	1	0.0000	0.000
922	30.0000	280.00	2	2	51.9077	4586202.884
923	30.0000	280.00	2	3	54.7157	4834295.442
924	30.0000	280.00	3	1	0.0000	0.000
925	30.0000	280.00	3	2	98.6817	8718831.007
926	30.0000	280.00	3	3	98.6817	8718831.007
927	30.0000	290.00	1	1	0.0000	0.000
928	30.0000	290.00	1	2	0.0000	0.000
929	30.0000	290.00	1	3	0.0000	0.000
930	30.0000	290.00	2	1	0.0000	0.000
931	30.0000	290.00	2	2	51.9077	4586202.884
932	30.0000	290.00	2	3	54.7157	4834295.442

Run	Inclinação (graus)	ARNA (graus)	Nº Planos	Nº Satélites	Cobertura (%)	Área Coberta (km)
933	30.0000	290.00	3	1	0.0000	0.000
934	30.0000	290.00	3	2	98.6817	8718831.007
935	30.0000	290.00	3	3	98.6817	8718831.007
936	30.0000	300.00	1	1	0.0000	0.000
937	30.0000	300.00	1	2	0.0000	0.000
938	30.0000	300.00	1	3	0.0000	0.000
939	30.0000	300.00	2	1	0.0000	0.000
940	30.0000	300.00	2	2	51.9077	4586202.884
941	30.0000	300.00	2	3	54.7157	4834295.442
942	30.0000	300.00	3	1	0.0000	0.000
943	30.0000	300.00	3	2	98.6817	8718831.007
944	30.0000	300.00	3	3	98.6817	8718831.007
945	30.0000	310.00	1	1	0.0000	0.000
946	30.0000	310.00	1	2	0.0000	0.000
947	30.0000	310.00	1	3	0.0000	0.000
948	30.0000	310.00	2	1	0.0000	0.000
949	30.0000	310.00	2	2	51.9077	4586202.884
950	30.0000	310.00	2	3	54.7157	4834295.442
951	30.0000	310.00	3	1	0.0000	0.000
952	30.0000	310.00	3	2	98.6817	8718831.007
953	30.0000	310.00	3	3	98.6817	8718831.007
954	30.0000	320.00	1	1	0.0000	0.000
955	30.0000	320.00	1	2	0.0000	0.000
956	30.0000	320.00	1	3	0.0000	0.000
957	30.0000	320.00	2	1	0.0000	0.000
958	30.0000	320.00	2	2	51.9077	4586202.884
959	30.0000	320.00	2	3	54.7157	4834295.442
960	30.0000	320.00	3	1	0.0000	0.000
961	30.0000	320.00	3	2	98.6817	8718831.007
962	30.0000	320.00	3	3	98.6817	8718831.007
963	30.0000	330.00	1	1	0.0000	0.000
964	30.0000	330.00	1	2	0.0000	0.000
965	30.0000	330.00	1	3	0.0000	0.000
966	30.0000	330.00	2	1	0.0000	0.000
967	30.0000	330.00	2	2	51.9077	4586202.884
968	30.0000	330.00	2	3	54.7157	4834295.442
969	30.0000	330.00	3	1	0.0000	0.000
970	30.0000	330.00	3	2	98.6817	8718831.007
971	30.0000	330.00	3	3	98.6817	8718831.007
972	30.0000	340.00	1	1	0.0000	0.000
973	30.0000	340.00	1	2	0.0000	0.000
974	30.0000	340.00	1	3	0.0000	0.000
975	30.0000	340.00	2	1	0.0000	0.000
976	30.0000	340.00	2	2	51.9077	4586202.884
977	30.0000	340.00	2	3	54.7157	4834295.442
978	30.0000	340.00	3	1	0.0000	0.000
979	30.0000	340.00	3	2	98.6817	8718831.007
980	30.0000	340.00	3	3	98.6817	8718831.007
981	30.0000	350.00	1	1	0.0000	0.000
982	30.0000	350.00	1	2	0.0000	0.000
983	30.0000	350.00	1	3	0.0000	0.000

<b>Run</b>	<b>Inclinação (graus)</b>	<b>ARNA (graus)</b>	<b>N° Planos</b>	<b>N° Satélites</b>	<b>Cobertura (%)</b>	<b>Área Coberta (km)</b>
984	30.0000	350.00	2	1	0.0000	0.000
985	30.0000	350.00	2	2	51.9077	4586202.884
986	30.0000	350.00	2	3	54.7157	4834295.442
987	30.0000	350.00	3	1	0.0000	0.000
988	30.0000	350.00	3	2	98.6817	8718831.007
989	30.0000	350.00	3	3	98.6817	8718831.007
990	30.0000	360.00	1	1	0.0000	0.000
991	30.0000	360.00	1	2	0.0000	0.000
992	30.0000	360.00	1	3	0.0000	0.000
993	30.0000	360.00	2	1	0.0000	0.000
994	30.0000	360.00	2	2	51.9077	4586202.884
995	30.0000	360.00	2	3	54.7157	4834295.442
996	30.0000	360.00	3	1	0.0000	0.000
997	30.0000	360.00	3	2	98.6817	8718831.007
998	30.0000	360.00	3	3	98.6817	8718831.007

## **APÊNDICE E: DESCRIÇÃO DE ALGUNS SISTEMAS DE COLETA DE DADOS EXISTENTES**

### **E.1 O Sistema ARGOS**

O Sistema de Coleta de Dados ARGOS, gerenciada pela *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA) e pelo *Centre National d'Études Spatiales* (CNES), apresenta compatibilidade com o Sistema Brasileiro de Coleta de Dados em termos da plataforma de coleta de dados. As frequências e as potências utilizadas nas plataformas, bem como os formatos utilizados são totalmente compatíveis entre si.

A fase de concepção inicial da carga útil dos SCD-1 e SCD-2 da MECB teve forte influência do CNES no final da década de 1970 quando se discutia a possibilidade de cooperação entre o Brasil e a França para o desenvolvimento da Missão Espacial Brasileira. A cooperação com o Brasil não teve êxito. A França junto com os Estados Unidos estabeleceram o Sistema Argos. A NOAA coube o fornecimento dos satélites da série NOAA e o CNES o fornecimento das cargas úteis denominadas de Argos-1, Argos-2 e Argos-3.

A empresa CLS Argos localizada em Toulouse faz o processamento, armazenamento e a distribuição dos dados das plataformas para os usuários, cobrando pelos custos de processamento.

Assim, o segmento espacial do Sistema ARGOS é baseado no conjunto de satélites de órbita polar da NOAA. Atualmente estão em uso operacional os seguintes satélites: NOAA-12 (Argos-1), NOAA-14 (Argos-1), NOAA-15(Argos-2), NOAA-16(Argos-2), NOAA-17(Argos-2) e NOAA-18(Argos-2). A carga útil Argos-3 foi lançada no satélite japonês ADEOS II e operou até a entrada em pane do satélite, e recentemente foi lançado no satélite METOP (abril/2006). Este modelo de equipamento permite a interrogação de plataformas e transmissão em taxas mais elevadas (4800 bit/s), mantendo compatibilidade em termos de recepção dos modelos anteriores.

A Figura E.1 mostra o conjunto de passagens desses satélites pela estação de Cuiabá.

Facility-CBA-Sensor-11m-To-Satellite-NOAA12, Satellite-NOAA14, Satellite-NOAA15, Satellite-NOAA16: Acc

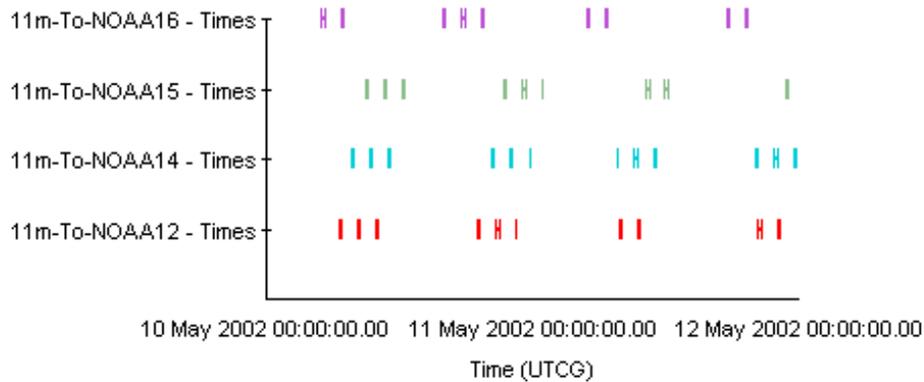


Figura E.1: Ciclo de passagens dos satélites da NOAA sobre Cuiabá.

Para uma estação no Equador, o número de passagens é reduzido, e para a região polar o número de passagens aumenta. Isto quer dizer que, para este sistema, a cobertura na região polar é muito boa e na região equatorial, a cobertura é ruim.

O Sistema ARGOS apresenta outra grande diferença com relação ao Sistema Brasileiro de Coleta de Dados. No ARGOS, o processamento da mensagem é feito a bordo e a descarga das mensagens processadas é feita usando as estações de Fairbanks (USA), Wallops (USA) e Lannion (França). Além dessas estações, o sistema permite a recepção de mensagens em tempo quase real, usando estações VHF ou HRPT. O sistema está configurado com dois centros de processamento global localizados em Largo (USA) e em Toulouse (França), e três centros regionais de Melbourne (Austrália), Tokyo (Japão) e Lima (Peru).

O Sistema ARGOS tem sido utilizado no Brasil para recepção e localização de bóias de deriva (Atlântico) ou plataformas de coleta de dados instaladas na Antártica, que não podem ser recebidas com o Sistema Brasileiro. É também utilizada para rastreamento de animais em área fora de cobertura das estações brasileiras.

## **E.2 O Sistema ORBCOMM**

Outro sistema é o ORBCOMM que utiliza uma constelação de 35 satélites de órbita baixa para realizar a coleta de dados ou comunicação bidirecional com terminais remotos. A constelação final é composta de 42 satélites. Como o sistema é do tipo “Store and Forward”, os satélites armazenam as mensagens a bordo para descarga posterior em uma estação “Gateway”.

Assim, o tempo de resposta do sistema poderá ser comprometido em função da localização dessa estação de recepção. O acesso ao sistema pelos usuários é feito através da Internet.

As plataformas não são compatíveis com o Sistema Brasileiro. São utilizadas transmissões na faixa de VHF.

## **E.3 Os Sistemas Geoestacionários METEOSAT e GOES**

Outra forma de se realizar a aquisição de dados de plataformas de coleta de dados é através do uso de satélites geoestacionários como o sistema METEOSAT e GOES. As plataformas em solo possuem horários pré-determinados, definidos na configuração do sistema pelo operador dos satélites (NOAA), para a transmissão dos dados.

Este sistema permite a coleta em horários sinóticos e sua aplicação é orientada para a meteorologia. Este sistema é incompatível com as plataformas do Sistema Brasileiro de Coleta de Dados.

## **E.4 O Sistema AUTOTRAC**

Outro sistema que pode ser utilizado para coleta de dados é o Sistema AUTOTRAC do empresário Nelson Piquet que utiliza o satélite de telecomunicações geoestacionário BRASILSAT, possibilitando mensagens em tempo real e *full-duplex*.

O Gateway fica em Brasília e os usuários acessam os dados via internet. O Sistema é pago, sendo a tarifa na ordem de R\$ 350,00/mês/estação, além de uma taxa de manutenção de *software* de R\$ 1.500,00 a cada 6 meses.

Este sistema tem cobertura limitada sobre a região marítima.

O INMET utiliza este sistema para suas Plataformas de Coleta de Dados Meteorológicas.