

**ESTUDO DE DESEMPENHO DE SISTEMA VIA SATÉLITE GEOESTACIONÁRIO
NAS BANDAS K_a E K_u PARA SUPORTE DE TELECOMUNICAÇÕES A UMA
REDE DE GESTÃO E REDUÇÃO DE RISCOS DE DESASTRES**

RONALDO LYRIO BORGIO

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

FACULDADE DE TECNOLOGIA

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

**ESTUDO DE DESEMPENHO DE SISTEMA VIA SATÉLITE GEOESTACIONÁRIO
NAS BANDAS Ka E Ku PARA SUPORTE DE TELECOMUNICAÇÕES A UMA
REDE DE GESTÃO E REDUÇÃO DE RISCOS DE DESASTRES**

RONALDO LYRIO BORGIO

ORIENTADOR: PAULO HENRIQUE PORTELA DE CARVALHO

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

PUBLICAÇÃO: PPGEE. DM – 497/2012.

BRASÍLIA/DF: SETEMBRO – 2012.

FICHA CATALOGRÁFICA

BORGO, RONALDO LYRIO.

Estudo de desempenho de sistema via satélite geostacionário nas bandas Ka e Ku para suporte de telecomunicações a uma rede de gestão e redução de desastres.

[Distrito Federal] 2012. xvii, 109 p., 297 mm (ENE/FT/UnB, Mestre, Engenharia Elétrica, 2012). Dissertação de Mestrado – Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia. Departamento de Engenharia Elétrica.

1. Tecnologias de informação e comunicação. 2. Sistemas de telecomunicações via satélite.

3. Gestão e redução de desastres.

4. Satélites geostacionários

5. Comunicações emergenciais.

6. Banda Larga

I. ENE/FT/UNB

II. Título (série)

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

BORGO, R.L. (2012). Dissertação de Mestrado em Engenharia Elétrica, Publicação PPGEE. DM – 497/2012. Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 108p.

CESSÃO DE DIREITOS

AUTOR: Ronaldo Lyrio Borgo.

TÍTULO: Estudo de desempenho de sistema via satélite geostacionário nas bandas Ka e Ku para suporte de telecomunicações a uma rede de gestão e redução de desastres.

GRAU / ANO: Mestre/ 2012.

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta dissertação de mestrado e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte dessa dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem autorização por escrito do autor.

Ronaldo Lyrio Borgo

Universidade de Brasília – Faculdade de Tecnologia

Departamento de Engenharia Elétrica

70910-900 Brasília – DF Brasil.

“We rich and poor all are going to be “islanders” or *costeños* (coastal dwellers), one way or another. Living far from sea level is not going to keep anyone safe from climate change effects, including the indirect effects of the raising sea level.”

Ironically, climate change offers humanity an opportunity for a quantum leap in sustainable development and in peace making. If international cooperation (as opposed to competition) is strengthened in response to the seven kinds of threats discussed, international stability, governance, and development can also benefit.” (Ben Wisner)

**Dedico este trabalho aos meus Pais Eternos:
Henrique José de Souza e Helena Jefferson de Souza,
e ao meu Filho:
Vinicius Martí Pedroni Borgo.**

RESUMO

ESTUDO DE DESEMPENHO DE SISTEMA VIA SATÉLITE GEOESTACIONÁRIO NAS BANDAS Ka E Ku PARA SUPORTE DE TELECOMUNICAÇÕES A UMA REDE DE GESTÃO E REDUÇÃO DE RISCOS DE DESASTRES

Autor: Ronaldo Lyrio Borgo

Orientador: Prof. Dr. Paulo Henrique Portela de Carvalho

Programa de Pós-graduação em Engenharia Elétrica

Brasília, setembro de 2012

Constelações de satélites têm sido utilizadas desde o século XX como infraestrutura de tecnologias de informação e comunicação espacial a serviço das redes de gestão de desastres, de abrangência nacional, regional e global. As tecnologias de informação e comunicações espaciais lograram destaque nesse campo devido a fatores de eficácia nas comunicações emergenciais em situações de desastres, como comprova a experiência internacional relatada pela ITU-D e a ITU-R, por agências espaciais e centros de transferência de tecnologia, como o *Asia and Pacific Center for Transfer of Technology (APCTT)*. O trabalho de pesquisa está centrado na investigação de um sistema de telecomunicações por satélite geoestacionário de banda larga equipado com arquitetura e interface de padrão ETSI *Satellite Digital Video Broadcast with Return Channel second generation (DVB-RCS2)*, para serviços fixos (VSAT) e móveis transportáveis (USAT) para a gestão de desastres. Desenvolve análises sobre simulações de balanço de potência de enlaces para a verificação de desempenho do sistema via satélite geoestacionário de banda larga proposto no estudo operando nas bandas Ka e Ku. A dissertação visa contribuir somente com elementos de análise de desempenho do sistema que possa servir ao planejamento preliminar de um sistema alternativo via satélite de telecomunicações de banda larga, para suporte de uma futura plataforma tecnológica (*framework*) brasileira para a gestão e redução de riscos de desastres, com extensão de cobertura para a América do Sul.

Palavras Chave: Infraestruturas de Tecnologias de informação e comunicação, Sistemas de telecomunicações via satélite, gestão e redução de desastres, satélites geoestacionários, banda larga, comunicações emergenciais.

ABSTRACT

PERFORMANCE STUDY OF A GEOSTATIONARY SATELLITE SYSTEM OPERATING ON Ka & Ku BANDS TO SUPPORT A TELECOMMUNICATION NETWORK FOR DISASTER RISK REDUCTION AND MANAGEMENT.

Author: Ronaldo Lyrio Borgo

Phd Supervisor: Profo. Dr. Paulo Henrique Portela de Carvalho

Msc. Electrical Engineer Post-grad. Program – Brasília University .

Brasília 2012 september.

Satellite constellations have been improved since the twentieth century to serve as information and communication technology (ICT) infrastructure and space communication networks, in the service of Disaster Management at national, regional and global level. ICT have achieved prominence in the space field due to factors of emergency communications efficiency for disaster management, as evidenced by international experience reported by the ITU-D and ITU-R, by space agencies and R&D centers like the Asia and Pacific Center for Transfer of Technology (APCTT).

The proposed research work is centered on the investigation of a geostationary satellite system for broadband telecommunications services equipped with a core air interface ETSI architecture pattern like *Satellite Digital Video Broadcast with Return Channel second generation (DVB-RCS2)*, for satellite access fixed VSAT and transportable USAT terminals to support disaster management. It develops link budget simulations to verify Ka and Ku bands application's performance.

The dissertation aims to contribute only with performance elements from experienced geostationary broadband satellites systems exploring the Ka and Ku microwave regulated spectrum, to serve as preliminary planning study for a backhaul space telecommunications platform, it could support a future deploy framework for Brazil and South America region disaster risk reduction and management.

Key words: Information and Communication technologies frameworks. Satellite Telecommunication Systems. Disaster reduction and management. Geostationary satellites. Broadband . Emergency communications.

SUMÁRIO

1 – INTRODUÇÃO.....	1
1.1 - CONTEXTUALIZAÇÃO	1
1.2- POSICIONAMENTO DO ESTUDO.....	2
1.3- POSICIONAMENTO DO PROBLEMA	2
1.4- OBJETIVOS DA DISSERTAÇÃO	3
1.5 – ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	3
2 - ASPECTOS GERAIS DA GESTÃO DE DESASTRES	5
2.1 - INTRODUÇÃO	5
2.2 – AÇÕES DA ITU PARA DESENVOLVER E REGULAMENTAR AS TELECOMUNICAÇÕES APLICADAS A GESTÃO DE DESASTRES.	6
2.3- ACERCA DO CICLO ESTRATÉGICO DE GESTÃO DE DESASTRES	11
2.4- ASPECTOS DAS RADIOCOMUNICAÇÕES APLICADAS AO CICLO DE GESTÃO DE DESASTRES	15
2.5 - MODELO DE REFERÊNCIA NACIONAL DE SISTEMA DE GESTÃO DE DESASTRES. ASPECTOS DE REDES DE GERENCIAMENTO DE DESASTRES DO JAPÃO.	18
2.6- MODELO DE REFERÊNCIA DE SISTEMA DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO REGIONAL PARA SUPORTE PLENO AO CICLO DE GESTÃO DE DESASTRES: O CASO <i>SENTINEL ASIA</i> .	20
3 ASPECTOS RELEVANTES DE SISTEMAS SATÉLITES GEOESTACIONÁRIOS PARA AS TELECOMUNICAÇÕES DE BANDA LARGA	27
3.1 – GENERALIDADES	27
3.2 – ARQUITETURA DE REDE E TOPOLOGIAS	29
3.3- ACERCA DO PADRÃO DE SISTEMA SATÉLITE DE BANDA LARGA DVB-RCS2.	31
3.4 – CARACTERÍSTICAS DE SERVIÇOS DE TELECOMUNICAÇÕES E CAPACITAÇÃO DE ENLACES	34
4 – REQUISITOS E CARACTERÍSTICAS DO SISTEMA PROPOSTO VIA SATÉLITE GEOESTACIONÁRIO “ALERTA BR” NAS BANDAS KA E KU APLICADOS A GESTÃO DE DESASTRES NO BRASIL	37
4.1 – REQUISITOS DE INTERFACE AR	37
4.2- REQUISITOS DE FREQUÊNCIA DE OPERAÇÕES	39
4.3 - REQUISITOS DE QUALIDADE E DESEMPENHO DO SISTEMA	40
4.4 – REQUISITOS DE REDE E SERVIÇOS DO SISTEMA SATÉLITE	41

4.5 - PARÂMETROS DO SISTEMA PROPOSTO	43
4.6 - RESUMO DAS CARACTERÍSTICAS DA REDE BASE SATÉLITE ALERTA BR	44
4.7 - ACERCA DA REDE DE GESTÃO DE DESASTRES	46
4.8 - ESTAÇÕES E TERMINAIS SATÉLITE DA REDE PROPOSTA	49
4.9 - ACERCA DA REDE DE MONITORAMENTO AMBIENTAL	53
5 - SIMULAÇÕES DO SISTEMA PROPOSTO E ANÁLISE DE RESULTADOS	50
5.1 - INTRODUÇÃO E PREMISSAS DE SIMULAÇÃO.....	50
5.2- RESUMO DAS TÉCNICAS DE MITIGAÇÃO DE DESVANESCIMENTO UTILIZADAS NO SISTEMA PARA SIMULAÇÃO DO BALANÇO DE POTÊNCIA DE ENLACE	52
5.3- RESUMO DO CÁLCULO DE ENLACES	53
5.4- APLICATIVO PARA AS SIMULAÇÕES DE BALANÇO DE ENLACES	55
5.5 – ANÁLISE DE RESULTADOS DE SIMULAÇÕES DO SISTEMA VIA SATÉLITE EURO-BIRD 3	58
5.6 - RESULTADOS DE SIMULAÇÃO DO SISTEMA ALERTA BR	64
6 – CONCLUSÕES	
6.1- PERSPECTIVAS DE P&D&I E RECOMENDAÇÕES DE ESTUDOS DE PLANEJAMENTO BASEADOS EM SIMULAÇÕES DE SISTEMAS SATÉLITE DE TELECOMUNICAÇÕES	78
7 – BIBLIOGRAFIA	81
8 – ANEXOS	86

LISTA DE FIGURAS E TABELAS

Figura 1.1 – Ilustrações acerca da estimativa de perdas econômicas por desastres no Brasil e ALC.	1
Figura 1.2 - Distribuição regional e número de desastres naturais no período 1995 – 2004. Fonte: UNEP/DEWA/GRID-Europa, nov. 2004.	2
Figura 1.3 – Ilustração da Sub-Região 02 da ITU-R – ALC.	2
Figura 2.1- Mapa <i>mundi</i> planisférico da divisão regional das radiofrequências do ITU-R[7]	6
Tabela 2.1 - Grupos de estudo do ITU-R para gestão de desastres	10
Figura 2.2- Ciclo Estratégico de Gestão de Desastres[15].	12
Tabela 2.2- Ações\Fases de gestão de desastres segundo tipo de fenômeno natural, apoiadas por satélites de Observação da terra	16
Figura 2.3 - Diagrama de blocos da Rede das Radiocomunicações para a Gestão de Desastres do Japão	19
Figura 2.4: Configuração da Rede Satélite para cobertura das Prefeituras no Japão	20
Figura 2.5 - Servidor de Produtos GIS	22
Figura 2.6 - Ilustração do Framework SENTINEL ASIA em sua 2ª fase ,com o Satélite de telecomunicações Geo WINDS – JAXA	23
Figura 2.7 - Plataforma de Operações Regional [15]	24
Figura 2.8 - Ilustração da rede de servidores regional do <i>Sentinel Ásia</i>	25
Figura 2.9 – Integração Fase II	26
Figura 3.1 - Exemplo de Rede Satélite Backhaul	28
Figura 3.2- Ilustração de Satélite “multispotbeam” com processador\roteador de pacotes IP.	28
Figura 3.3- Diagrama de transponder transparente	29
Figura 3.4 – Diagrama de um repetidor regenerativo	30
Figura 3.5 - Topologias de Rede Satélite de Banda Larga	31
Figura 3.6 – Ilustração da configuração da rede satélite DVB-RCS	32
Figura 3.7 - Ilustração do esquema de controle ACM DVB-S2	34
Tabela 4.1 - Valores típicos de disponibilidade. Serviços Fixos Compartilhados	39
Tabela 4.2 – Valores de Disponibilidade. Serviços Fixos Emergenciais	40
Tabela 4.3 : Parâmetros dos satélites do Sistema Propositivo	42

Tabela 4.4 : Parâmetros das estações terminais do Sistema Propositivo	42
Tabela 4.5 - Parâmetros de interferência do Sistema Propositivo	43
Tabela 4.6 – Características do Satélite ALERTA BR	44
Figura 4.7 – Rede Satélite “ALERTA BR” no Cenário de curto prazo	45
Figura. 4.8- Rede Satélite “ALERTA BR” no Cenário Futuro	46
Figura 4.9 - Modelo de rede de acesso VSAT\RCST-LAN	47
Figura 4.10 - Estação transportável EMERGESAT –ETSI	48
Figura 4.11 - Terminal satélite transportável USAT	48
Tabela. 5.1 – Técnicas de Mitigação de Desvanescimentos utilizadas no Sistema Propositivo	51
Figura 5.1 - Planilha de Entrada de dados para os Enlaces de Subida e Descida do SATMASTER	52
Figura 5.2 - Planilha de Entrada de dados para os Enlaces de Subida e Descida do SATMASTER	52
Tabela 5.2 – Resultados de Simulação de Balanço de Potência p\ o Satélite EUROBIRD 3 operando serviços emergenciais na Banda Ka, cobertura da Europa . Enlaces Direto	56
Tabela 5.3 - Resultados de Simulação de Balanço de Potência p\ o Satélite EUROBIRD 3 operando serviços emergenciais na Banda Ka, cobertura da Europa . Enlaces Reverso.	57
Tabela 5.3 - Resultados de Enlace Direto (HUB – SAT – TSAT) do Sistema Propositivo, operando Serviços Fixos(FSS) <i>broadcast</i> comerciais na Banda Ka, com feixes de cobertura sobre as capitais	58
Tabela 5.4 – Serviços Emergenciais ou Críticos para a Gestão de Desastres nas Capitais. Resultados para o Enlace Direto <i>Hub/GW-Satélite – Terminal Vsat</i> na Banda Ka	60
Tabela 5.5 - Resultados de simulações para o Enlace Direto <i>GW-Satélite -Terminal</i> na Banda Ku. Cobertura sobre uma amostragem das capitais	62
Tabela 5.6 – Resultados das simulações de balanço de potência no enlace direto para as estações VSAT regionais remotas correspondentes a centros de gestão de desastres no Brasil. Serviços de telecomunicações via satélite emergenciais na banda Ka	63
Tabela 5.7 - Resultados das simulações de balanço de potência no enlace reverso para as estações VSAT regionais remotas correspondentes a centros de gestão de desastres no Brasil. Serviços de telecomunicações via satélite emergenciais na banda Ka	64
Tabela 5.8– Resultados das simulações de balanço de potência no enlace direto para as estações VSAT regionais remotas. Serviços de telecomunicações via satélite <i>broadcast</i> comerciais na banda Ka	65

Tabela 5.9– Resultados das simulações de balanço de potência no enlace direto para as estações VSAT regionais remotas correspondentes a centros de gestão de desastres no Brasil. Serviços de telecomunicações via satélite emergenciais na banda Ku	66
Tabela 5.10 - Resultados das simulações de balanço de potência no enlace reverso para as estações VSAT regionais remotas correspondentes a centros de gestão de desastres no Brasil. Serviços de telecomunicações via satélite emergenciais na banda Ku	67

LISTA DE ANEXOS

ANEXO 01 – Membros do Consórcio Internacional Charter	77
ANEXO 02 – Satélites de Observação da Terra para a Gestão de Riscos de Desastres(Prevenção ou Redução de Desastres)	78
ANEXO 03 - Mapa do Brasil com a planta de estações meteorológicas do INMET.....	79
ANEXO 04- Arquivos da base de dados de simulações de sistemas satélites.....	80
ANEXO 05 – Arquivos da base de dados da dissertação	81

LISTA DE ABREVIACÕES

AWGN – Ruído Branco Gaussiano

ACM – Modulação e codificação adaptativa

ANATEL - Agencia Nacional de Telecomunicações

ALERTA BR – Sistema via satélite geoestacionário proposto no estudo para gestão e redução de desastres no Brasil

ALC – América Latina e Caribe

AS – América do Sul

BCH – Esquema de codificação “Bose-Chaudhuri-Hocquenghem”

BER - Taxa de erro de bit

CEMADEN - Centro Nacional de Monitoramento e Alerta de Desastres Naturais

CENAD - Centro Nacional de gerenciamento de riscos e desastres

DVB-S – Padrão do ETSI para Difusão de Vídeo Digital via satélite.

DVB-RCS – Padrão do ETSI para Difusão de Vídeo Digital via satélite com canal de retorno.

DVB-RCS2 – Padrão do ETSI para Difusão de Vídeo Digital de segunda geração via satélite com canal de retorno.

ETSI – Instituto Europeu de Padrões em Telecomunicações

EIRP – Potência efetivamente irradiada

FSS – Serviço fixo via satélite

FEC – Correção de erro no enlace direto

GEO – Observação global da Terra

GPS - Sistema Global de posicionamento

HFA - Programa de ação de Hyogo , Japão

HPA – Amplificador de alta potência

HUB – Estação de interconexão e controle base Terra do sistema via satélite

ICTS – Information and communication technologies

ITU-R - União Internacional de Telecomunicações- Radiocomunicações

ITU-D - União Internacional de Telecomunicações- Desenvolvimento

ISDR – Estratégia Internacional para a redução de desastres da ONU

JAXA- Agência espacial do Japão

LNA – Amplificador de baixo ruído

LDPC – Esquema de codificação “cheque de paridade de baixa densidade”

MF-TDMA- Acesso múltiplo e multifrequencial por divisão no tempo

NCC-GW - Centro de controle da rede interligado com a estação *gateway ou Hub*.

P&D&I - Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação

PPDR - Proteção pública e salvamento em desastres

PER - Taxa de erro de pacote

QPSK - *Quadrature phase shift keing – deslocamento comutado por quadratura de fase da portadora.*

TICS – Tecnologias de informação e comunicação

TDR – Telecomunicações para socorro em desastres

TDM – Multiplex por divisão de tempo

TWTA- Amplificador Tubo de onda viajante

USAT – Terminal de acesso com pequenas antenas (diâmetro da ordem de 0,30m a 0,60m).

VSAT- Terminal de acesso com pequenas antenas (diâmetros da ordem de 0,75m a 1,8 m).

VSAT –LAN – Rede local de computadores interligada por antena VSAT

USAT-PC – Terminal de usuário transportável tipo laptop com modem e antena USAT.

WCR - Conferência Mundial de Radiocomunicações

Web-GIS - Sistema de informação geográfica em rede Internet

WINDS - *Wideband internetworking engineering test and demonstration satellite*

WINDS-JAXA - Satélite para serviços internet de banda larga da agencia espacial do Japão.

1 – INTRODUÇÃO

1.1- CONTEXTUALIZAÇÃO

As comunicações de banda larga fazem parte das metas de integração da infraestrutura no âmbito da União de Nações Sul-Americanas UNASUL. Está previsto no plano de integração regional de infraestruturas de telecomunicações terrestres o modo compartilhado de um anel sul-americano ótico interligando os 13 países da região em banda larga, além de projetos de cabos submarinos interconectando a América do Sul aos Estados Unidos, Europa e África¹.

Acerca da Conferência das Nações Unidas para Desenvolvimento Sustentável Rio+20 a ITU publicou um documento intitulado “Chamada para Ação para a Conferência Rio+20”², onde enfatiza o reconhecimento das Nações Unidas sobre o acesso às tecnologias de informação e comunicação em banda larga como infraestruturas de suporte ao desenvolvimento sustentável e promoção da agenda internacional sobre a promissora economia verde.

Apesar de todos os esforços promovidos pelos países da região latino americana em desenvolver seus sistemas e redes de segurança e gestão de riscos e desastres, a exemplo do Brasil que já possui dois grandes centros integrados para a gestão de desastres CENAD e CEMADEN, a região não possui um sistema dedicado e integrado de gestão e redução de desastres suportado plenamente por infraestrutura de telecomunicações de banda larga, e está compreendida na 2ª região do globo mais atingida por desastres hidrometeorológicos, com perdas econômicas da ordem de 1% do seu PIB[1]. As figuras 1.1 e 1.2 ilustram estas informações e dados econômicos estimados.

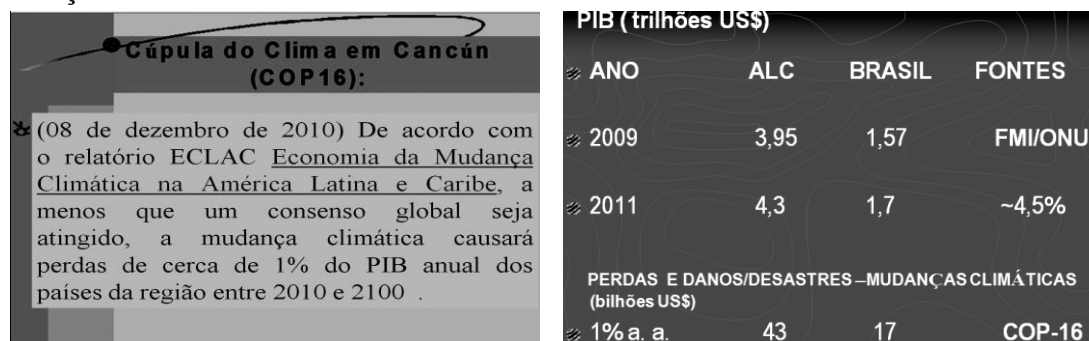


Figura 1.1 – Ilustrações acerca da estimativa de perdas por desastres no Brasil e ALC [1]

¹ <http://www.mc.gov.br/acoes-e-programas/programa-nacional-de-banda-larga-pnbl>

² <http://www.itu.int/net/broadband/Documents/BBCom-Rio+20-v15.pdf>

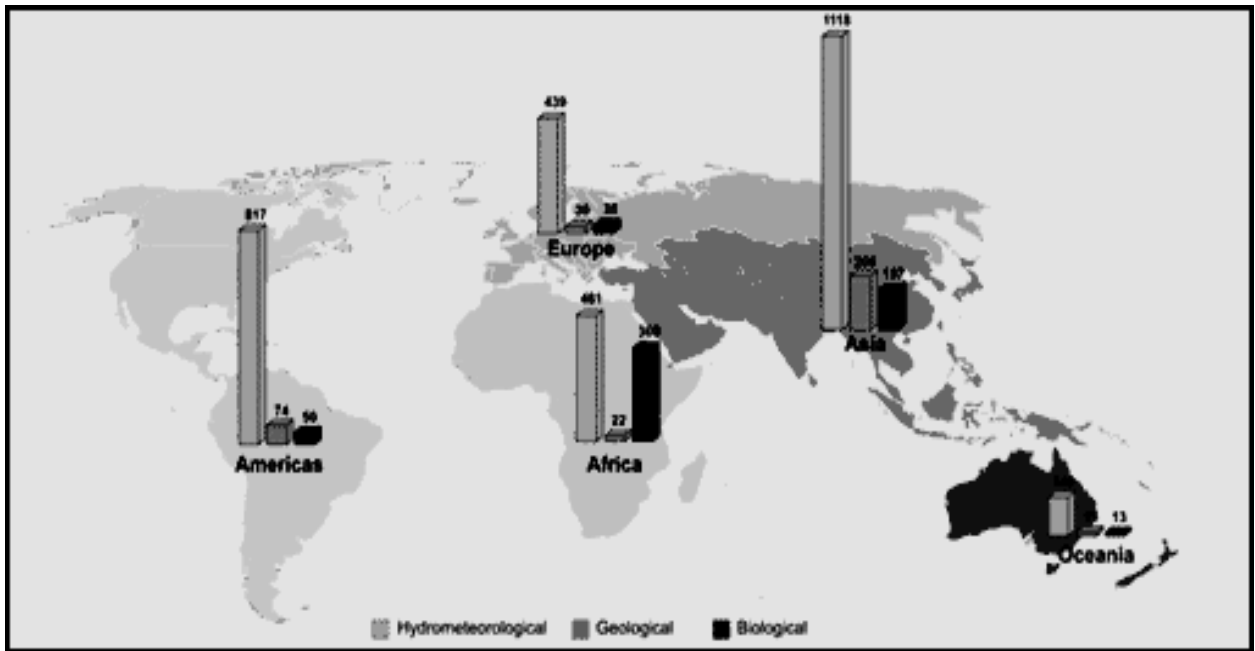


Figura 1.2 - Regional distribution and number of natural disasters 1995-2004. Source: UNEP/DEWA/GRID - Europe, November 2004.

Os acordos de integração de infraestrutura de telecomunicações espaciais no âmbito de políticas intergovernamentais da União de Nações Sul-Americanas (UNASUL) e da Comunidade dos Estados Latino-Americanos e Caribenhos (CELAC) poderão promover no futuro próximo, um sistema integrado e dedicado ou plataforma regional de satélites para uso múltiplo compartilhado e cooperativo para a sub-região 02 da ITU-R (América Latina e Caribe) ilustrada na figura 1.3, a exemplo das ações e programas de pesquisa e desenvolvimentos nas outras regiões ITU-R 01 E 03 do globo, que vai desde ensino e aprendizagem a gestão ambiental, pesquisa, desenvolvimento e inovação científico-tecnológica a proteção pública, gestão territorial de riscos e desastres a segurança humana e saúde [1].

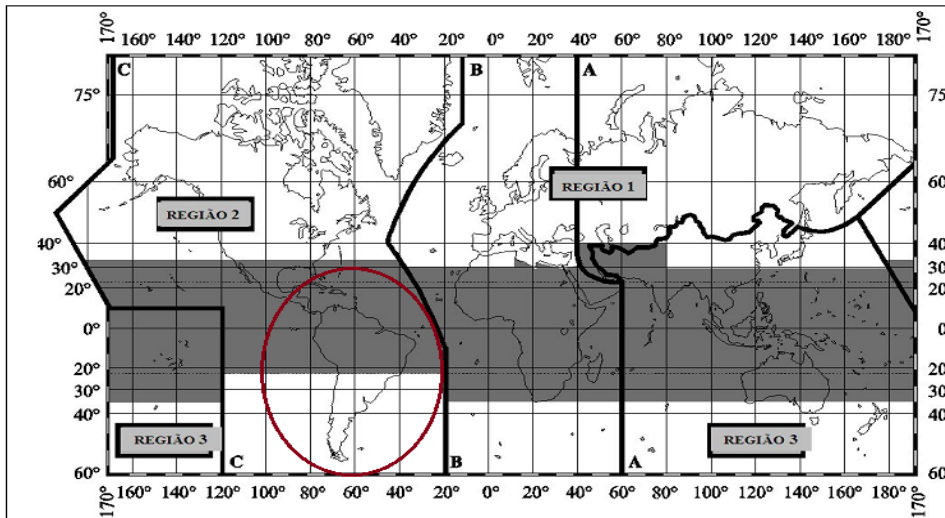


Figura 1.3 – Ilustração da Sub-Região 02 da ITU-R – ALC

1.2- POSICIONAMENTOS DO ESTUDO

O estudo investiga sistemas de telecomunicações espaciais com base em satélites de banda larga na faixa de micro-ondas Ka e Ku (referencia ao item 4.2) para suporte a uma rede de gestão e redução de desastres com cobertura nacional para o Brasil, podendo se estender para a região da América do Sul. Pretende adicionar contribuição técnica para planejamento preliminar de uma possível iniciativa regional na América do Sul, a partir do Brasil, como uma infraestrutura programática (*framework*) alternativa e de integração cooperativa internacional para enfrentar o problema dos desastres. O estudo propõe um sistema de telecomunicações via satélite geoestacionário de banda larga, e simula o balanço de potência de enlaces para verificar aspectos de desempenho com a cobertura sobre o Brasil para suporte pleno a uma rede terrestre de centros municipais, locais, de gestão e redução de desastres.

O estudo é resultado de quatro anos e meio de atividades de P&D junto ao programa de pós-graduação em engenharia elétrica da UNB, área de telecomunicações aplicadas, e tem convergências com o programa de governo brasileiro para a construção de satélites geoestacionários de telecomunicações utilizando as faixas de frequências K, para suportar o

Plano Nacional de Banda Larga (PNBL) como uma das ações prioritárias do Plano Nacional de Desenvolvimento das Atividades Espaciais (PNAE)³.

1.3- POSICIONAMENTOS DO PROBLEMA

As limitações impostas à propagação de sinal por desvanecimentos nas bandas de micro-ondas Ku e kA impactam a qualidade e a disponibilidade dos serviços de telecomunicações via satélite multimídia (banda larga) para suporte à gestão de desastres. O sistema proposto emprega técnicas de mitigação de desvanecimentos para portadoras nas bandas kA e kU, como a modulação e codificação adaptativa QPSK 1\2 e QPSK 1\4, para prover margem positiva no balanço de potência de enlaces estação a estação.

Devido a complexidade e abrangência do tema, o posicionamento do problema está focado em validar a aplicação de um sistema base satélite geoestacionário, nas bandas de frequência de micro-ondas Ka e Ku, para o provimento de serviços de telecomunicações fixos e transportáveis de banda larga e multimídia, por meio de simulações de balanço de potência *link budget*.

1.5 - OBJETIVO DA DISSERTAÇÃO

Verificar o desempenho de um sistema proposto de telecomunicações via satélite geoestacionário repetidor transparente *bent pipe*, que opere nas bandas de micro-ondas Ku e Ka para provimento de serviços via satélite fixos (FSS) e móvel transportável de telecomunicações de banda larga com cobertura sobre o Brasil, através de simulações amostrais de balanço de potência de enlaces estação a estação (tendo como referência a planta de localização geográfica de estações meteorológicas do INMET) nas regiões e capitais brasileiras:

I - Norte: Oiapoque-RO; Manaus-AM, Belém-PA, São Luiz-MA, Boa Vista-Ro.

II - Sul: Chuí- RG; Florianópolis-STC, Curitiba-PR.

III- Leste (Sudeste): Ilha Trindade- ES; São Paulo-SP, Belo Horizonte-MG.

IV- Oeste (Noroeste, Centro Oeste): São Gabriel da Cachoeira-AM, Brasília-DF, Cuiabá-MT.

³ www.aeb.gov.br/download/PDF/pnae_web.pdf

V - Nordeste: Ilha São Pedro&São Paulo- RN , Fortaleza-CE.

VI- Antártica: Estação Comandante Ferraz

1.5 – ESTRUTURAS DA DISSERTAÇÃO

A estrutura está baseada em cinco partes ou capítulos. O primeiro fundamenta os objetivos da dissertação sobre contexto mundial, estimativas de perdas econômicas por desastres e posicionamentos que refletem o interesse do estudo sobre o tema da dissertação. O segundo capítulo sintetiza as políticas de ciências e tecnologias, iniciativas, inovações e os fundamentos de gestão de desastres, e descreve as ações do ITU no contexto global de regulamentação, estudos e desenvolvimentos das telecomunicações para suporte a gestão de desastres. Trata de enfatizar os exemplos de sistema nacional de gestão de desastres do Japão e regional da Ásia-Pacífico como modelos de referência em infraestrutura de rede de telecomunicações para gestão de desastres, que possa servir de base para desenvolvimentos tecnológicos e inovações em políticas de ciências e tecnologias para a gestão e redução de desastres no Brasil e para a região da América do Sul. O terceiro capítulo aborda sinteticamente sistemas via satélite geoestacionário para serviços de telecomunicações de banda larga baseado nos desenvolvimentos e características pertinentes ao padrão de sistema satélite DVB-RCS2. O quarto capítulo aborda os requisitos de sistemas via satélite geoestacionários nas bandas de microondas Ka e Ku aplicados a gestão de desastres para fundamentar um sistema propositivo aplicado no cenário de curto prazo a gestão de desastres no Brasil. O capítulo 5 aborda aspectos de simulação de balanço de potência de enlaces para verificar o desempenho do sistema propositivo geoestacionário repetidor passivo, e sintetiza os resultados das simulações realizadas para fundamentar análises de desempenho e as conclusões no capítulo 6.

São apresentados bibliografia e anexos nos capítulos 7 e 8.

2- ASPECTOS GERAIS DE GESTÃO DE DESASTRES

2.1 - INTRODUÇÃO

Com a vasta experiência adquirida sobre desastres e proteção pública no século XX e na 1^a década do séc. XXI surgiram diversas iniciativas nacionais, regionais e globais, intensivamente baseadas em aplicações de ciências e tecnologias para a gestão e redução de desastres, principalmente as telecomunicações emergenciais e os sistemas de alerta antecipado a desastres, com ênfase em sistemas de alerta a tsunami [2, 3, 6, 7]. As demandas de proteção pública e socorro a desastres foram intensamente suportadas por sistemas de telecomunicações emergenciais espaciais e terrestres. A necessidade de intensificar ações e programar infraestruturas regionais, nacionais e locais com centros coordenadores de gestão e redução de desastres, e a especialização de agências nacionais de telecomunicações para promover a regulação internacional do espectro de frequências, culminou com a Conferência Global de Radiocomunicações WCR-2000, que impulsionou P&D em telecomunicações para a gestão de desastres em todo mundo[4]. A escalada de conhecimento e de perdas e danos por desastres induziram as Nações Unidas a programar uma estratégia internacional para a redução de desastres *International Strategy for Disaster Reduction (ISDR)*, a partir da Conferência Mundial para a Redução de Desastres realizada em Kobe, Hyogo no Japão, em janeiro de 2005, onde foi lançado o *Hyogo Framework for Action 2005-2015: Building the resilience of nations and communities to disasters (HFA)* [5]. A partir deste marco nas políticas intergovernamentais da ONU cresceu a importância na prevenção de desastres, e a indução de políticas, iniciativas e inovações tecnológicas centradas na redução de riscos de desastres focadas na investigação e na mitigação das vulnerabilidades e na geração de resiliências⁴, tendo como base a convergência entre as ciências e tecnologias [11, 25, 26, 39, 44].

⁴ Recursos e infraestruturas tecnológicas disponibilizadas para mitigar parcialmente efeitos de variações climáticas bruscas e impactos de desastres. A implementação de resiliências locais promove a redução de riscos de desastres e a melhor adaptação a variações climáticas bruscas.

2.2 - AÇÕES DA ITU PARA DESENVOLVER E REGULAMENTAR AS TELECOMUNICAÇÕES APLICADAS A GESTÃO DE DESASTRES

2.1.1- Pequena síntese acerca das Radiocomunicações da ITU-R

Em decorrência da Conferência Intergovernamental sobre as Telecomunicações Emergenciais *Intergovernmental Conference on Emergency Telecommunications (ICET-98)*, a Convenção da ITU, realizada em Tampere/Finlândia (1998), referendou as resoluções e recomendações em torno das telecomunicações aplicadas a gestão de desastres e estabeleceu um marco na história da ONU para promover as telecomunicações aplicadas a mitigação de desastres e socorro humanitário *telecommunications for disaster mitigation and relief operations* junto aos países membros ONU signatários da Convenção [7]. As aplicações das comunicações emergenciais para proteção pública, socorro e intervenção em ocorrência de desastres e crises foram regulamentadas pela ITU a partir da Conferência Mundial de Radiocomunicações de Istambul 2000 (*World Radiocommunications Conference WRC-2000*), com a emissão da Resolução 644 (Istambul 2000) sobre os “Recursos de telecomunicações para suporte a operações de mitigação e socorro em desastres”, e através da Resolução 645 (Istambul 2000) sobre a “Harmonização global do espectro de frequências para proteção pública e mitigação de desastres” que conclamou a ITU-R a estudar com urgência os aspectos regulatórios de bandas de frequências de âmbitos global e regional, no sentido de melhorar a implementação das radiocomunicações para emergências e gestão de desastres e a conduzir estudos para identificar aspectos técnicos, operacionais e regulatórios para a circulação e trânsito sobre fronteiras de equipamentos de radiocomunicação para situações de desastres[4]. A Recomendação ITU-R M.1637 estabeleceu um guia de ação para circulação internacional de equipamentos de radiocomunicações [8]. Seguiram as Conferências da ITU-R de Istambul e de Marrakesh em 2002 com a Recomendação 12 (Istambul, 2002) acerca das “Considerações sobre as demandas de telecomunicações para gestão de desastres nas atividades de desenvolvimento das telecomunicações“, a Resolução 34(Istambul, 2002) sobre as “Telecomunicações a serviço da assistência humanitária” e a Resolução 36(Marrakesh, 2002) “Telecomunicações a serviço da assistência Humanitária”[7].

As conferências mundiais de radiocomunicações da ITU-R de 2000 a 2010 sintetizaram as experiências globais em proteção pública e socorro a desastres, e impulsionaram a regulamentação do espectro de frequências de forma harmonizada entre os países das regiões 1,

2 e 3, segundo o mapa *mundi* de espectro de radiofrequências da ITU-R[7] ilustrado na figura 2.1.

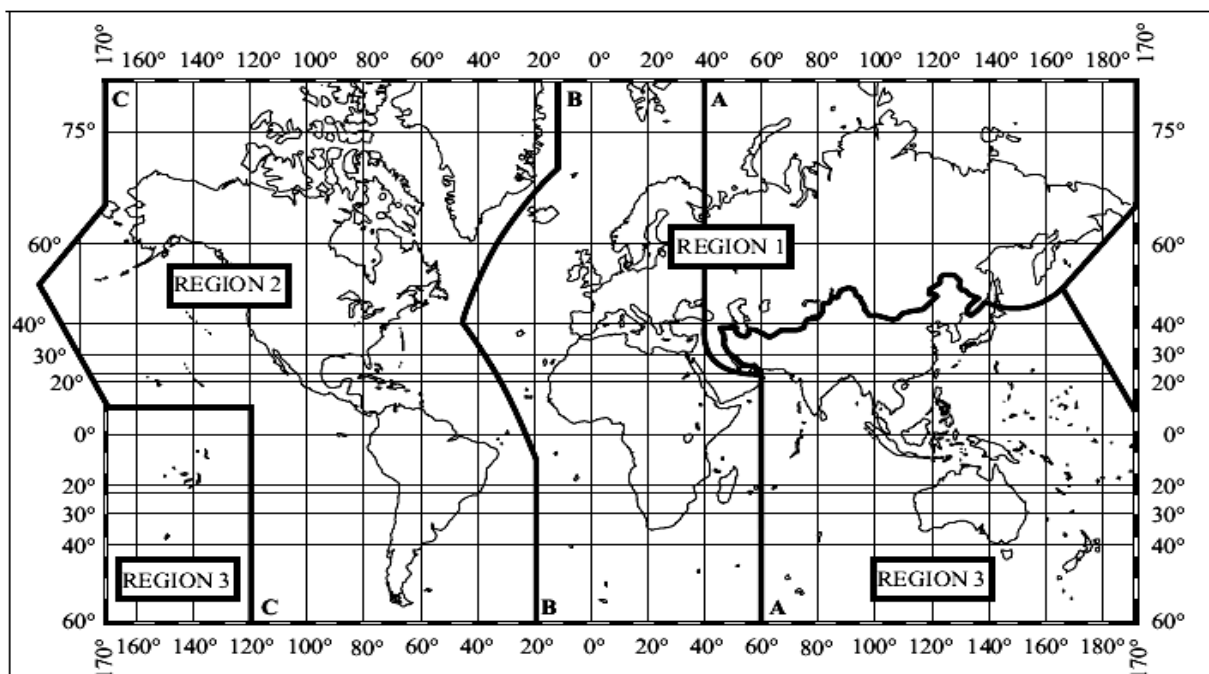


Figura 2.1 - Mapa *mundi* planisférico da divisão regional das radiofrequências da ITU-R[7]

A partir da Conferência Mundial de Radiocomunicações de 2003 (Genebra, Suíça, nove de Junho a quatro de julho de 2003) a ITU lançou o Relatório M.2033 – *Radiocommunication objectives and requirements for public protection and disaster relief* consolidando experiências e definindo objetivos e requisitos para a execução de futuras soluções avançadas para a proteção pública e de socorro a desastres (*public protection and disaster relief PPDR*), no sentido de promover as organizações nacionais PPDR em torno do ano 2010[21].

O grande marco nas inovações políticas em torno da problemática dos desastres ocorreu com a Conferência Mundial para a Redução de Desastres em Kobe, Japão (2005), com o lançamento da “Estratégia Internacional para a Redução de Desastres”, que veio a reforçar a adoção do Protocolo de Tampere globalmente [5] e alavancar desenvolvimento tecnológico no mundo para fazer frente aos desafios de reduzir efeitos de desastres e as escalas de perdas materiais e humanas[38, 39, 41, 44].

Destacam-se as resoluções, recomendações e relatórios da ITU-R, que referendam o conjunto de pesquisas e desenvolvimentos tecnológicos, políticas públicas e ações,

implementações de projetos, avaliações e consolidação de programas e iniciativas nacionais e internacionais dos países membros da ONU, decorridos no período 2005 a 2010, acerca das telecomunicações aplicadas a gestão de desastres:

- Report ITU-R *Emergency and disaster relief. Special supplement report*, (2006) [56].
- Resolution ITU-R 55. *ITU studies of disaster prediction, detection, mitigation and relief*. (2007-2012) [9].
- Recommendation ITU-R M.1854 (01/2010). *Use of mobile-satellite service in disaster response and relief*. M Series. Mobile, radio determination, amateur and related satellite services. (2010-2012) [13].
- Recommendation ITU-R S.1001-2 (01/2010). *Use of systems in the fixed-satellite service in the event of natural disasters and similar emergencies for warning and relief operations*. S Series. Fixed-satellite service. (2010-2012) [14].
- Report ITU-R S.2151. *Use and examples of systems in the fixed-satellite service in the event of natural disasters and similar emergencies for warning and relief operations*. (2009-2012) [24].

2.1.2 - Grupos de Estudo da ITU-R sobre as Radiocomunicações para a Gestão de desastres

A Resolução ITU-R 55(2007-2012): “Estudos da ITU para predição, detecção, mitigação e intervenção em desastres”[9] referenda todas as demais resoluções derivadas das conferências da ITU-R no período 2007 a 2012, e descreve em detalhes os objetivos dos nove subgrupos de estudo adotados pela resolução da Conferência Mundial de Radiocomunicações WRC-2007 da ITU. Enfatiza a determinação do Bureau do ITU de aumentar as ações para apoiar o desenvolvimento de sistemas robustos e abrangentes para suporte a gestão de emergências, riscos e desastres, de alerta antecipado, mitigação e intervenção, em nível nacional, regional e internacional, incluindo monitoramento e gerenciamento de sistemas que envolvam o uso de telecomunicações e tecnologias de informação e comunicação (por exemplo, sensoriamento remoto), em colaboração com outras organizações internacionais e agências, a fim de apoiar a coordenação a nível global e regional.

Os grupos de estudo das radiocomunicações do ITU-R, apresentados na tabela 2.1, desenvolvem a regulamentação de sistemas tecnológicos e redes de telecomunicações aplicadas a operações de suporte à gestão de desastres [56].

Tabela 2.1 - Grupos de estudo do ITU-R e a Gestão de desastres [56]

FASES DO DESASTRE	SERVIÇOS DE RADIOCOMUNICAÇÕES	DEMANDAS E ATIVIDADES	ESTUDOS ITU-R RADIOCOMUNICAÇÕES
PREVISÃO E DETECÇÃO	SERVIÇOS DE OBSERVAÇÃO DA TERRA SERVIÇOS METEOROLÓGICOS VIA SATÉLITE	PREVISÃO DE TEMPO E CLIMA MONITORAMENTO AMBIENTAL E DETECÇÃO DE FENÔMENOS NATURAIS DESASTROSOS PROVIMENTO DE ALERTA AÍ S AGENTES E ÓRGÃOS PÚBLICOS	GRUPO DE ESTUDO 7
ALERTA E RESPOSTA	SERVIÇOS RADIOAMADORES SEVIÇOS DE RADIODIFUSÃO VIA TERRESTRES E SATÉLITES SERVIÇOS FIXOS TERRESTRES E VIA SATÉLITES SERVIÇOS MÓVEIS TERRESTRES, VIA SATÉLITES, MARÍTMOS	RECEPÇÃO E DIFUSÃO DE MENSAGENS DE ALERTA DIFUNDIR ALERTA E ORIENTAÇÕES PÚBLICAS COMUNICAR COM CENTROS DE GESTÃO DIFUNDIR ALERTAS E INSTRUÇÕES	GRUPO DE ESTUDO 8 GRUPO DE ESTUDO 6 GRUPO DE ESTUDOS 9 E 4 GRUPO DE ESTUDOS 8
RECUPERAÇÃO, RESGATE SOCORRO HUMANITÁRIO	SERVIÇOS RADIOAMADORES SEVIÇOS DE RADIODIFUSÃO VIA TERRESTRES E SATÉLITES SERVIÇOS FIXOS TERRESTRES E VIA SATÉLITES SERVIÇOS MÓVEIS TERRESTRES, VIA SATÉLITES, MARÍTMOS SERVIÇOS DE OBSERVAÇÃO DA TERRA	AUXILIO A OPERAÇÕES DE RESGATE E SOCORRO COORDENAÇÃO DE ATIVIDADES DE RESGATE E SOCORRO PLANEJAMENTO E COORDENAÇÃO DE OPERAÇÕES SOCORRO, RESGATE, REABILITAÇÃO SUPORTE A ATIVIDADES DE SOCORRO, RESGATE, REABILIT AVALIAÇÃO DE DANOS, SURVEY DE ÁREAS PLANEJAMENTO DE SOCORRO, RESGATE, RECONSTRUÇÕES	GRUPO DE ESTUDO 8 GRUPO DE ESTUDO 6 GRUPO DE ESTUDOS 9 E 4 GRUPO DE ESTUDOS 8 GRUPO DE ESTUDO 7

2.1.3 – Pequena síntese de desenvolvimentos recentes da ITU-D (período 2006 a 2010)

Desenvolvimentos recentes mais significativos situam-se entre as Conferências da ITU-D de Doha *World Telecommunication Development Conference (WTDC-2006)*, e a de Hyderabad *World Telecommunication Development Conference (WTDC-2010)*. A Conferência de Hyderabad emitiu a Resolução 34 sobre o conjunto das telecomunicações e tecnologias de informação e comunicações para alerta antecipado e mitigação de desastres, assim como para a assistência humanitária, e publicou o seu Plano de Ação Operacional da ITU-D, referente a cinco programas temáticos de desenvolvimento intensivamente suportados nas Tecnologias de informação e comunicação. Destaca-se o programa cinco: “Países menos desenvolvidos, países

com demandas especiais, telecomunicações emergenciais e adaptação às mudanças climáticas” [40].

O grupo dois de estudos da ITU-D elabora relatórios finais pertinentes aos períodos de plano de ações operacionais relativos ao tema central “Utilização das TICS para a gestão de desastres, aplicações de recursos e sistemas espaciais de sensoriamento ativos e passivos aos desastres e socorro em situações de emergência”, e destaca-se o relatório do período 2006-2010: *Final report of the ITU-D Study Group dois Question 22/2. Utilization of ICT for disaster management, resources, and active and passive space-based sensing systems as they apply to disaster and emergency relief situations.* (2010) [15].

A Questão 22/2 em foco no Grupo de estudos dois da ITU-D considera uma proposição sensível em termos de provisionamento de infraestrutura tecnológica baseada nas telecomunicações e TICS para suporte eficaz a redes de gestão e redução de desastres, que se aplica ao contexto geral desta dissertação:

“j) Outrossim, há a demanda por ações e programas de desenvolvimento de infraestruturas e redes de tecnologias de informação e comunicação orientadas para a problemática dos desastres (*ICT disaster oriented framework*) que serão utilizadas nos estudos da ITU-D relacionados a gestão de desastres, e para informação adicional sobre a aplicação eficaz das telecomunicações e TICS para preparação, resposta e recuperação em caso de desastres, incluindo considerações sobre a integração de sistemas e infraestruturas existentes na plataforma de gestão de desastres e como garantir redundâncias e resiliências das redes e infraestruturas dos efeitos dos desastres naturais.”[32,36]

2.2 - ACERCA DO CICLO ESTRATÉGICO DE GESTÃO DE DESASTRES

Desastre significa uma interrupção grave do funcionamento da sociedade, o que representa uma significativa ameaça generalizada para a vida humana, a saúde, a propriedade ou o ambiente. É causado pela natureza ou atividade humana e se desenvolve rapidamente ou como o resultado de complexos processos de longo prazo [7].

O modelo de ciclo de gestão de desastres é caracterizado por fluxos operacionais de uma rede de gestão e redução de desastres, ilustrado na figura 2.2. Baseiam-se em nós interativos funcionais ou etapas do ciclo, com uma série de atividades que demandam exigente capacitação em infraestruturas de telecomunicações espaciais e terrestres, sistemas de informação e comunicação, redes computacionais, equipes de especialistas e técnicos de suporte[32]. As etapas são nós externos do ciclo, denominados: preparação, resposta, mitigação e recuperação\consolidação\reconstrução, e o nó central caracterizado pelas funções de comando, avaliação e controle, pertinentes a uma central de gestão e redução de desastres de âmbito nacional ou regional, ou ponto focal de redução de desastres nacional correspondente ao Centro Nacional de gestão de riscos e desastres CENAD, que coordena as diversas fases da gestão de âmbito local(municipal), estadual, nacional e regional [15].

O círculo esquerdo na figura 2.2 está relacionado com as etapas compreendidas na gestão anterior a ocorrência de desastres, e os da direita, com as fases compreendidas na gestão posterior aos desastres. Há uma interdependência funcional entre os fluxos (círculos esquerdo e direito) que está relacionado especializações das etapas de gestão, e que são coordenadas pelo centro de gestão que fundamentalmente opera comando, avaliação e controle integral do ciclo estratégico de gestão de desastres. A estratégia adotada pelo planejamento de gestão e redução de desastres no Brasil resultou no provisionamento de dois grandes centros em rede: O Centro Nacional de gerenciamento de riscos e desastres CENAD, e o Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais CEMADEN, que operam as funções de uma central de gestão e redução de desastres de âmbito nacional, ou ponto focal de redução de desastres nacional.

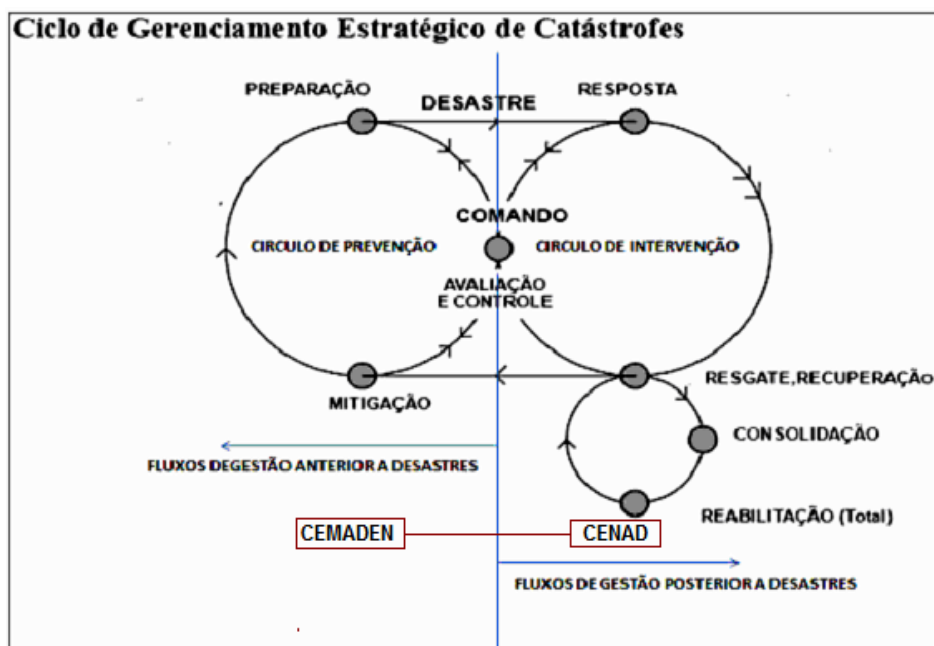


Figura 2.2- Ciclo Estratégico de Gestão de Desastres[15].

2.2.1- Caracterização das Fases/Ações do Ciclo de Gestão:

2.2.1.1- Gestão anterior a desastres

O trabalho de gestão anterior à ocorrência de desastres é denominado prevenção de desastres que empreende ações para a redução de riscos e de efeitos dos desastres. O órgão ou centro de gestão para a prevenção de desastres no Brasil corresponde ao Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais CEMADEN. Compreende o fluxo operacional do círculo esquerdo na figura 2.2 entre as etapas de mitigação, preparação e comando, avaliação e controle. As ações de Prevenção (gestão anterior a desastres) não empregam recursos de comunicações emergenciais como as *Telecommunications for disaster relief-TDR*, padronizadas pelo ITU, porém utilizam os recursos de sistemas satélites para

observação da terra e monitoramento ambiental e das redes de telecomunicações terrestres e espaciais disponíveis para comunicação e informação, como por exemplo: para interconectar as redes telemáticas do CEMADEN com o CENAD, e destes com os agentes, órgãos públicos e populações locais, para pleno suporte à prevenção de desastres.

2.2.1.1.1 – Mitigação

Contempla funções de prevenção de desastres, e trabalha com a perspectiva de reduzir os riscos de ocorrência dos desastres (operacionalizadas pelo CEMADEN) que converge ações de diversas redes especialistas e multidisciplinares para elaboração e execução de ações:

- . P&D&I em diversas áreas: meteorologia, sensoriamento remoto, geomagnetismo, astrofísica solar, radares, sistemas de comunicação, regra geral desempenhado pelas agências espaciais e institutos de pesquisa espaciais.

- . Monitoramento e coleta de dados ambientais: realizado com constelações de satélites de baixa órbita e de órbita polar.

- . Regulação, códigos e padrões, políticas sobre a prevenção e redução de desastres.

- . Planos de gerenciamento de risco, com o mapeamento de áreas de perigo, utilizando mapas digitalizados do território produzidos pelos sistemas de Observação da Terra, compostos por constelações de satélites de baixa órbita do grupo *Global Earth Observation(GEO)*, através de sensoriamento geo-espacial, recursos de sistemas de informação geográficos(GIS), e sistemas satélite de posicionamento global(GPS). O trabalho conta com a cooperação de consórcios de redes de satélites internacionais como o *International Charter [anexo 1]*.

- . Implementação de projetos de redes de prevenção de desastres, com a extensa participação pública e de órgãos de defesa civil, contando com recursos de redes de inclusão digital como telecentros, ativando e estendendo ações para a fase de preparação.

- . Campanhas públicas, elaboração de manuais e difusão de conhecimentos sobre a prevenção de desastres.

2.2.1.1.2 - Preparação

É a fase da gestão em que ocorre o provisionamento de infraestruturas tecnológicas e equipagem para a capacitação dos centros de gestão e redução de desastres com redes telemáticas, sistemas tecnológicos, treinamento dos recursos humanos e sistemas utilitários, tais como:

.Utilitários médicos e equipes técnicas, kits de suprimento de emergência.

.Instalação de sistemas de alerta antecipado, fontes de energia, redes, antenas, terminais remotos fixos e transportáveis de acesso a satélites, containers; Treinamento e logística.

2.2.1.2- Gestão posterior a desastres

O trabalho de gestão posterior à ocorrência de desastres é caracterizado pela intervenção sobre o cenário de desastres e compreende as etapas de resposta, resgate, consolidação e reabilitação, que interagem em um fluxo operacional basicamente composto por dois círculos (à direita na figura 2.2). O Centro de gestão (comando, avaliação e controle) corresponde ao Centro Nacional de Gestão de riscos e desastres CENAD que coordena as ações de Defesa Civil durante e após a ocorrência de desastres, as quais requerem alta disponibilidade e qualidade de recursos de telecomunicações emergenciais, além de todos os sistemas de telecomunicações usuais, principalmente via satélite de banda larga.

2.2.1.2.1- Resposta -

É uma fase de atuação com intervenção especialista das equipes coordenadas por autoridades do centro de gestão, regra geral procedendo com:

Difusão de alerta antecipado, emissão de sinalização de alarme, mensagens de comando, avaliação e controle; Triagem, Evacuação.

2.2.1.2.2 Resgate, Recuperação, Consolidação, e Reabilitação.

Forma um círculo de fluxo de atividades (a direita inferior na figura 2.2) que envolve a defesa civil, polícias e a ações de governo local para: socorro humanitário, resgate, reabilitação médica e paramédica, fixação de metas para saneamento, reconstrução etc. Considerando-se o nível do desastre, é a etapa que requer maiores demandas de serviços e recursos de comunicações emergenciais do gênero TDR, e de sistemas de telecomunicações via satélites geoestacionários, podendo-se utilizar sistemas de baixa órbita (LEO) de banda larga e de sistemas de informação (referenciado em 2.4).

2.3- ASPECTOS DAS RADIOCOMUNICAÇÕES APLICADAS AO CICLO DE GESTÃO DE DESASTRES

2.3.1- A observação da Terra e a gestão de desastres

Os sistemas via satélites meteorológicos e de coleta de dados ambientais, de órbita baixa e polar, foram aplicados em sistemas de monitoramento e observação da Terra, constituindo sistemas e base de dados de observação da Terra, geridos pelas agências espaciais, que, juntamente com os órgãos e pontos focais de meteorologia, desenvolveram diversos aplicativos de monitoramento ambiental para suporte à prevenção de desastres e ao controle territorial de recursos naturais. Estes sistemas via satélites integrados suportam as etapas do ciclo de gestão de desastres, e são o resultado da cooperação entre os países do grupo de observadores da Terra *Group of Earth Observation* (GEO) [anexo 2]. Atualmente existem iniciativas globais como a *CHARTER* [anexo 01] e regionais como a *SENTINEL ASIA* [46], que atuam mutuamente. Ainda para a fase de prevenção do ciclo de gestão de desastres foram introduzidos diversos tipos de sistemas de alerta a tsunamis baseados em satélites de baixa órbita e bandas estreitas S e L, posteriormente integrados em plataformas maiores de gestão de desastres nacionais e regionais [3,2].

A tabela 2.2 é apresentada para sintetizar ações das fases de gestão de desastres, para melhor ilustrar o texto quanto às funções operacionais suportadas pelos sistemas via satélite de observação da terra.

Tabela 2.2- Ações\Fases de gestão de desastres segundo tipo de fenômeno natural apoiadas por satélites de observação da Terra [9].

CATASTROFE	PREVENÇÃO	PREPARAÇÃO	SOCORRO /RECUPERAÇÃO
TERREMOTOS	MAPEAMENTO GEOLÓGICO DO USO DO SOLO	MONITORAMENTO E DETECÇÃO DE TENSÕES GEO-DINÂMICAS	LOCALIZAR ÁREAS COM IMPACTO DE DESASTRE MAPEAMENTO DE DANOS
ERUPÇÃO VULCÂNICA	MAPEAMENTO TOPOGRÁFICO DE USO DO SOLO	MONITORAMENTO, MEDIÇÃO E DETECÇÃO DE EMISSÕES DE GASES	MAPEAMENTO DE FLUXOS DE LAVAS, DANOS
DESGLIZAMENTOS DE TERRA	MAPEAMENTO TOPOGRÁFICO DE USO DO SOLO	MAPEAMENTO DE CHUVAS, DECLIVIDADE, ESTABILIDADE, DESLIZAMENTOS	MAPEAMENTO DE INUNDAÇÕES, MEDIÇÕES DE PRECIPITAÇÃO MAPEAMENTO DE DANOS
GRANDES INUNDAÇÕES ENCHENTES	MAPEAMENTO DE USO DA TERRA	MEDIR PRECIPITAÇÕES EM ESCALA REGIONAL EVAPORAÇÃO E TRANSPIRAÇÃO	MAPEAMENTO DE ENCHENTES
TEMPESTADES	MAPEAMENTO DE USO E COBERTURA DA TERRA	MONITORAMENTO DE ESTADO DO MAR VELOCIDADE DO VENTO À SUPERFÍCIE	MAPEAMENTO DE EXTENSÕES DOS DANOS
FURACÕES		PREVISÕES METEOROLÓGICAS	MAPEAMENTO DE EXTENSÕES DOS DANOS
TORNADOS		PREVISÕES METEOROLÓGICAS CLIMA LOCAL	MAPEAMENTO DE EXTENSÕES DOS DANOS
SECAS		MODELOS CLIMÁTICOS DE LONGO TERMO, MONITORAMENTO DA VEGETAÇÃO	

2.3.2 - Serviços de telecomunicações TDR fixos e móveis via satélite para gestão pós- desastres

A ITU recomenda aos países membros da ONU a ratificarem o Protocolo de Tampere, internacionalizado a partir da Convenção de 1998, que estabeleceu a convenção dos países signatários e membros ratificados em 2005. O protocolo estabeleceu um *framework* intitulado *Telecommunication for Disaster Relief (TDR)* das Nações Unidas [4, 7, 9]. O *framework* TDR disponibiliza aos países signatários e provisiona completamente os serviços móveis e fixos de telecomunicações satélites das mais qualificadas operadoras internacionais para que possam utilizar, em ocorrência de desastres, catástrofes e crises, recursos de telecomunicações emergenciais disponibilizados seguramente sobre seus territórios, costas e zonas marítimas, para interoperar as ações de socorro humanitário com resgate, reabilitação e

reconstrução pós-desastres, nas três regiões continentais classificadas pelo ITU-R, por banda do espectro de radiofrequências.

As recomendações atuais da ITU-R posicionam iniciativas da Assembleia da ITU para as Radiocomunicações em torno de resoluções internacionais e fóruns de interesse sobre as telecomunicações TDR (*Telecommunication Disaster Relief*), para operacionalização em casos de desastres sobre as regiões classificadas do globo, de acordo com as parcerias cooperativas entre os operadores/provedores satélite de telecomunicações de serviços fixos (FSS) e Móveis (MSS) e a ITU, para atender aos países signatários da Convenção de Tampere [13, 14].

Entre as considerações preliminares da Assembleia da ITU para as radiocomunicações (*The ITU Radiocommunication Assembly*) acerca das telecomunicações para a gestão pós-desastres, desde a Convenção de Tampere em 1998, destacam-se as de maior relevância baseadas na experiência e expertises internacionais nas recomendações mais atualizadas em 2010 e 2012[14,13]:

A- Que o impacto típico de desastres causa a perda da infraestrutura de telecomunicações base terrestre, dependendo do nível de severidade dos impactos e a duração dos efeitos sobre o quadro de vulnerabilidades e resiliências sócio-territoriais, pode haver perda total ou parcial da infraestrutura.

b- que a localização e o tempo da ocorrência de desastres são imprevisíveis, implicando a necessidade de prontamente transportar e instalar equipamentos de telecomunicações, estações base terrestre nos locais atingidos por desastres, e que a disponibilização/instalação de equipamentos de telecomunicações de forma rápida, segura e confiável é essencial para garantir a execução das operações de intervenção e socorro, resgate e recuperação, reabilitação e salvamento, na ocorrência de desastres e situações de emergência similares;

C- Que, em vista de total independência da infraestrutura de telecomunicações fixas tradicionais, da abrangência de cobertura regional e fácil e rápida instalação, os sistemas satélites disponibilizam serviços fixos (FSS) e móveis (MSS) em operações de recuperação e resgate pós-desastres e são os mais viáveis para prover meios imediatos de telecomunicações públicas.

2.5 - MODELO DE REFERÊNCIA NACIONAL DE SISTEMA DE GESTÃO DE DESASTRES. ASPECTOS DE REDES DE GERENCIAMENTO DE DESASTRES DO JAPÃO.

O Japão está entre os países que mais desenvolveu sistemas e dedicaram recursos tecnológicos e humanos para a gestão e redução de desastres e coordena a gestão de desastres na região Ásia-Pacífico caracterizada no mapa mundi de radiocomunicação do ITU como a região três, que registra o maior índice de incidência de desastres naturais do globo. Desta forma, destaca-se como referência na utilização de meios de comunicação terrestres e espaciais para compor a rede nacional dedicada à gestão de desastres.

A recomendação do ITU-R BT. 1774-1 “Uso de infraestruturas de difusão terrestres e satélites para alerta público, mitigação e redução de desastres”, desenvolvida pelo Subgrupo seis, é um manual técnico sobre a utilização dos serviços de difusão via satélite e terrestres para alerta, mitigação e socorro para os casos de desastres naturais. Aborda a questão ITU-R 118\6 intitulada “Meios de difusão para alerta público e socorro de desastres” (*Broadcasting means for public warning and disaster relief*), enfatizando a experiência do Japão com a difusão nacional de alerta a emergências, e destaca a importância de provisionamento de uma rede de radiocomunicações para a gestão de desastres, independente da rede nacional de tráfego comercial de telecomunicações. A figura 2.3 destaca os três grandes blocos funcionais de gestão de desastres: Central/Nacional, Prefeituras/municipal e Divisões da Defesa Civil (Bombeiros)/municipal, interconectados horizontalmente e verticalmente por redes via satélite geostacionário na banda Ku e com redes terrestres fixas do tipo backbone ótico. Destacam-se na figura 2.3 os segmentos de redes interconectadas na Rede de radiocomunicação para a gestão de desastres:

I- Rede de radiocomunicação da Central de gerenciamento de desastres, composta por segmentos de rede satélite e rede fixa com cobertura nacional, interligando a Central de gerenciamento de desastres e sua rede de comunicação, com as prefeituras e divisões de defesa civil municipais (posicionada à esquerda da figura na vertical, a rede satélite em forma de elipse em cor cinza claro, e a rede backbone fixa em forma de reta vertical nas cores preta e branca).

II- Rede de gerenciamento e comunicação de desastres das prefeituras composta de segmento de rede satélite geostacionário de banda larga Ku (posicionada ao centro em forma de elipse na cor cinza escuro) e rede fixa (posicionada ao centro na vertical em forma de reta listrada).

III- Rede de gerenciamento e comunicação de desastre do município, composta de segmentos de rede satélite (elipse cinza escuro) e rede fixa (posicionada à direita da figura 2.3, na forma de reta em cor preta).

IV- Outras redes telemáticas de gerenciamento e comunicação de desastres fixas (pontilhado).

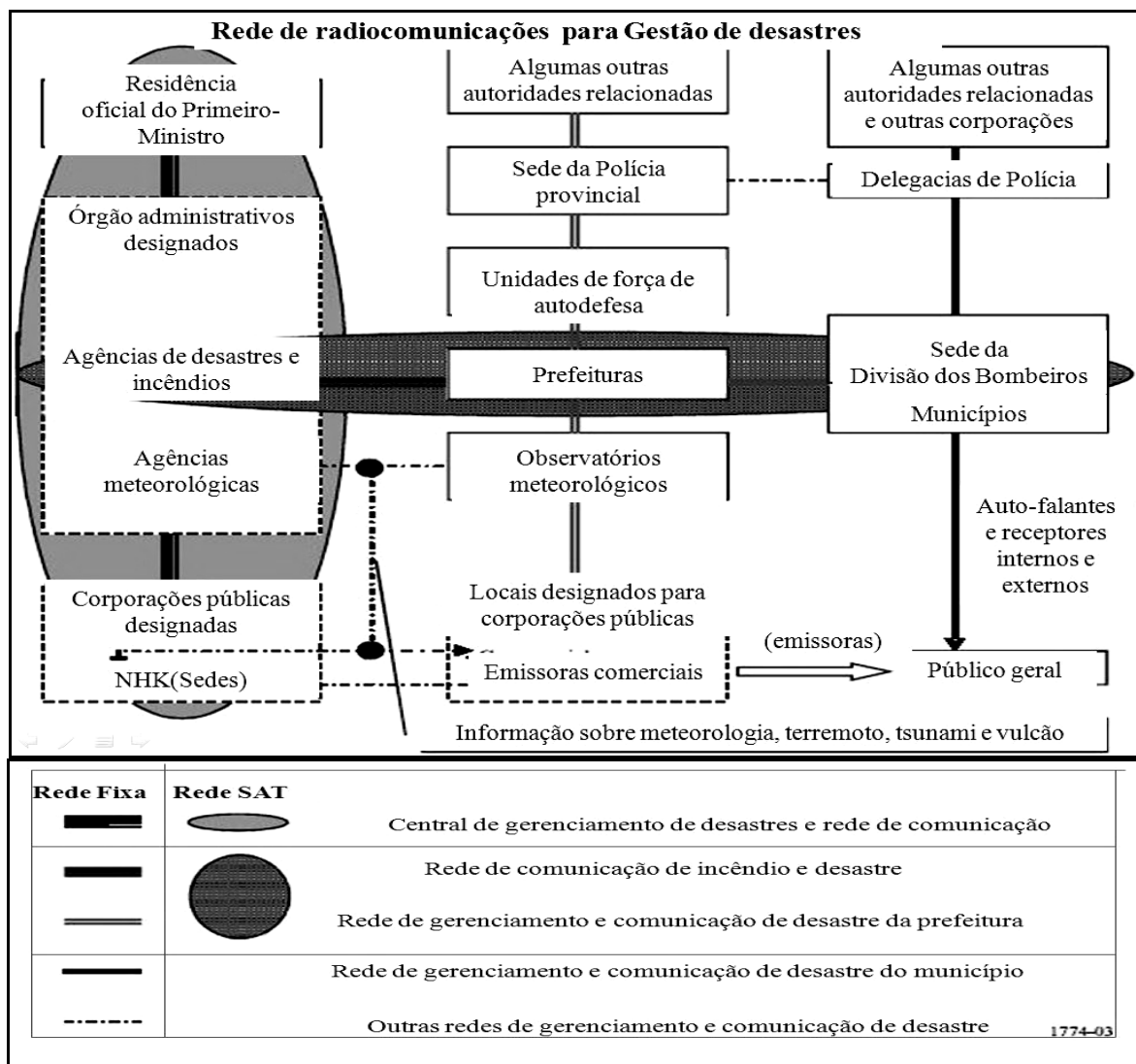


Figura 2.3 - Diagrama de blocos da Rede das Radiocomunicações para a Gestão de Desastres do Japão[12]

A figura 2.4 ilustra uma configuração da rede via satélite em topologia estrela em que se destacam dezenas de Hubs cobrindo milhares de estações e terminais remotos, controlados por dois centros de controle de rede (NCC's) que suportam o gerenciamento e comunicação de desastres das prefeituras no Japão (na forma de elipse na cor cinza escuro ao centro e cinza claro à esquerda da figura 2.3), em que o segmento de terra da rede satélite é formado por sub-redes de prefeituras cobertas por feixes ou *spot beams* do satélite. A disposição de um hub em cada prefeitura qualifica a rede com alta demanda de tráfego e grande capacidade em largura de banda. A rede opera na banda Ku (14\12.5 GHz) para a comunicação emergencial entre 5.000 estações terrestres e diferentes terminais satélite fixos do tipo VSAT-LAN remotos, transportáveis e veiculares do tipo USAT-PC, empregados na gestão de desastres em cada prefeitura e departamentos da defesa civil (referencia ao item 4.8). A rede prove serviços de voz, fac-símile, transmissão de vídeo e áudio, mensagens e dados IP de alta velocidade. Destacam-se diferentes enlaces de tráfego entre as prefeituras, entre diferentes feixes, ou entre os terminais satélite de um mesmo feixe, e enlaces de tráfego de controle dos centros de gestão de rede base terra[24].

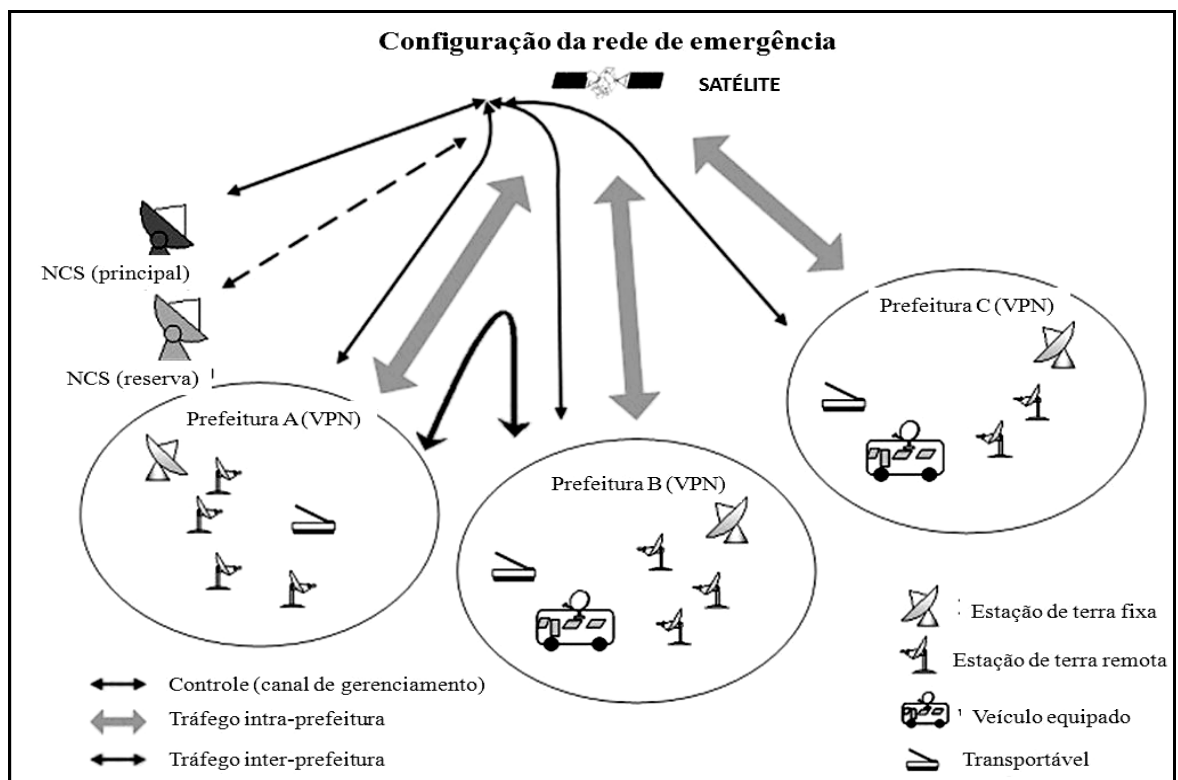


Figura 2.4: Configuração da Rede Satélite para cobertura das Prefeituras no Japão[24]

A malha de redes de telecomunicações de dimensão nacional que caracteriza a figura 2.3, reflete a complexa interconexão de redes dedicadas de telecomunicações espaciais via satélite geoestacionário para telecomunicações de banda larga com redes terrestres fixas, para aplicações fixas e móveis nos municípios com coordenação nacional e municipal, que é o resultado de vastíssima experiência com desastres na região Ásia-Pacífico[16, 25, 26]. O desenvolvimento tecnológico e o projeto de sistema nacional do Japão servem como forte exemplo de estratégia nacional para o Brasil, como infraestrutura de ciências e tecnologias de informação e comunicação para fazer frente à problemática dos desastres e para assegurar possibilidades de eficácia em prevenção com alerta antecipado e proteção pública que está associada com a imprevisibilidade de fatores de escala de desastres, e resposta com intervenção local em áreas de desastres suportando operações de socorro, reabilitação e reconstrução[6, 12, 31].

2.6– MODELO DE REFERÊNCIA DE SISTEMA DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO REGIONAL PARA SUPORTE PLENO AO CICLO DE GESTÃO DE DESASTRES: O CASO *SENTINEL ASIA*.

Este item enfoca a experiência regional Ásia-Pacífico com desenvolvimento dos sistemas de informação e comunicação que suportam os centros de gestão e redução de desastres, que compõem o segmento de terra de uma rede satélite aplicada (ou alternativa) para a gestão e redução de desastres. Com base em estudos prospectivos sobre a larga experiência dos países da região três do ITU (Ásia-Pacífico)[16, 25, 26], em torno do *framework SENTINEL ASIA*, como referência principal de iniciativa colaborativa em bloco regional, verificou-se a ênfase na capacitação tecnológica das plataformas dos sistemas de informação e comunicação que compreende duas fases de desenvolvimento do sistema onde se evidencia a integração de infraestruturas, sistemas e redes (*framework*) de gestão de desastres [15, 31, 24].

2.6.1 - 1ª Fase: prevenção e redução de desastres locais e nacionais

Na 1ª fase, o sistema de prevenção de catástrofes reúne em centros de gestão, com missão de prevenção e redução de desastres locais e nacionais, produtos da observação\monitoramento espacial e terrestre como: base de mapas georeferenciados anteriores a desastres e mapas posteriores a desastres, que são processados e integrados em grandes servidores de rede Web-GIS, para suporte a tomada de decisões e comando do ciclo de gestão de desastres. O fluxo de um servidor de informação geográfica com base de mapas digitais georeferenciados que compõem um centro de gestão de desastres para provimento dos serviços de resposta a emergências está ilustrado na figura 2.5. Evidenciam-se três blocos de rede de observação:

1- Organizações de observação da Terra por satélite caracterizam o grupo de agências espaciais dos países membros do grupo GEO e organizações internacionais como *Charter, Mesa, Sentinel Asia*. Em 2010, o Brasil passou a fazer parte do Consórcio International Charter (www.disasterscharter.org), que é um consórcio avançado de agências e institutos de P&D espaciais, mobilizado segundo a estratégia internacional para a redução de desastres UN-ISDR (26, 27), que distribui dados orbitais para auxiliar países afetados por desastres naturais,

fornece ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) imagens complementares e informações de satélites que poderão ser utilizadas nos trabalhos de recuperação e prevenção. Além do Brasil, por meio do INPE, integram o International Charter as agências espaciais do Canadá, França, Japão, Argentina, China, Índia, Inglaterra e Estados Unidos [anexo 1] .

2 - Rede de observação local (radar, aquática, sísmica etc.) são redes telemáticas dos pontos focais com cobertura nacional.

3- Outros serviços de redes especializadas em observação e monitoramento ambiental como o *Global Monitoring for Environment and Security* (GMES), que é uma iniciativa conjunta da Comissão Europeia e da Agência Espacial Europeia.

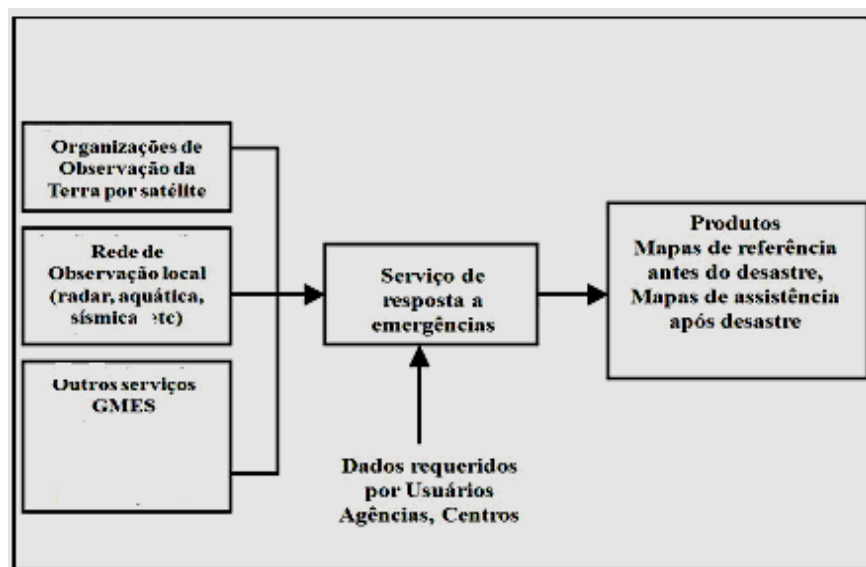


Figura 2.5 - Servidor de informações GIS[8]

Os centros nacionais de prevenção e alerta antecipado são os nós servidores da rede regional que trabalham sobre a base de dados de monitoramento ambiental através do sensoriamento espacial e terrestre, para a detecção de desastres, análise de risco e elaboração de planos de mitigação, com base no *survey* de vulnerabilidades sobre o mapeamento digital do território e oceanos. A experiência de iniciativas como a “Comunidade de Redução de Desastres da região Ásia-Pacífico” [23, 16] mostra que nesta fase é imprescindível a formação do *pool* de agências espaciais da região em torno da formação de uma comunidade de redução de desastres, visto que a dimensão dos efeitos de certos fenômenos gera catástrofes em escala regional. O Brasil poderá encabeçar este *pool* de agências na região da América do Sul, tendo o CEMADEN como Centro de Prevenção de desastres regional.

2.6.2 - 2ª Fase: Sistema regional para suporte integral a gestão e redução de desastres, composto por infraestrutura de telecomunicações via satélite e terrestre.

A 2ª. fase destaca-se pela instalação de um sistema robusto de informação e comunicação em nível regional suportado por um segmento espacial satélite geostacionários de banda larga (WINDS)[10,46], e um segmento terrestre constituído de uma rede de centros de operação ou plataforma WEB-GIS designada por *Sentinel Ásia*[31].

2.6.2.1- Satélite WINDS operando na banda Ka para a transmissão de dados

Baseado na experiência e nas lições aprendidas com a 1ª fase do *framework SENTINEL ASIA*, o consórcio da iniciativa regional promoveu o desenvolvimento de um sistema espacial de telecomunicações de banda larga, baseado no satélite *wideband internetworking engineering test and demonstration satellite* WINDS, ilustrado na figura 2.6, para prover interconexão dos países da região, com segurança, confiabilidade e disponibilidade, para a gestão e redução de riscos de desastres, com uso multicompartilhado com P&D científico, telemedicina, capacitação especialista, aprendizagem e treinamento [6,10].



Figura 2.6 - Ilustração do *Framework SENTINEL ASIA* em sua 2ª fase, com o Satélite de telecomunicações Geo WINDS – JAXA[31].

A figura ilustra o satélite geostacionário WINDS que opera a função de rede alternativa de telecomunicações (*backhaul*) de banda larga. Devido à falha na rede terrestre em

situação de desastre, tem a função de cobrir a área de desastre onde se encontram terminais fixos do tipo VSAT-LAN e transportável USAT. Na figura 2.6 estão evidenciados enlaces de comunicação emergencial entre os terminais e o centro de gestão de desastres (governo local), enlaces com o centro de operações do satélite, que agrupa os dados da rede de satélites de baixa órbita para observação da Terra e envia ao centro de gestão de desastres e enlaces de difusão de mensagens *broadcast* do centro de gestão de desastres para a área de desastres.

2.6.2.2- Plataforma *Sentinel Ásia* Web-GIS de Operações Regional

É caracterizada como uma plataforma de compartilhamento de informação regional de valor adicionado robusta e amigável, que suporta a gestão de desastres na região Ásia-Pacífico, ilustrada na figura 2.7. Tal plataforma baseia-se no segmento de terra do sistema de comunicação e informação da 2ª fase, composto por nós que são os centros de gestão nacionais com capacitação “*Digital Asia*”, interligados por enlaces do satélite de comunicação de banda larga WINDS-JAXA[15,16].

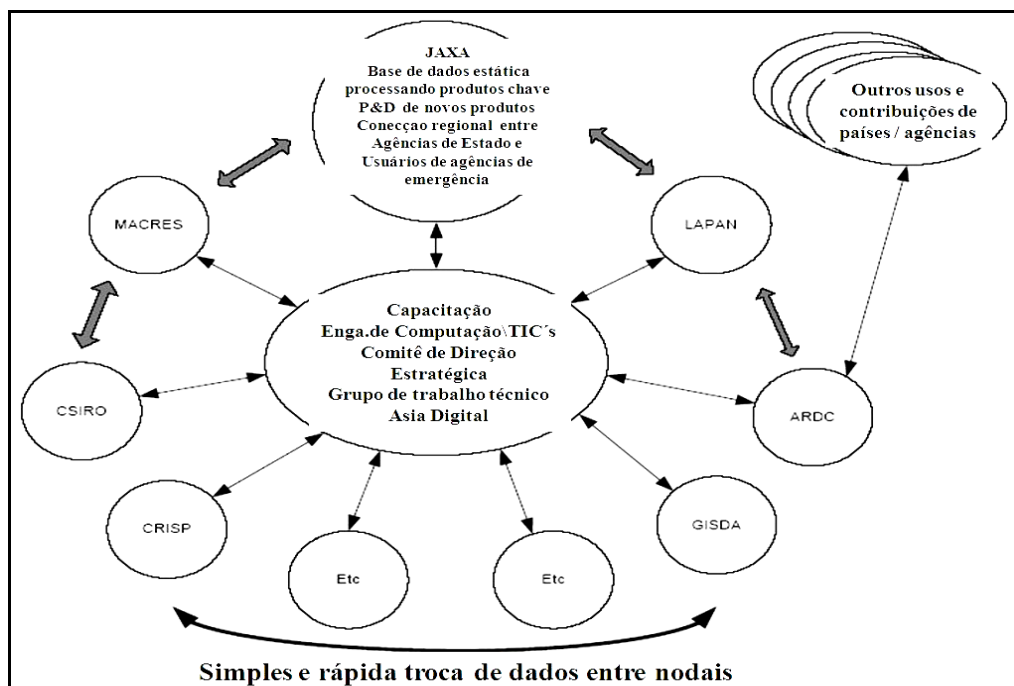


Figura 2.7 - Plataforma de Operações Regional [15]

O sistema *Sentinel Ásia* foi planejado para operar como uma coleção de nós nacionais das agências espaciais, interconectados em comunicação pela Internet,

disponibilizando os dados pré-processados dos satélites de observação da Terra, como produtos de informação WEB-GIS de valor adicionado de cada país, caracterizado como um nó com capacitações “*Digital Asia*”, para um portal de entrega de dados central, que é um servidor de mapeamento completo *web-based*, ilustrado na figura 2.7, situado no Japão, na sede da agência espacial JAXA, que suporta as funções de *headquarter* de redução de desastres na Ásia. O *Headquarter* JAXA, ilustrado na figura 2.8, fornece os produtos de dados relevantes para os usuários das agências de emergência regionais, e/ou roteia estes dados pós-processados para os nós nacionais, com informações mais detalhadas de determinados desastres na região. O Centro regional de redução de desastres interconecta-se com outras plataformas continentais e globais para a redução de desastres. Todas as funções de interconecção caracterizadas pelos enlaces na figura 2.7 e 2.8 são desempenhadas pelo satélite WINDS geostacionário de banda larga[31,15,46].

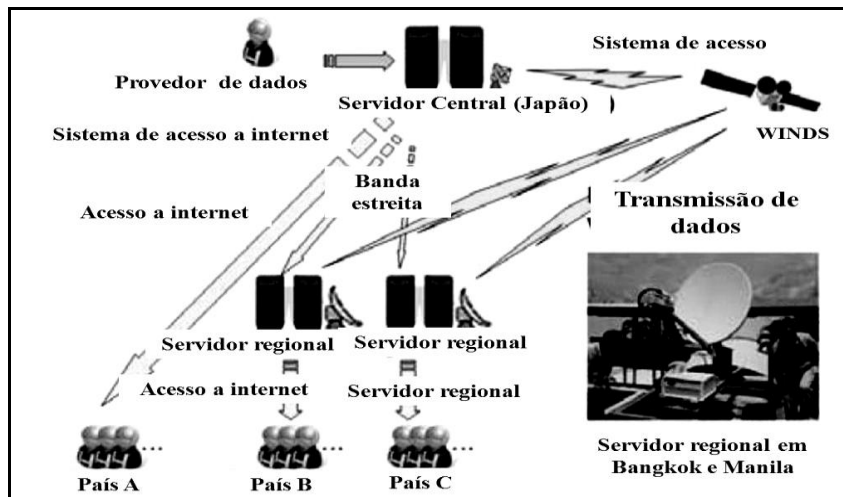


Figura 2.8 - Ilustração da rede de servidores regional do *Sentinel Ásia*[46]

2.6.2.3- Aspectos da Integração Sentinel Ásia

Na fase II evidenciam-se aplicações de um satélite geostacionário de banda larga WINDS, caracterizadas pelo compartilhamento da Internet e aplicações Web-GIS entre as redes humanas ou sócio-técnicas, que estão na base do diagrama de “Integração” ilustrado na figura 2.9. [11,31]



Figura 2.9 – Integração Fase II [6,31]

O bloco de “observação” está bem fundamentado nas constelações de satélites científicos e de observação da terra operados pelo *pool* de agências espacial regional[6]. A Plataforma *Sentinel Ásia* Web-GIS de Operações Regional (ao centro) compartilha dados entre os países da região via satélite WINDS, interligando os meios de transmissão das redes humanas que estão na base do diagrama nos blocos de observação e utilização. O bloco de “utilização” integra as diversas organizações de gestão e redução de riscos de desastres e suas redes de âmbito local(municipal), estadual(provincial), nacional e regional [31, 16]. A capacitação de acesso das redes humanas (na base da figura) a telecomunicações de banda larga suporta as comunidades de gestão de desastres, e foi reconhecida como o maior alicerce de integração do sistema *Sentinel Asia* na Fase II [31,46]. Estas “comunidades” são as organizações governamentais diretamente responsáveis com a gestão de desastres, além de ONG’s e associações em rede de telecentros envolvidas com a redução de desastres.

O desenvolvimento do *framework* regional *Sentinel Asia*, para a região Ásia – Pacífico ou região 3 da ITU-R, disponibiliza uma enorme experiência em P&D&I de sistemas de informação e comunicação para suporte pleno a gestão e redução de desastres para as outras regiões do globo, em especial para a sub-região 2 que compreende a América Latina e América do Sul. O modelo de desenvolvimento poderá eventualmente servir de exemplo para uma plataforma regional futura para a América do Sul, em contexto nesta dissertação. O Brasil poderá contribuir com os centros já fundados CEMADEN e CENAD como nós de coordenação e integração de uma plataforma regional na AS.

3 - ASPECTOS RELEVANTES DE SISTEMAS SATÉLITES GEOESTACIONÁRIOS PARA AS TELECOMUNICAÇÕES DE BANDA LARGA

3.1 – GENERALIDADES

Serviços de telecomunicações baseados em satélites de banda larga provisionam acesso estendido a grandes áreas, proporcionando boa relação custo/benefício de conectividade às áreas mais remotas onde os serviços terrestres com ou sem fio estão indisponíveis, ou inviáveis. Oferecem muitas vantagens, particularmente para países em desenvolvimento, tais como: ampla cobertura nacional, regional e global e acessos remotos fáceis de instalar com boa relação custo-benefício, mesmo para áreas rurais. A infra-estrutura básica necessária suporta grandes quantidades de usuários finais e disponibiliza capacitação para a implantação de redes de acesso de grande porte, com aplicações fixas e móveis, e serviços confiáveis em casos de emergências e desastres que afetam a infra-estrutura terrestre [29,44].

As redes baseadas em satélites geoestacionários em operação no modo “*backhaul*” ilustrado na figura 3.1, ou rede alternativa de contingência em casos de falhas e desastres, estendem os serviços banda larga para grandes coberturas, com benefício de custo de infraestrutura base terra, segurança e redundância de conectividade. Em caso de desastre com perda parcial da rede “backbone” terrestre de fibra ótica, poderá haver interrupção nos provedores de informações e sistemas de comunicações diversos, enquanto o sistema satélite “backhaul” alternativamente garante conectividade entre as redes terrestres[29]. A figura 3.1 ilustra uma rede com segmento espacial satélite DVB-RCS2 e segmento terrestre composto de estação *Hub* ou *gateway* conectado à rede terrestre internet, com enlace direto DVB-S2 transportando quadros multiplexados por divisão de tempo TDM da estação Hub para os terminais e enlaces reversos DVB-RCS transportando quadros de múltiplos acessos por divisão de tempo MF-TDMA proveniente dos terminais remotos e estação terminal do tipo VSAT.

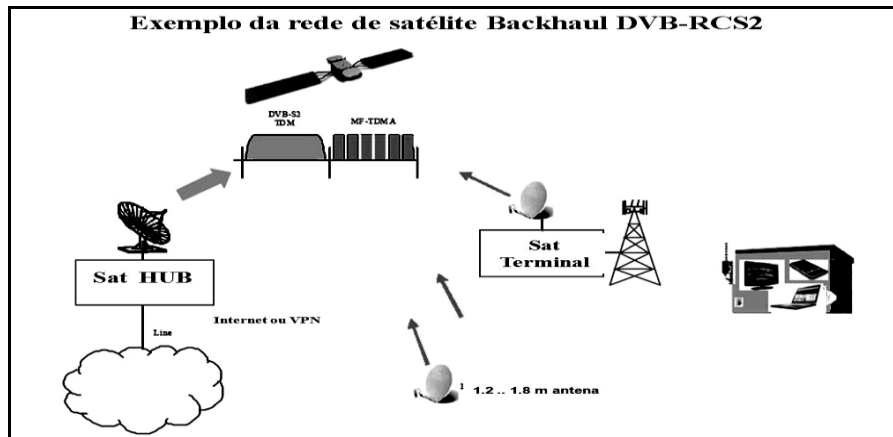


Figura 3.1 - Exemplo de Rede Satélite Backhaul [29]

Os sistemas satélites geosíncronos *multispotbeam* são portadores de grandes antenas, como ilustrado na fig 3.2, e apresentam maiores ganhos na transmissão e recepção, promovendo redução de custos nas estações terminais com a utilização de pequenas antenas tipo VSAT com diâmetros entre 0,75 m a 1,8 m, e USAT com diâmetros entre 0,30 m a 0,80 m [39, 29]. Disponibilizam serviços de pacotes IP, interconectados com as redes terrestres que possibilitam acessos fixos e móveis a terminas portáteis e transportáveis. As estações satélite fixas no segmento terrestre *HUB* ou *gateway*, detêm alta tecnologia em gestão de recursos adaptativos como modulação-codificação com correção de erro (FEC) [29,39].

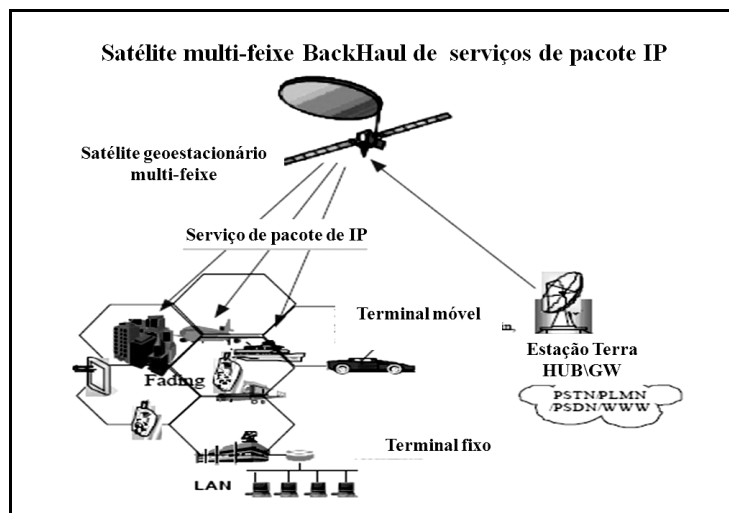


Figura 3.2 - Ilustração de Satélite “*multispotbeam*” com processador\roteador de pacotes IP. [29]

A nova geração de sistemas satélite de banda larga na faixa de micro-ondas Ka e Ku provisiona acesso de banda larga com antenas de multifeixes concentrados para iluminar

áreas com diâmetro da ordem de centenas de quilômetros, em vez de milhares de quilômetros[38,52]. A cobertura parece um padrão celular, em que os *spot beams* iluminam células tipo hexágonos na figura 3.2, transmitindo feixes de canais com pacotes IP[41]. Isto permite a reutilização de frequência que resulta em um aumento significativo na capacidade do satélite. O aumento da capacidade de sistemas satélite fixo FSS na banda Ka é de 30 a 60 vezes a capacidade da banda Ku [28].

3.2 – ARQUITETURA DE REDE E TOPOLOGIAS

Uma rede de banda larga com base em sistemas via satélite pode usar tanto uma arquitetura não regenerativa como uma regenerativa, que empregam dois tipos básicos de transponders: repetidor transparente “*bent-pipe*” ou repetidor passivo e repetidor regenerativo ou regenerador ativo[39,41]. Ambas as configurações são utilizadas em sistemas digitais, ilustradas nas figuras 3.3 e 3.4.

A arquitetura não regenerativa refere-se a uma arquitetura única, comumente chamado de “*bent-pipe*” ou repetidor transparente, ilustrada na figura 3.3. O satélite simplesmente transfere os sinais provenientes dos enlaces direto e reverso de forma transparente. Os *transponders* transparentes são encontrados nos satélites repetidores, sendo constituídos por filtros passa faixa *Band Pass Filter* (BPF), amplificadores de baixo ruído *Low Noise Amplifiers* (LNA), conversores de frequência *down converters* e amplificadores de alto ganho *High Power Amplifier* (HPA).

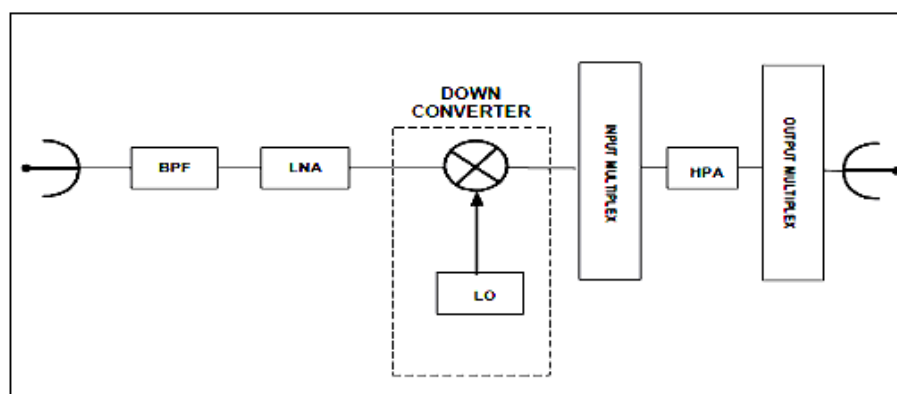


Figura 3.3- Diagrama de *transponder* transparente.

Uma arquitetura regenerativa é resultante do emprego de repetidor regenerativo e fornece funcionalidades adicionais para o satélite, ilustrada na figura 3.4. Nos

transponders regenerativos os sinais que chegam são convertidos para frequência intermediária FI no *up converter* e depois demodulados. Então o sinal digital em banda base é regenerado. Os pulsos são modulados numa frequência intermediária que é convertida na frequência de descida (*down converter*) e amplificada para efetuar a retransmissão.

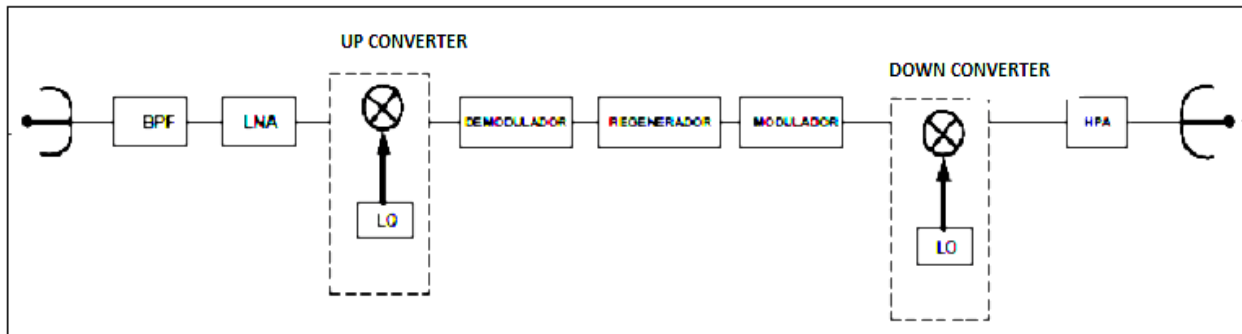


Figura 3.4 – Diagrama de um repetidor regenerativo.

3.2.1 Topologias

Focando uma rede de acesso a satélite geostacionário, usando terminais satélites fixos, a rede pode usar qualquer uma das topologias malha ou estrela, como ilustrado na Figura 3.5.

Uma topologia da rede estrela é definida pelo arranjo radial de ligações entre a estação hub ou *gateway* e várias estações remotas. A estação remota só pode estabelecer uma ligação directa com a estação do hub e não pode estabelecer um *link* direto para outra estação remota. A topologia estrela promove conectividade entre terminais VSAT e/ou USAT através da estação Hub ou gateway.

Uma topologia da rede *mesh* é definido pelo arranjo em malha de ligações entre as estações, onde uma estação pode conectar diretamente qualquer outra. A topologia de rede *mesh* suporta conectividade entre terminais de usuários diretamente ou “*single-hop*”, o que requer o processador roteador de pacotes a bordo do satélite, que suporte roteamento de pacotes MPEG de um feixe *up-link* para um feixe *down-link* de modo flexível.

A topologia em estrela pode ser considerada como um caso especial da topologia de malha [29].

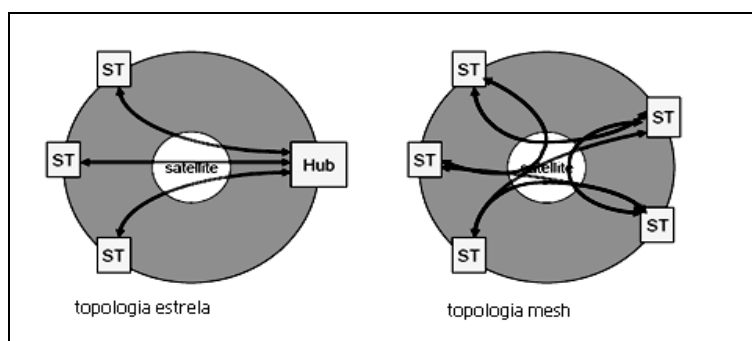


Figura 3.5 - Topologias de Rede Satélite de Banda Larga[29]

3.3- ACERCA DO PADRÃO DE SISTEMA SATÉLITE DE BANDA LARGA DVB-RCS2

Constitui um padrão de interface ar empregado pela indústria de satélites em todo mundo devido a versatilidade no provimento de serviços de comunicação em banda larga e multimídia. Está baseado na evolução do padrão de interface ar das redes baseadas em satélites de banda larga *satellite digital video broadcast (DVB-S)*, que gerou o padrão *satellite digital video broadcast with return channel (DVB-RCS)*[50]. A associação com o desenvolvimento *satellite digital video broadcast second generation (DVB-S2)*, gerou o padrão de interface ar *satellite digital video broadcast with return channel second generation (DVB-RCS2)*, cuja formatação de dados inicialmente designada para transporte de vídeo e áudio, foi estendida para transportar data gramas IP [51]. Estes padrões de protocolo de rede e de arquitetura de rede foram desenvolvidos pelo *European Telecommunication Standardisation Institute (ETSI)*, e pelo *Internet Engineering task force (IETF)* [28, 29,34,44].

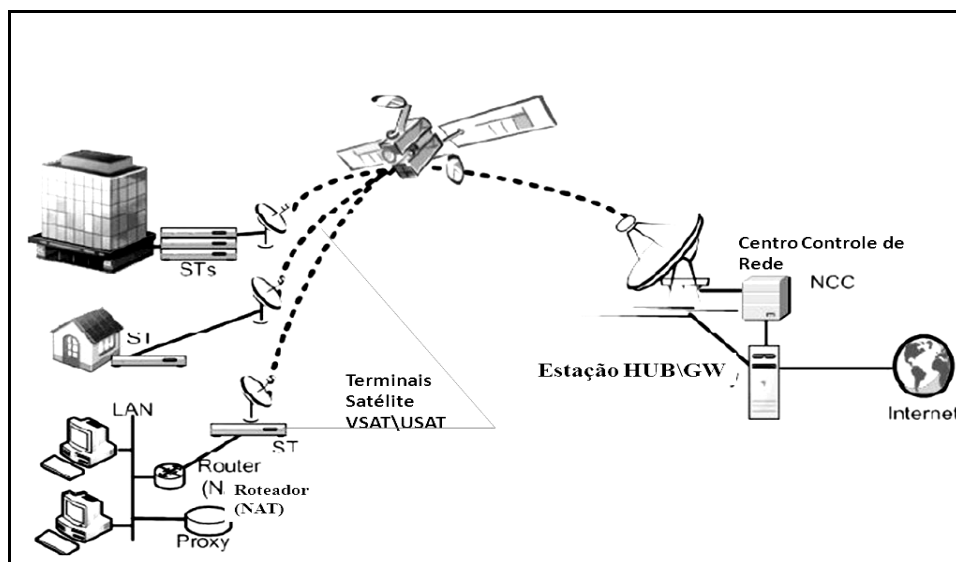


Figura 3.6 – Ilustração da configuração da rede satélite DVB-RCS. [53]

DVB-RCS significa difusão de vídeo digital com canal de retorno por satélite. Esta tecnologia corresponde ao padrão ETSI (EN 301 790) e permite o acesso aos serviços multimídia por satélite por meio de um terminal VSAT [50]. É referida na Recomendação ITU-R S.1709 - características técnicas das interfaces de ar para sistemas via satélite de banda larga [24,30]. A topologia escolhida é a topologia em estrela com uma estação *Hub* instalada junto à central de gestão da rede e por terminais do satélite instalados em locais remotos.

Esta topologia é a mais adequada para serviços como videoconferência, uma vez que é, por natureza, ponto-multiponto com uma unidade de controle multiponto localizado no *Hub*, que também permite o acesso à Internet por meio de um servidor de acesso banda larga [53]. A tecnologia de acesso via satélite no link de retorno é designado por múltiplo acesso multifrequencial por divisão de tempo (MF-TDMA). O MF-TDMA permite que um grupo de terminais de satélite possa comunicar com o *Hub*, utilizando um conjunto de frequências portadoras com largura de banda igual, enquanto que o tempo é dividido em intervalos de igual duração. O centro de controle de rede no *Hub* vai atribuir a cada terminal de satélite ativo uma série de rajadas, cada uma definida por uma frequência, uma largura de banda, uma temporização de início e uma duração [24].

3.3.1- Características tecnológicas da rede integrada base satélite DVB-RCS2

A rede ilustrada na figura 3.7, pode utilizar uma das configurações de satélite repetidor transparente e/ou regenerador. Utiliza os padrões de transmissão DVB-RCS no enlace reverso: terminal de acesso-satélite-*hub*, e DBV-S2 no enlace direto: *hub*-satélite-terminal de acesso. Disponibiliza as técnicas de gestão de recursos como a modulação e codificação adaptativa em suas estações *gateway Hub* base terra, que trazem significativos ganhos em capacidade e eficiência para mitigar a deterioração da propagação de sinal irradiado, e sua potência efetiva EIRP, que é crítico nas sub-bandas de micro-ondas Ka e Ku[50,53].

O padrão DVB-S2 é bastante flexível para a cobertura de grande variedade de aplicações de redes satélite. As características apreciáveis são [47]:

- Adaptador de rede de acesso para fluxos de entrada de vários formatos: contínuos ou pacotes;
- Um sistema de controle de erro FEC baseado em esquema de codificação concatenada entre LDPC e BCH suportando operação quase sem erro aproximadamente 0,7 dB a 1 dB do limiar de Shannon, dependendo do esquema de modulação na transmissão empregada num canal AWGN;
- Se a taxa $C/N+I$ do sinal recebido estiver acima do especificado aceitável $C/N+I$ de projeto do enlace direto na figura 3.7, o esquema FEC age para prover qualidade de recepção de sinal quase sem erro, aproximadamente correspondente a uma taxa de erro de transporte de fluxo de pacotes *packet error rate* (PER) menor que $10 \exp.(-7)$ na entrada do demultiplexador;
- As taxas de códigos variam entre $1/4$ a $9/10$ para o esquema QPSK com eficiência de espectro dentro dos limites: 2 bit/s/Hz a 5 bit/s/Hz, considerando transpondes não-lineares;
- Um conjunto de três figuras de espectro com fatores “*roll-off*”: 0,35, 0,25 e 0,20; e
- Esquema de “*ModCode*” adaptativo (ACM) otimizado na base quadro a quadro (*frame-by-frame basis*), ilustrados na figura 3.7.

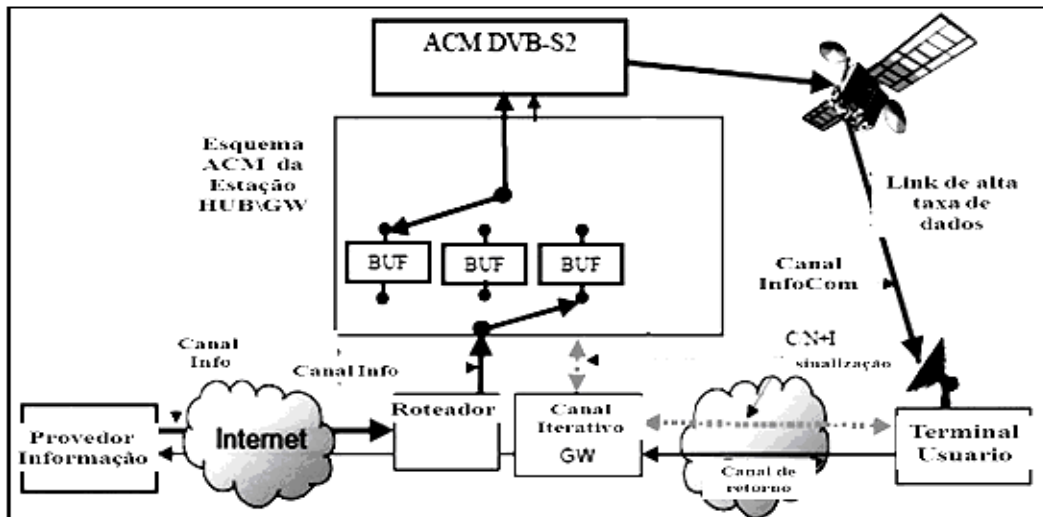


Figura 3.7 - Ilustração do esquema de controle ACM DVB-S2[51]

Devido à flexibilidade do padrão e ao emprego desta interface e suas evoluções em vários sistemas via satélites de telecomunicações, os quais são utilizados no modo compartilhado com os serviços comerciais de banda larga para o provimento de serviços emergenciais [50,51], este estudo adota esta referência de interface ar no sistema propositivo para averiguar as simulações de desempenho [52].

3.4 – CARACTERÍSTICAS DE SERVIÇOS DE TELECOMUNICAÇÕES E CAPACITAÇÃO DE ENLACES

3.4.1-Banda Larga

A disponibilidade de banda larga nas bandas Ka e Ku é o principal motivador para o desenvolvimento de sistemas satélites com *transpondes* nestas faixas de frequência, visto que a alocação de serviços satélite em faixas de espectro de frequências menores levou ao congestionamento destas bandas. A ITU-R tem recomendado a alocação de serviços fixos satélite FSS na banda Ka e Ku [14].

3.4.2-Antenas VSAT\USAT

Na proporção que a frequência cresce, a dimensão da antena diminui para um dado ganho da antena correspondente a uma largura de feixe. Para um tamanho fixo de antena, isto irá reduzir a interferência de satélites adjacentes. O correspondente preço das pequenas antenas viabiliza o aumento do número de acessos de sistemas satélite de banda larga[45].

3.4.3 - Maior Capacidade no Sistema

Da forma que os satélites na banda Ka empregam feixes menores aumentando a densidade espectral de potência, permite altas taxas de reutilização de frequências, que aperfeiçoa a ocupação do espectro, aumentando a disponibilidade de serviços locais com acessos ubíquos disponibilizados nas áreas de cobertura iluminadas pelos feixes mesmo em áreas não atendidas por redes fixas, e em áreas críticas com desastres ou crises[14].

3.4.4 - Propagação de portadoras

Há algumas desvantagens quanto à degradação do desempenho de enlaces devido à atenuação de portadora em propagação atmosférica, que são muito mais severas nas faixas de micro-ondas acima de 10 GHz [18]. Os fatores principais de desvanecimento de portadora são: atenuação de potência do sinal com chuva, aumento de ruído nas antenas com as chuvas, despolarização com chuva, absorção de gases e gelo, atenuação de nuvens, ruído atmosférico e cintilação [60,61]. A Banda Ka por ser fortemente afetada por altos índices de precipitação pluviométrica está sujeita a abrupta elevação da densidade de ruído e/ou elevação da atenuação do sinal da portadora no espaço livre. A chuva provoca o espalhamento e a absorção da energia eletromagnética propagada. Entre todos os fatores, a chuva é pior obstáculo à propagação de sinal na banda Ka. O emprego de técnicas de mitigação de desvanecimentos é recomendado para viabilizar margem positiva no balanço de enlaces e garantir taxa de erro de bits dentro dos padrões, no entanto há restrições quanto ao ruído de intermodulação geradas no transponde e nas estações terminais do satélite [18, 60, 61]. O gráfico a seguir compara a atenuação por chuva nas Bandas Ku e Ka para todas as capitais brasileiras, conforme Recomendação ITU-R P.618-10[65].

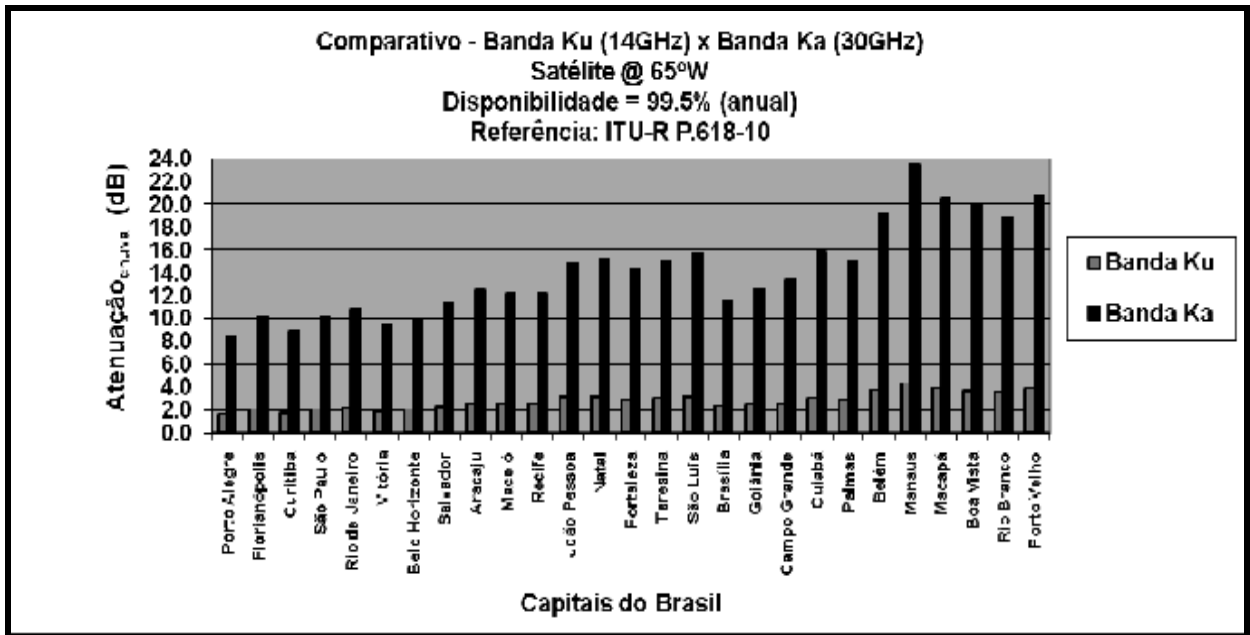


Figura 3.8 – Gráfico comparativo Banda Ka X Banda Ku das atenuações devido às chuvas nas capitais do Brasil [65].

4 – REQUISITOS E CARACTERÍSTICAS DO SISTEMA PROPOSTO VIA SATÉLITE GEOESTACIONÁRIO “ALERTA BR” NAS BANDAS Ka E Ku APLICADOS A GESTÃO DE DESASTRES NO BRASIL.

Este capítulo pretende resumir os requisitos técnicos do sistema proposto no estudo denominado ALERTA BR, que é fundamentado em sistemas via satélite geoestacionário de banda larga para provimento de serviços fixos emergenciais baseados nos desenvolvimentos e evoluções dos padrões recomendados e relatados pela ITU-R e ITU-D. Foram reunidos parâmetros de um sistema experimentado na Europa denominado EUROBIRD três [52,59] e comparados com normas operacionais e informes da ANATEL acerca de satélites nas bandas Ka e Ku [62, 63, 64], para a entrada de dados de simulações de balanço de potência[48], no sentido de verificar a aplicação com ênfase nos serviços fixos emergenciais para a gestão de desastres com cobertura sobre o Brasil.

4.1 – REQUISITOS DE INTERFACE AR

Desenvolvimentos recentes de sistemas via satélites de telecomunicações de banda larga resultaram nas tecnologias de *transpondes multispotbeam*, operando no modo *backhaul* ou alternativo para rede *backbone* de telecomunicações e na convergência de padrões do ETSI: DVB-S2[51] e DVB-RCS[53], resultando o DVB-RCS2 [57,58] com arquitetura de rede *broadband satellite multimídia* (BSM) [23,29,43].

4.2- REQUISITOS DE FREQUÊNCIA DE OPERAÇÕES

Sistemas de telecomunicações via satélite provendo serviços fixos (FSS) geralmente operam nas bandas de frequência identificadas na Recomendação ITU-R S.1001 [14].

As bandas de frequência S e L foram designadas e reguladas para serviços via satélites fixos e móveis de voz e dados para emergências, no entanto as bandas largas Ka e Ku podem prover capacitação de redes via satélite para transmissão de altas taxas de dados multimídia: mapas digitais, dados e imagens médicas, fotos e imagens em tempo real, voz e rajadas de dados IP[55].

Os requisitos de frequência dos sistemas geoestacionários para provimento de serviços via satélite fixos (FSS) de banda larga, com o segmento terra composto de estações VSAT e USAT fixas e transportáveis, para as comunicações emergenciais de suporte a operações de gestão de desastres, são preferencialmente as bandas de micro-ondas Ku e Ka [12, 14].

4.2.1- Considerações sobre o espectro de banda Ka e Ku no Brasil

Satélites operando nas bandas C e Ku têm órbitas muito ocupadas, ocasionando interferência e restrições de coordenação e não atendem às novas demandas de aplicações de banda larga multimídia, que induziram o interesse na exploração de satélites em faixas de frequências mais altas como a banda Ka.

As faixas disponíveis nas bandas Ka e Ku para operação de comunicações satélites no Brasil são descritas numa proposta de norma da ANATEL para a banda Ka [64], e em norma da ANATEL para a banda Ku [63]:

Banda Ka: Enlace de Subida: 27ghz a 30 GHz; Enlace de Descida: 17,7GHz a 20,2 GHz.

Banda Ku: Enlace de Subida: 13,75 GHz – 14,00 GHz – 14,50 GHz; Enlace de Descida: 10,95 GHz – 11,20 GHz, 11,45 GHz – 11,70 GHz, 11,70 GHz – 12,20 GHz.

O sistema proposto deverá empregar as frequências de subida e descida nas bandas de micro-ondas Ka e Ku, para cobrir o Brasil e a região da América do Sul, obedecendo às recomendações do ITU-R para serviços satélites fixos(FSS) [12,14]. As faixas de frequência são aderentes à regulação de bandas da ANATEL, e designadas com a possibilidade de utilização de *transponde* para transporte de dados de radar meteorológico, com enlace descida na faixa de micro-ondas de 18 GHz para a região 2-ITU, que compreende o Brasil e América do Sul [3].

4.3 - REQUISITOS DE QUALIDADE E DESEMPENHO DO SISTEMA

4.3.1 – Acerca da Qualidade

A qualidade do sinal entregue no terminal de usuário é o foco da questão de avaliação do enlace do satélite, que é traduzida pela taxa de erro de bit (*bit error rate*) BER. A BER é função direta da relação E_b/N_0 , onde E_b é a energia de *bit* de informação e N_0 a densidade espectral de potência do ruído total no enlace. A relação entre E_b/N_0 e BER depende do tipo de modulação e do esquema de codificação com correção de erro (forward error correction FEC) empregado no enlace, conforme a figura 4.1.

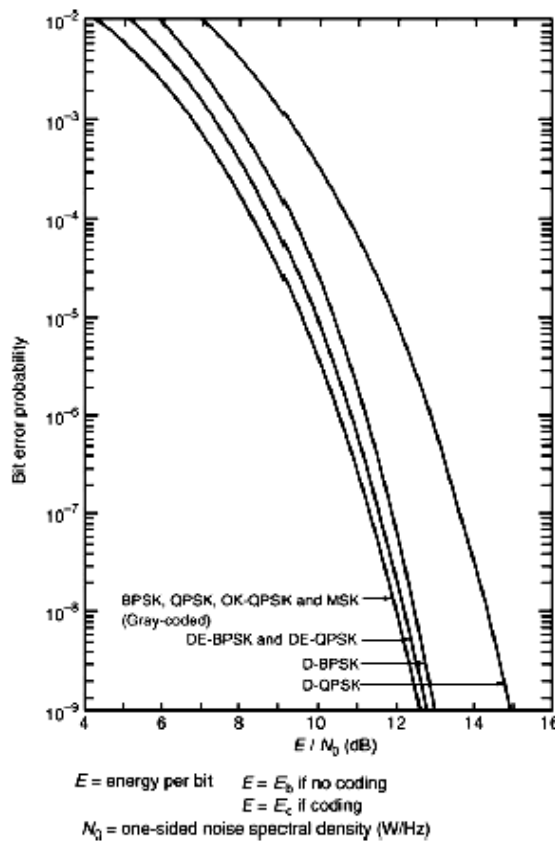


Figura 4.1 : Curva BER X E_c/N_0 [34]

O desempenho geral de enlace de radiofrequência ilustrado na figura 4.2 é avaliado pela relação: potência da portadora por potência de ruído total (C/N_t), que pode ser calculada pela equação 01, sendo R_b a taxa de informação do enlace e B_t a largura de banda disponível:

$$(C/Nt)dB = (Eb/No)dB + 10\log Rb/Bt \quad [\text{Eq. 01}]$$

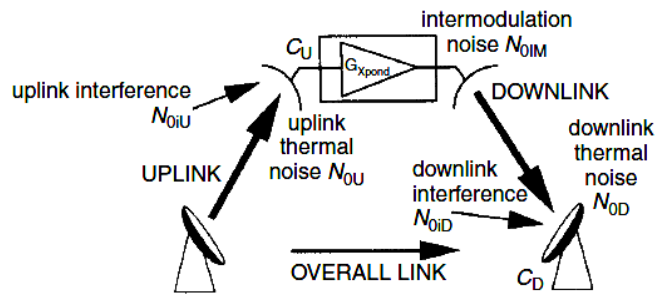


Figura 4.2: Ilustração de Ruído no Enlace total do Satélite [45]

Sendo C/Nt a relação sinal versus ruído total do enlace:

$$(C/Nt)dB = 10\log(1/(1/(C/Nt)u + 1/(C/Nt)d)) \quad [\text{Eq. 02}]$$

Conhecendo-se C/Nt , encontra-se Eb/No e a BER do enlace.

4.3.2 – Acerca da Disponibilidade do Enlace fim a fim

Uma determinada disponibilidade de enlace requer que uma determinada relação sinal versus ruído C/Nt seja maior que um valor especificado para uma porcentagem do tempo de utilização total (base anual). C/Nt varia de acordo com os efeitos de propagação principalmente causados por chuvas [45]. Tais efeitos tendem a decrescer C/Nt abaixo do valor requerido para a qualidade do enlace causando falha no enlace (*link outage*), como ilustrado na figura 4.3. Dada uma margem de compensação, a relação C/Nt poderá decrescer abaixo do valor requerido devido à atenuação da chuva e retornar à margem quando cessa a chuva. A indisponibilidade torna-se menor com o acréscimo da margem do enlace.

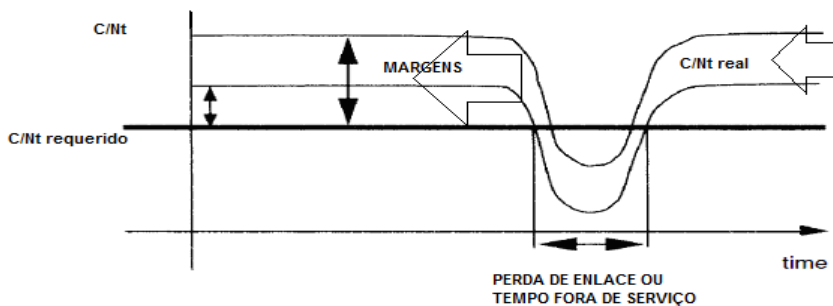


Figura 4.3: Margem de C/Nt X Disponibilidade[45]

A disponibilidade de enlace do sistema via satélite é a porcentagem do tempo de serviço operacional dos enlaces estação a estação terminal com determinada qualidade requerida (taxa de erro de bit menor que o valor especificado, tipicamente $10 \exp.(-7)$ satisfaz aos requisitos de qualidade de enlaces digitais, e tempo de resposta dentro de limites especificados menor que 5 segundos) [45]. A disponibilidade de um sistema é função direta da confiabilidade dos equipamentos que o compõem, aos problemas de propagação atmosférica e as faltas do sol como fonte de energia [34, 39, 45].

Considerando canais digitais codificados nos sistemas via satélite, uma medida de desempenho associada com a qualidade do canal é a probabilidade de erro de bit *bit error probability (BEP)* x Disponibilidade de Enlace. A BEP recomendada na ITU-R S.1062[19] para serviços fixos é de $10 \exp.(-6)$ para 99.8% do tempo no pior mês[24].

Pode-se definir a disponibilidade total do sistema pela interseção do tempo em que todo o sistema está disponível:

$$Dt = DuplinkDdownlinkDpropagaçãoDsatélite \quad [\text{Eq. 03}]$$

Onde:

DT – Disponibilidade total do sistema via satélite

Duplink – disponibilidade da estação no *up-link*.

Ddownlink – disponibilidade da estação no *downlink*.

Dsatélite- disponibilidade do satélite.

D propagação = D enlace - determina a porcentagem do tempo, em um ano, em que o sistema consegue transmitir da Terra para o satélite e, simultaneamente, o satélite consegue retransmitir o sinal recebido para a Terra .

4.3.3- DESEMPENHO VERSUS QUALIDADE DE SERVIÇOS VIA SATÉLITE FIXOS FSS DE USO COMPARTILHADO

Valores de disponibilidade de sinal (enlace estação a estação) entre 99,5% e 99,9% são geralmente encontrados em sistemas via satélite geoestacionários operando com serviços digitais comerciais, em diversas aplicações de uso múltiplo ou compartilhadas [48, 65, 61], Tais valores são apresentados na tabela 4.1.

Tabela 4.1 - Valores típicos de disponibilidade total do sistema. Serviços Fixos Compartilhados [48]

SISTEMA SATÉLITE - SERVIÇOS FIXOS COMERCIAIS			
QUALIDADE		DESEMPENHO	
BER		DISPONIBILIDADE	ENLACE
10exp.(-7)		99,5 %	média anual
BER menor 10 exp.(-6)		99,9 %	

Estes valores são tomados da literatura sobre sistemas satélites em operação provendo serviços digitais comerciais de uso múltiplo e compartilhado [48], e quando se referem a sistemas na banda Ka, evidenciam disponibilidades de enlace da ordem de 99,5%, o que equivale a 43 horas de sistema fora de serviço no ano (ou onze dias não consecutivos com sistema fora de serviço 4 horas por dia). Estes valores de disponibilidade se referem diretamente aos fatores de desvanecimento da portadora que ocorrem na propagação atmosférica nas bandas Ka e Ku [59, 65, 61]. No capítulo 5 serão apresentados os resultados de simulações destes sistemas comerciais operando na banda Ka, para efeito de comparação com sistemas operando serviços fixos emergenciais.

4.3.4- DESEMPENHO VERSUS QUALIDADE DE SERVIÇOS VIA SATÉLITE FIXOS EMERGENCIAIS

Considerando canais digitais codificados nos sistemas via satélite, uma medida de desempenho associada com a qualidade do canal é a probabilidade de erro de bit *bit error probability (BEP)* x Disponibilidade de Enlace. A BEP recomendada na ITU-R S.1062[19] para serviços fixos é de $10 \text{ exp.}(-6)$ para 99,8% do tempo no pior mês[24]. Considerando estes valores para os serviços fixos emergenciais, e convertendo para a base média anual, encontram-se os valores da tabela 4.2. A disponibilidade de enlace de 99,95% corresponde a aprox. 4 horas de *outage* (fora de serviço). No capítulo 5 serão apresentados resultados de simulação destes sistemas emergenciais na condição de propagação com chuva ITU-R

Tabela 4.2 – Valores de Disponibilidade. Serviços Fixos Emergenciais[24]

SISTEMAS SATÉLITE - SERVIÇOS FIXOS EMERGENCIAIS			
QUALIDADE	DESEMPENHO		
BER	DISPONIBILIDADE	ENLACE	
10exp.(-7)	99,8 %	pior mês	
BER MENOR QUE O VALOR ESPECIFICADO $10 \text{ EXP}(-6)$	99,95 %	média anual	

4.4 – REQUISITOS DE REDE E SERVIÇOS DO SISTEMA SATÉLITE

O projeto de sistema via satélite para o provimento de serviços fixos de suporte a gestão de desastres deve levar em consideração aspectos técnicos relevantes. Estes sistemas são bem empregados para a transmissão de dados, e como tal podem ser utilizados para operações de alerta antecipado [24].

O sistema de telecomunicações via satélite para a gestão de desastres deve prover enlaces digitais com os requisitos mínimos de rede para assegurar comunicação plena entre as áreas locais de desastre com centros de monitoramento e gestão municipais e/ou estaduais e destes com um centro de coordenação regional e/ou nacional. A diversidade e complexidade de funções operacionais do ciclo de gestão de desastres (já descritas no capítulo 2) demandam canais de telefonia, dados IP, data grama, fac-símile, além de canais de vídeo

comprimido unidirecionais de 2,048 Mbps para monitorar as áreas críticas e promover *survey* de demandas emergenciais além de canais bidirecionais de banda larga para suportar as operações de campo com aplicações específicas como tele medicina, comandos de segurança civil, salvamento em resgates e operações de prevenção, com tráfego de imagens, vídeo, texto e voz [21]. Ainda é recomendável estabelecer uma rede de estações/plataformas automáticas remotas para monitoramento contínuo de principais dados ambientais geo-hidro-meteorológicos, cobrindo todo o território, que, regra geral, emite uma mensagem de dados sincronizados com o enlace via satélite com médio *throughput* em torno de 1,2 kbit/s, integrada com a rede de gestão de desastres [24]. A rede nacional de estações meteorológicas do INMET (anexo 3) poderá cumprir este requisito.

4.5 - PARÂMETROS DO SISTEMA PROPOSTO

É considerada a aplicação do satélite ALERTA BR para o cenário de rede futura em condições de operação plena como *backhaul* de telecomunicações. A distribuição de feixes *spot-beams* das antenas do satélite poderá ser programada como recurso de serviço dependente dos satélites, e de acordo com a localização das estações *Hubs*, seja no Brasil, seja na América do Sul. O trabalho foca apenas o cenário atual da cobertura sobre o Brasil, para efeito de simulações do desempenho deste sistema e avaliações Subsequentes. Os parâmetros do sistema via satélite proposto ALERTA BR foram tomados do sistema satélite EUROBIRD 3, porque este sistema é dotado dos desenvolvimentos recentes do ETSI para tecnologia de transmissão DVB-RCS2 de banda larga e multimídia operando nas bandas Ka e Ku que se enquadra nas normas da ANATEL e atendem às recomendações e relatórios da ITU-R para sistemas geoestacionários de telecomunicações para serviços fixos multimídia de banda larga para as aplicações de gestão de desastres. Pelo fato de que suas especificações técnicas são encontradas na literatura especializada [52] para entrada de dados de simulação seguindo o manual do software de simulação SATMASTER PRO, baseado na indústria de satélites [48], estas foram resumidamente apresentados nas tabelas 4.3, 4.4 e 4.5. O satélite EUROBIRD 3 foi lançado em 2003 e posicionado a 33W, foi o primeiro satélite Eutelsat especificamente designado para aplicações de banda larga nas bandas Ku e Ka para prover serviços bidirecionais com taxas de transmissão até 3,6 Mbps no enlace direto e de até 512 kbps no enlace reverso. [59]

Tabela 4.3: Parâmetros dos satélites do Sistema Proposto[52].

		SISTEMA DE TELECOMUNICAÇÕES ESPACIAL PARA SUPORTE A GESTÃO E REDUÇÃO DE DESASTRES NO BRASIL					
		CENÁRIO ATUAL 2012- REDE ESTRELA PADRÃO DVB-RCS2			PARÂMETROS DO SATÉLITE ALERTA BR		
PARÂMETROS	SAT	UP-LINK	ENLACE DIRETO	DOWN-LINK	DOWN-LINK ENLACE REVERSO	UP-LINK	
		GW - SAT		SAT-TSAT	SAT - GW	TSAT - SAT	
BANDA KU	GHz	14.0 - 14.50		11.45 - 11.70	11.70 - 12.20	13.75 - 14.00	ANATEL UL: 13.75 - 14.00; 14.00 - 14.50
FREQ. CENTRAL CARRIER		14		11	12	13.8	DL: 10.95 - 11.20; 11.45 - 11.70; 11.70 - 12.20
BANDA KA	GHz	27.5 - 29.5		19.7 - 20.2	17.7 - 19.7	29.5 - 30	ANATEL UL: 27.0 - 30.0 GHz
FREQ. CENTRAL CARRIER		28		20	18	30	DL: 17.7 - 20.2 GHz
ACESSO\MUX		TDM,FDM		TDM	MF-TDMA,FDM	MF-TDMA	
LARG. BANDA TOTAL MHz		500		500	500	500	
NO. FEIXES ANTENA		72		72	72	72	
REUSO DE FREQUÊNCIA		1		4	1	4	
BANDA POR FEIXE MHz		2000		125	2000	125	
TAXA PORTADORA Msps		45		45	2	2	
SRC ROL-OFF\ESPAÇAMENTO		(0.25,0.11)		(0.25,0.11)	(0.35-0.11)	(0.35-0.11)	
HUB\GW		5			5		
REUSO POLARIZAÇÃO		1		1	1	1	
GANHO ANTENA dBi		54		54	54	54	
PERDAS ANT SAT dB		1		1	1	1	
POT. SATURAÇÃO SAT.				15 dBw\45 Msps	(-)\10.4dB\ 1 Msps		
SAT HPA OBO dB					4		
PERDAS SAT dB				2.85	1.75		
SATG/T dB/K		24.6				24.6	
TEMP RUIDO SAT dB/K		28.4				28.4	
DISPONIBILIDADE ENLACE (média anual)			99.95%		99.95%		
DISPONIBILIDADE DO SISTEMA (média anual)			99.9%		99.9%		
COBERTURA			100%		100%		
MODCODE		ACM	QPSK 1/2,1/4		FIXA	QPSK 1/2	
EIRP sat. dBW				65	40.85		

Tabela 4.4: Parâmetros das estações terminais do Sistema Propositivo [52].

		SISTEMA DE TELECOMUNICAÇÕES ESPACIAL PARA SUPORTE A GESTÃO E REDUÇÃO DE DESASTRES NO BRASIL						
		CENÁRIO ATUAL 2012- REDE ESTRELA PADRÃO DVB-RCS2			PARÂMETROS DO SEGMENTO DE TERRA			
	ESTAÇÃO HUB\GW	ENLACE DIRETO		ENLACE REVERSO		REFERÊNCIA		
		GW - SAT	SAT-TSAT	SAT - GW	TSAT - SAT			
GANHO ANTENA	dBi	65.2						
POT. MÁX TX/	dBw	18 dBW/ 8 portadoras(1 cluster)						
GW OBO	dB	6.0						
PERDAS SAÍDA	dB	2.0						
PERDAS ALIN.	dB	1.1						
GW G/T	dB/K			37.9				
EIRP sat.	dBW	$65.2+18-3.1 = 80.1$						52
TERMINAI SATÉLITE								
ANTENA								
GANHO DE PICO	Dbi				48.1			
EFICIÊNCIA					60%			
DIÂMETRO	m			0.30	0.75	1.2		
POTÊNCIA TX\RX	dBW				4.0			
OBO	dB				0.5			
PERDAS SAÍDA	dB				0.5			
PERDAS ALIN.	dB				1.0			
G/T	dB/K		20.1					
EIRP MÁX.	dBW				$48.1+4-1,5= 50,5$		52	

Tabela 4.5 - Parâmetros de interferência do Sistema Propositivo [48,52].

SISTEMA DE TELECOMUNICAÇÕES ESPACIAL PARA SUPORTE A GESTÃO E REDUÇÃO DE DESASTRES NO BRASIL						
CENÁRIO ATUAL 2012- REDE ESTRELA			PADRÃO DVB-RCS2		PARÂMETROS DE INTERFERÊNCIA(C/I)	
INTERFERÊNCIA	UNIDADE	ENLACE DIRETO		ENLACE REVERSO		REFERÊNCIA
		UL GW - SAT	DL SAT-TSAT	DL SAT - GW	UL TSAT- SAT	
Csat/ACIo	dB.Hz	102			102	48
Csat/XPIo	dB.Hz	100	VALORES MÉDIOS ENCONTRADOS NA INDÚSTRIA DE SATÉLITES [48]		100	
HPA C/I _{mo}	dB.Hz	105			105	
C/IM	dB	27		22		52
SATÉLITES INTERFERENTES NA BANDA KA						
DENSIDADE DE RUIDO INTERFERENTE (outros satélites)	C\ASIO DB.HZ	105	95	105	95	48
NOTAS:						
Densidades médias entre 94 e 107 dB.Hz para pequenas e grandes antenas (refa. SATMASTERPRO)						48
C\ASIO = Csat\ASIO - carrier back-off- 10*log(carrier symbol rate)						

4.6 - RESUMOS DAS CARACTERÍSTICAS DA REDE BASE SATÉLITE ALERTA BR

A tabela 4.6 apresenta um resumo de características do satélite em conformidade com as referências da ANATEL para as bandas Ka e Ku [62, 64].

Tabela 4.6 – Características do Satélite ALERTA BR[52]

CARACTERÍSTICAS DO SATÉLITE ALERTA BR				DVB-RCS2	
POSIÇÃO ORBITAL - 51W (separação orbital de 10 graus) Ok Norma ANATEL MAIOR QUE 2 GRAUS					
ENLACE DIRETO		DVB-S2		ENLACE REVERSO	
MODULAÇÃO	MODCODE			MODULAÇÃO	MODCODE
QPSK	ACM				FIXA
	QPSK 112	M=4	I = 2 bits por símbolo	QPSK	QPSK 112
02 portadoras 45 Msps ocupam a banda de 01 transponder 125 MHz					
25% roll-off + 11% espaçamento de guarda interferência					
EIRP satélite = POT.sat x GANHO ant. IdBW = 15 +54-2,85-1					
EIRP satélite = 65.25 DBw			(Ok Norma ANATEL)		
G\T sat = 24.6 dB\K			(Ok Norma ANATEL)		
G\T recepção = 21 dB\K			(Ok Norma ANATEL)		
LARG. BANDA TRANSPONDER = 125 MHz			(Ok Norma ANATEL)		
DENS. FLUXO SAT. = -89 dBW/m2 (-88 dBW/m2 +-2 dB)			(Ok Norma ANATEL)		
LARG. BANDA SISTEMA = 2 GHz ~15 feixes x 125 MHz			(Ok Norma ANATEL)		
CAPACIDADE DO SISTEMA Até 05 HUBS					
Reuso de freq. = 4					
18 clusters compartilham 500 MHz					

4.7 – ACERCA DA REDE DE GESTÃO DE DESASTRES

A rede principal do segmento de terra do sistema satélite geoestacionário de banda larga é uma rede VSAT em topologia estrela, composta de uma estação *Hub* integrada ao centro de controle da rede (NCC) em Brasília, que suporta o acesso de um centro de coordenação nacional para a gestão de desastres no Brasil, o CENAD que interliga com o CEMADEN com enlace terrestre em fibra ótica, e futuramente com enlace via satélite ALERTA BR.

Foram utilizados os dados de localização geográficos da Rede de Estações de Monitoramento ambiental do INMET(anexo 03). A rede está distribuída basicamente em todos os municípios e serve para referência de localização da rede de estações VSAT-LAN dos centros municipais de gestão e redução de desastres no Brasil, como segmento de terra do sistema propositivo satélite geoestacionário de banda larga “ALERTA BR”.

4.7.1- Aspectos da rede do satélite ALERTA BR no cenário de curto prazo para a cobertura sobre o Brasil

A rede nacional em topologia estrela, ilustrada na figura 4.2, é composta de centros municipais dotados de estações terminais do satélite VSAT remotas, interconectados por satélite a uma estação central HUB\GW em Brasília, podendo-se agregar estações terminais remotas em centros, observatórios e institutos oceanográficos no mar territorial, fixos e móveis transportáveis (navios, sondas, boias, estações), que estarão na cobertura dos feixes do satélite. Poder-se-á prever a adoção de veículos equipados com terminal satélite DVB-RCS2 por município e por centro de gestão local. As localidades mostradas correspondem basicamente às estações remotas que foram simuladas.



Figura 4.4 – Rede Satélite “ALERTA BR” no Cenário de curto prazo

Este é o cenário de rede de gestão e redução de desastres mais simplificados e de menor custo de equipamentos, devido ao hub centralizado. A estação *hub* central controla os 72 feixes distribuídos (tabela 4.3) sobre o território nacional brasileiro, cada qual com abertura de 1 grau e projeção correspondente a *footprints* de 500km em diâmetro, para cobrir a extensão do território continental do Brasil com aprox. 8,5 milhões de km², e 4,5 milhões de km² de mar territorial.

4.7.2- Aspectos da Rede no Cenário Futuro

Considera-se a ampliação da rede com o estabelecimento de cinco HUB's nas cinco regiões administrativas, podendo comportar a expansão da rede de gestão com centros operacionais coordenadores por região administrativa do país. Cada Hub suporta 14 a 15 feixes *spot beams*, conforme a tabela de parâmetros do sistema 4.3.



Figura 4.5- Rede Satélite “ALERTA BR” no Cenário Futuro

Este é um cenário de rede mais complexo e com maior capacidade de tráfego. As cinco estações *hubs gateways* regionais estarão interligadas aos centros de gestão e redução de desastres regionais correspondentes às cinco regiões, sendo coordenados por um centro nacional interligado ao *hub* da rede em Brasília. Cada hub controla 14 a 15 feixes distribuídos sobre uma certa região territorial e marítima agregada (mar territorial), conforme a tabela de parâmetros do sistema 4.3.

4.8- ESTAÇÕES E TERMINAIS DO SATÉLITE DA REDE PROPOSTA

4.8.1- Estações Fixas VSAT – Centros Municipais de Gestão de Desastres

Os Centros municipais de gestão\redução de desastres deverão estar localizados nas dependências do órgão de Defesa Civil, podendo-se utilizar a infraestrutura dos telecentros já instalados na rede municipal e equipá-los com o padrão de terminal da rede satélite do gênero *return channel satellite terminal* (RCST), interoperando com redes locais de computadores *local area networks* (LAN`S), ilustrados na fig.4.6, que é um padrão de acesso desenvolvido para o suporte de tráfego via satélite DVB-RCS2, que compõe o satélite propositivo ALERTA BR.

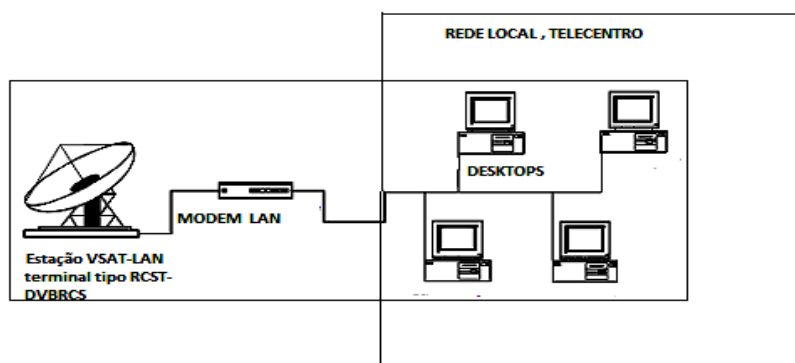


Figura 4.6 - Modelo de rede de acesso VSAT\RCST-LAN[53]

Um terminal VSAT – RCST deve incluir uma interface na rede de acesso do telecentro compatível com o padrão da LAN. O sistema satélite DVB-RCS suporta dois tipos de tráfego de dados: IP como melhor opção técnica e econômica e ATM como opcional [53].

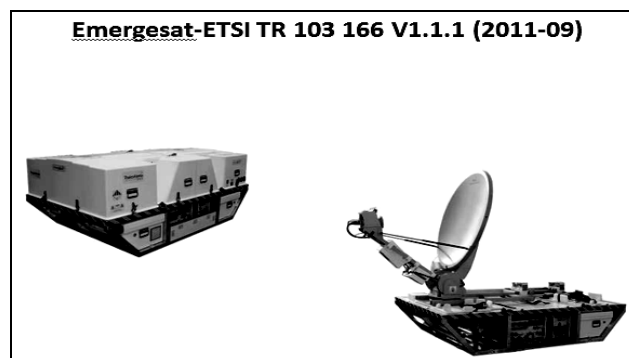
4.8.2 - Estações de Emergência transportáveis para área de desastres

Estações base terrestre transportáveis são equipamentos de grande mobilidade tática, acondicionadas em um container que é confeccionado de acordo com o gabarito de dimensões aderente à legislação da Associação de Transporte Aéreo Internacional (IATA). Não

há restrição para seu transporte em qualquer avião comercial. O peso total de todo aparato da estação, incluindo o gerador de potência e demais módulos da antena, está na faixa de 150 kg a 200 kg. Estas estações, ilustradas na fig. 4.7, são transportáveis por avião e helicópteros até as áreas de desastres, rapidamente instaláveis (montado e desmontado em campo de operações por duas pessoas), e colocadas no pleno estado operacional em cerca de 10 minutos no local do desastre, e interconectadas via satélite com as redes terrestres fixas (PSTN) e de comunicação móvel *GSM*, *WIFI*, *VHF*, ampliando a cobertura sobre a área de desastre, e provendo comunicação com centros de gestão de desastres e de serviços emergenciais.

Nas bandas Ku (14/12 GHz) Ka (30/18 GHz), as antenas transportáveis tem apenas 1,2 m de diâmetro ou menos. Para se ter uma ideia de custo, a Qualcomm provisiona para as telecomunicações de socorro em desastres (TDR-ITU) uma estação base-terra desse gênero a um valor aproximado de 500 dólares [24]. Um dos exemplos de estação transportável para atender ao ciclo de gestão pós-desastres padronizadas pelo ETSI, é denominada EMERGESAT, ilustrada na fig. 4.7, com antenas VSAT com 1,2 m de diâmetro [54].

Figura 4.7 - Estação transportável EMERGESAT –ETSI[54]



4.8.3 – Veículos DVB-RCS2 para a Defesa Civil

Os terminais veiculares, ilustrados na figura 4.8, usam miniantenas USAT com alto fator de mérito e são indicados para as operações de campo na gestão de desastres, podendo comunicar quando posicionado ou em deslocamento a 10 km/h [55].

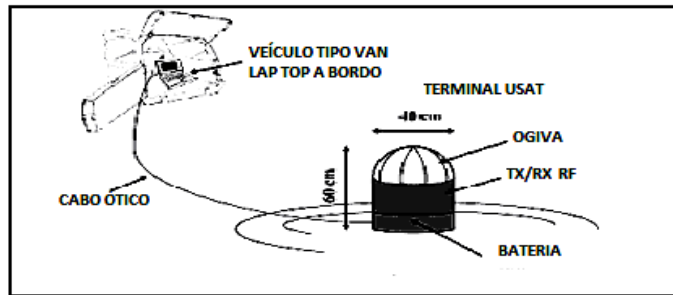


Figura 4.8 - Terminal satélite transportável USAT[55]

Como resultados conclusivos de experimentação na Europa, apresentados conforme tabelas de enlaces na banda Ka, os veículos DVB-RCS2 operam com comunicação multimídia no enlace de descida com taxa de dados da ordem de 25 Mbps em áreas de clima temperado e deserto, e oito Mbps em áreas tropicais. Com o satélite especificado, podem prover enlaces de subida com taxas de 512kbps\128kbps conforme as zonas climáticas [55].

5 - SIMULAÇÕES DO SISTEMA PROPOSTO E ANÁLISE DE RESULTADOS

5.1- INTRODUÇÃO E PREMISSAS DE SIMULAÇÃO

Este capítulo está focado em comparar as simulações de balanço de potência para verificar o desempenho do sistema proposto em operação nas bandas Ka e Ku, cobrindo o território do Brasil com os serviços fixos e de banda larga multimídia. A comparação entre os serviços fixos comerciais de uso compartilhado e os serviços fixos emergenciais para suporte a gestão de desastres está evidenciada na análise de tabelas comparativas que agregam um enorme volume de simulações realizadas entre julho de 2011 a setembro de 2012. As simulações do sistema na banda Ka sobre a cobertura da Europa foi realizada para verificar a funcionalidade do sistema modelo nas condições de propagação do Hemisfério Norte com demandas por serviços emergenciais e comerciais. Tabelas foram geradas para demonstrar o desempenho do sistema nas bandas Ka e Ku e comparar com o sistema proposto operando na cobertura sobre o Brasil. Tendo em vista os objetivos da dissertação, as seguintes premissas para as simulações foram adotadas:

I- O aplicativo utilizado nas simulações realizadas considera o modelo de propagação do ITU-R [17, 19, 20] automaticamente inserido nos cálculos de balanço de potência de enlaces do satélite propositivo para as localidades indicadas na amostragem de resultados. Devido ao desconhecimento de parâmetros de interferências por satélites adjacentes situados no cinturão orbital geoestacionário brasileiro, foram adotados valores entre 95 dB.Hz a 105 dB.Hz, indicados como valores medianos pela indústria de satélites[48], e foram desconsiderados fatores de atenuação variáveis como das folhagens das florestas e das altas concentrações de nuvens de vapor d'água e CO₂ devido a queimadas na região Norte/Noroeste. Considera ainda a transmissão de portadora única utilizando a potência de saturação do *high power amplifier* (HPA) máx da estação *Hub* e potência de saturação do *travelling wave tube amplifier* (TWTA) *do transponder* no enlace direto Hub – Sat - V_{sat} e potências máximas no enlace reverso V_{sat} – Sat – Hub.

II- Consideram-se técnicas de mitigação de desvanecimento atmosféricos como parte integrante da rede do satélite, para efeito de simulação de compensação de atenuações por chuva no sinal dos enlaces de subida e descida, além de ruídos e interferências que reduzem a relação potência de sinal da portadora versus potência de ruído mais interferências $C/(N+I)$ na

recepção, resumidas na tabela 5.1, de modo que os enlaces possam transportar as taxas de informação especificadas, com balanço de potência resultando excesso de margem positiva (Equação 08). As simulações não se detêm nos aspectos das variações de relação portadora/ruído de intermodulação C/IM, devido a possíveis efeitos de intermodulação gerada pelos ajustes de potência para compensar desvanecimentos no *loop* de controle no TWTA do satélite (Automatic level control ALC) e no *loop* de *down link* (DLPC) sobre a estação terminal de usuário VSAT/USAT.

III- Foram fixados os seguintes critérios para a simulação de balanço de potência dos enlaces do satélite ALERTA BR:

- . Margem de desvanecimento sempre positiva nas bandas Ka e Ku.
- . A comparação de resultados entre sistemas em operação provendo serviços comerciais e serviços emergenciais ou críticos.
- . Sondagem de taxas de informação de banda larga no enlace direto DVB-S2 igual e maior que dois Mbps nas condições de chuva ITU-R.
- . Sondagem de taxas de informação de banda estreita no enlace reverso igual e maior que 528 kbps sob condições de chuva ITU-R.

IV - Estações Simuladas por Amostragem

Estão sendo simulados, como referência regional as seguintes localidades e capitais, que se encontram nas cinco (05) regiões geográfico-administrativas do território brasileiro, incluindo-se ainda na Antártica a Estação Brasileira da Marinha “Comandante Ferraz”, para efeito de avaliação do desempenho do sistema de gestão de desastres propositivo (referenciado nas tabelas 4.3, 4.4, 4.5 e 4.6):

I - Norte: Oiapoque-RO; Manaus-AM, Belém-PA, São Luiz, BoaVista-Ro.

II - Sul: Chuí-RG; Florianópolis-STC, Curitiba-PR.

III- Leste(Sudeste): Ilha Trindade- ES; São Paulo-SP, Belo Horizonte-MG.

IV- Oeste (Noroeste, Centro Oeste): São Gabriel da Cachoeira-AM, Brasília-DF, Cuiabá-MT.

V - Nordeste: Ilha São Pedro & São Paulo-RN, Fortaleza-CE.

VI - Antártica: Estação Comandante Ferraz

5.2 – RESUMOS DAS TÉCNICAS DE MITIGAÇÃO DE DESVANESCIMENTO UTILIZADAS NO SISTEMA PARA SIMULAÇÃO DO BALANÇO DE POTÊNCIA DE ENLACE

As técnicas utilizadas referem-se ao tópico de controle dinâmico de potência *power control* nos enlaces de subida, de descida e no transponder, e ao tópico de adaptação na forma de onda *adaptive waveform*[61], provendo compensações de potência de no enlace total ou estação a estação, de modo que o balanço de potência resulte em excesso de margem positiva (conforme a equação 08).

5.2.1 – Controle dinâmico de potência

O controle de potência no enlace de subida *uplink power control (ULPC)* é implementado por uma malha de controle que mede a relação sinal versus ruído na recepção do *transponder*, e comanda ajuste dinâmico de potência transmissora da estação *Hub* para um valor que compense a atenuação por desvanecimentos no enlace, e que garanta um valor mínimo admissível de potência na entrada do *transponder*. O simulador admite entrada de valores entre zero e 20 dB para efeito de simulação [60,61].

O controle dinâmico de potência no transponde do satélite ou controle automático de ganho *automatic level control (ALC)* estabelece uma malha entre a recepção de potência de *uplink* (entrada) e a transmissão no *downlink* (saída), de modo que, fixada a potência de saturação do TWTA, haja ajuste de oscilações da potência na entrada do transponde devido a variações nos desvanecimentos por chuvas na antena de recepção do satélite [48].

O Controle dinâmico de potência no enlace de descida *down link power control (DLPC)* é implementado por uma malha de controle que mede a relação sinal versus ruído total no receptor da estação terminal de usuário, e ajusta a potência de transmissão do *transponder* para correção de desvanecimentos por chuva no enlace. No caso de enlace *multi spot beam*, o ajuste de potência é feito por *beam* ou feixe [60,61].

5.2.2 – Adaptação da Forma de Onda

Trata-se da aplicação do esquema de modulação e codificação adaptativa nos enlaces direto e reverso, situado na estação *Hub* do sistema DVB-RCS2, para mitigação de desvanecimentos ocorrentes nos enlaces e garantia de qualidade de serviço.

No enlace direto DVB-S2 *Hub* – satélite – terminal VSAT remoto o esquema de modulação e codificação adaptativas são QPSK $1/2$ e QPSK $1/4$, para garantir uma taxa de erro de *bit* BER equivalente à taxa de erro de pacote PER=10exp. (-7) [51,57].

No enlace reverso DVB-RCS terminal VSAT remoto – satélite – *Hub* é fixado o esquema de modulação e codificação QPSK $1/2$ para garantir uma taxa de erro de *bit* BER equivalente à taxa de erro de pacote PER=10exp. (-7)[53,54].

5.3 - RESUMO DO CÁLCULO DE ENLACES

5.3.1 – Acerca de projeto de um sistema de comunicações via satélite

O projeto de um sistema via satélite depende fundamentalmente da definição da disponibilidade total do sistema (D_t) e da determinação da relação sinal versus ruído (C/N) total que garantirá a taxa de erro de bit (BER), ou a qualidade do sinal requerida nos enlaces direto e reverso, para garantir um determinado padrão de serviço ou qualidade de serviço.

5.3.2– Os Fatores de Degradação de um enlace satélite

Um enlace de telecomunicações via satélite, seja entre a estação *gateway* e o satélite, seja entre o satélite e seus terminais no segmento de Terra, tem medida de qualidade que pode ser caracterizada pela relação entre a potência do sinal da portadora e a densidade espectral da potência do ruído total (C/N $_t$) na recepção. Esta relação varia em função da potência efetivamente irradiada no transmissor (EIRP), da relação entre ganho e temperatura do receptor (figura de mérito G/T) e das condições, propriedades e variações ocorrentes na atmosfera. Em comunicações via satélite entre duas estações terrenas, dois enlaces devem ser considerados: o enlace de subida (*uplink*), caracterizado pela relação (C/N) $_u$, e o enlace de descida (*downlink*), caracterizado pela relação (C/N) $_d$. As condições de propagação na atmosfera afetam esses enlaces de modo diverso: a chuva reduz o valor da (C/N) $_u$ pelo decréscimo da potência recebida

no satélite, e para o enlace de descida ocorre além do decréscimo da potência recebida na estação terrena, o aumento da temperatura de ruído do sistema.

As expressões genéricas (C/N) para *up link* e *downlink*:

$$(C/N)_{up} = EIRP_{eup} \cdot (G/T)_{sat} \cdot (1/L)_{up} \cdot K \quad [\text{Hz}] \quad [\text{Eq. 04}]$$

$$(C/N)_{down} = EIRP_{sat} \cdot (G/T)_{edown} \cdot (1/L)_{down} \cdot K \quad [\text{Hz}] \quad [\text{Eq. 05}]$$

Onde:

(C/N) up é a relação sinal versus ruído do enlace de subida

(C/N) down é a relação sinal versus ruído do enlace de descida

EIRP eup é a potência efetivamente irradiada pela estação de *uplink*

EIRP sat é a potência efetivamente irradiada pela antena do satélite no *downlink*.

G/T Sat é a figura de mérito da antena receptora do satélite

G/T edown é a figura de mérito da estação receptora do *downlink*

L up são as perdas de enlace de subida

L down são as perdas do enlace de descida

K é a constante de boltzman.

5.3.3 – A Relação Sinal versus Ruído no Enlace Total estação a estação (C/N)TdB

Os principais fatores de degradação de desempenho de um enlace via satélite são causados pela presença de: ruído térmico, ruído de intermodulação no transponde e interferências. A relação sinal versus ruído de um enlace total estação a estação é calculada pela expressão geral[69]:

$$\left(\frac{C}{N} \right)_{TdB} = -10 \log \left(10^{-\left(\frac{C}{N} \right)_{u_{dB}}} + 10^{-\left(\frac{C}{N} \right)_{d_{dB}}} + 10^{-\left(\frac{C}{N_{Intermod}} \right)_{dB}} + \sum_{j=1}^m 10^{-\left(\frac{C}{N_{Interf}} \right)_{dB}} \right) \quad [\text{EQ. 06}]$$

Traduz a relação sinal versus ruído total de um enlace estação a estação do satélite em função das relações sinal versus ruído: do *uplink*, do *down link*, de intermodulação no transponde e de interferência total sobre o enlace. Onde:

$(C/N)_T$ – relação portadora versus ruído total do enlace.

$(C/N)_u$ – relação portadora versus ruído no *uplink*

$(C/N)_d$ – relação portadora versus ruído no *down link*

$(C/N)_{intermod}$ – relação portadora versus ruído de intermodulação

$(C/N)_{interf}$ – relação portadora versus ruído de interferência, considerando m fontes de interferência.

5.4 - APLICATIVO PARA AS SIMULAÇÕES DE BALANÇO DE ENLACES

O aplicativo software SATMASTER é utilizado como um instrumento geral para uso em projetos na indústria de satélites[48]. O módulo de balanço de enlaces emprega os padrões das indústrias de satélite para cálculos de atenuação por chuva e modelagem atmosférica e disponibiliza entrada de dados para cálculos de balanço de enlaces. A ferramenta disponibiliza vários gráficos e geração de tabelas para análise de parâmetros e lista de dados calculados sobre os enlaces satélites. As planilhas de entrada de dados seguem ilustradas nas figuras 5.1 e 5.2, com a especificação dos dados de entrada para: Enlace de subida, Enlace de descida, Modelo de Chuva, Satélite e Portadora [48].

PLANILHAS DE ENTRADA		SATMASTER PRO				BALANÇO DE POTÊNCIA SATÉLITE GEO ESTACIONÁRIO REPETIDOR TRANSPARENTE					
UP - LINK	ASI UP	interfering Up links				DOWN-LINK	ASI DOWN/interfering Up links				
SITE NAME	EIRP dens	SAT1	SAT2	SAT3	SAT4	SITE NAME	EIRP dens	SAT1	SAT2	SAT3	SAT4
LATITUDE	dBW/Hz					LATITUDE	dBW/Hz				
LONGITUDE	Sat Long					LONGITUDE	Sat Long				
ALTITUDE	km					ALTITUDE	km				
FREQUENCY	GHz					FREQUENCY	GHz				
POLARIZATION	V,H,C					POLARIZATION	V,H,C				
AVAILABILITY	%av.year					AVAILABILITY	%av.year				
ANTENNA DIAM	m					ANTENNA DIAM	m				
ANTENNA EFF. GAIN	%,dBi					ANTENNA EFF. GAIN	%,dBi				
COUPLING LOSS	dB					COUPLING LOSS	dB				
ANT LOSS	dB					ANT LOSS	dB				
OTHER PATH LOSS	dB					OTHER PATH LOSS	dB				
Csat/ACIo	dB.Hz					Csat/ACIo	dB.Hz				
Csat/XPIo	dB.Hz					Csat/XPIo	dB.Hz				
ES HPA OBO	Db					LNB noise figure	dB,K				
No. Carriers/HPA						ANT. NOISE TEMP.	K		AUTO		
HPA C/lmo	dB.Hz										
UPC	dB.Hz										
HPA power	W	Máx	01 carrier								
		Min.	02 carrier								

Figura 5.1 - Planilha de Entrada de dados para os Enlaces de Subida e Descida do SATMASTER[48]

PLANILHAS DE ENTRADA		SATMASTER PRO				BALANÇO DE POTÊNCIA SATÉLITE GEO ESTACIONÁRIO REPETIDOR TRANSPARENTE			
RAIN MODEL	DOWN-LINK RAIN MODEL	SATELLITE				CARRIER			
UP-LINK RAIN MODEL		SAT NAME	SERVICE NAME			REQUIRED TARGET (dB)			
ITU-R X	ITU-R X	SAT LONG.	COVERAGE			Eb/No			
		G/T (ref) dB/K	RATE			Es/No			
CRANE T-C	CRANE T-C	SFD(ref) dBW/m2	INFO	Mbps		MODULATION			
		G/T receiver dB/K	SYMBOL	Mbaud		1 bit/symbol			
CRANE USA	CRANE USA	FCA dB	OVERH.INFO	%		M-(A)PSK M = 4,8,16			
		ALC dB	FEC code rate			M-QAM			
		EIRP(sat) dBW	SPREAD GAIN	dB		MODCODE			
Manual	Manual	TRANSPONDER.	1 + ROLL OFF			DVB-S2 DVB-S MANUAL			
		BAND. MHz	CARRIER space factor						
ITU(mm/h)	ITU(mm/h)	IBO dB	BW allocation step	MHz					
		OBO AUTO	LOSS	dB					
		C/IM AUTO	SYSTEM MARGIN	dB					
		CARRIER AUTO							
		TYPE							
		TWTA X							
		LTWTA							
		SSPA							

Figura 5.2 - Planilha de Entrada de dados para os Enlaces de Subida e Descida do SATMASTER [48]

5.4.1- Margem de desvanecimento do Sistema

O programa utilizado nas simulações calcula a margem de desvanecimento por chuvas segundo padrões da indústria de satélites e as inclui no balanço de enlaces, e agrega uma

“margem de sistema” para garantir um balanço de potência aceitável no enlace fim a fim. O valor recomendável típico é de 1 dB (48), segundo a equação 07:

$$(C/(N + I)líquida = C/(N + I)real - (MARGEM + Perdas)) \text{ (dB) [Eq. 07]}$$

O Excesso de Margem deve ser positivo tanto nas condições de céu claro como nas condições de chuva, para que resulte um balanço de potência no enlace confiável (48).

$$(EM = (C/(N + I)líquida - C/(N + I)requerida)) \text{ (dB) [Eq. 08]}$$

Onde:

(C/N+I) requerida é a relação sinal versus ruído mais interferência de projeto do enlace.

(C/N+I) real é a relação sinal versus ruído mais interferência existente no enlace.

EM é o excesso de margem do enlace estação a estação.

5.5 – ANÁLISE DE RESULTADOS DE SIMULAÇÕES DO SISTEMA VIA SATÉLITE EUROBIRD 3

Os resultados condensados em planilhas das simulações de balanço de potência de enlaces na banda Ka pertinente à Europa são apresentados nas tabelas 5.1 e 5.2.

Tabela 5.1 – Resultados de Simulação de Balanço de Potência para o Satélite EUROBIRD 3 operando serviços emergenciais na Banda Ka, cobertura da Europa. Enlace Direto

SISTEMA DE TELECOMUNICAÇÕES ESPACIAL PARA SUPORTE A GESTÃO RES NA EUROPA														
CENÁRIO ATUAL 2012- REDE ESTRELA PADRÃO DVB-RCS2 SIMULAÇÕES BALANÇO DE POTÊNCIA SATÉLITE EUROBIRD 3														
AMOSTRAGEM NAS CAPITAIS - CENTROS DE GESTÃO DE DESASTRES														
RESULTADOS PARA O ENLACE DIRETO GW - SATÉLITE - TSAT														
BANDA	FREQ. PORTADORA		FMT					MODCOD		EXC. MARGEM			BAL. POT.	
KA	UL	DL	SERVIÇOS FSS EMERGENCIAIS CRÍTICOS					TAXA INFO	[SNIR(real) - (SNIR(req) + PERDAS)]					
	28 GHz	20GHz	TSAT	EIRP _{up}	ULPC	DLPC	ALC	EIRP _{dow}	QPSK	Mbps	TOTAL PORTADORA	CHUVA	DOWN	
ENLACE 99.95% HUBIGW PARIS	VSAT-L	dBW	dB	dB	dB	dB	dBW			CÉU CLARO	UP			
ROTTERDAM HOLANDA		74.46	0	0	0	0	65	QPSK 1/4	25	12.24	0.30		7.58	POS.
		74.46	0	0	0	0	65	QPSK 1/4	4	20.20		0.38		POS.
ATENAS GRÉCIA		74.46	0	0	0	0	65	QPSK 1/4	25	12.32	0.35		9.11	POS.
		74.46	0	0	0	0	65	QPSK 1/4	4	20.26		1.91		POS.
SVENBORI DINAMARCA		74.46	0	0	0	0	65	QPSK 1/4	25	12.25	0.30		7.41	POS.
		74.46	0	0	0	0	65	QPSK 1/4	4	20.20		0.21		POS.
SOROYA-NORUEGA		74.46	0	0	0	0	65	QPSK 1/4	25	12.14	0.22		6.96	POS.
		74.46	1	0	0	0	65	QPSK 1/4	4	20.11		0.65		POS.
BELGRADO-YUGOSLÁVIA		74.46	0	0	0	0	65	QPSK 1/4	25	12.31	0.35		8.16	POS.
		74.46	0	0	0	0	65	QPSK 1/4	4	20.26		0.95		POS.
BONN-ALÉMANHA		74.46	0	0	0	0	65	QPSK 1/4	25	12.19	0.31		7.46	POS.
		74.46	0	0	0	0	65	QPSK 1/4	4	20.15		0.29		POS.
BUDAPESTE-HUNGRIA		74.46	0	0	0	0	65	QPSK 1/4	25	12.30	0.24		8.20	POS.
		74.46	0	0	0	0	65	QPSK 1/4	4	20.25		1.01		POS.
MADRI-ESPANHA		74.23	0	0	0	0	65	QPSK 1/4	25	12.30	3.67		8.10	POS.
		74.23	0	0	0	0	65	QPSK 1/4	4	20.24		5.44		POS.
MOSCOU-RUSSIA		74.46	0	0	0	0	65	QPSK 1/4	25	12.29	0.33		7.92	POS.
		74.46	0	0	0	0	65	QPSK 1/4	4	20.23		0.74		POS.
OSLO-NORUEGA		74.46	0	0	0	0	65	QPSK 1/4	25	12.25	0.30		7.60	POS.
		74.46	0	0	0	0	65	QPSK 1/4	4	20.20		0.42		POS.
PORTO-PORTUGAL		74.46	0	0	0	0	65	QPSK 1/4	25	12.24	0.29		6.45	POS.
		74.46	1	0	0	0	65	QPSK 1/4	4	20.19		0.19		POS.
SICILIA-ITÁLIA		74.46	0	0	0	0	65	QPSK 1/4	25	12.30	0.34		8.10	POS.
		74.46	0	0	0	0	65	QPSK 1/4	4	20.24		0.86		POS.
TAMPERE-FINLÂNDIA		74.46	0	0	0	0	65	QPSK 1/4	25	12.25	0.30		7.85	POS.
		74.46	0	0	0	0	65	QPSK 1/4	4	20.21		0.66		POS.
VIENA-AUSTRIA		74.46	0	0	0	0	65	QPSK 1/4	25	12.30	0.34		8.20	POS.
		74.46	0	0	0	0	65	QPSK 1/4	4	20.24		1.02		POS.

Tabela 5.2 - Resultados de Simulação de Balanço de Potência para o Satélite EUROBIRD 3 operando serviços emergenciais na Banda Ka, cobertura da Europa. Enlace Reverso.

SISTEMA DE TELECOMUNICAÇÕES ESPACIAL PARA SUPORTE A GESTÃO E REDUÇÃO DE DESASTRES NA EUROPA												
CENÁRIO ATUAL 2012- REDE ESTRELA - PADRÃO DVB-RCS2						SIMULAÇÕES BALANÇO POTÊNCIA SATÉLITE EUROBIRD 3						
BANDA	FREQ. PORTADORA		AMOSTRAGEM NAS CAPITAIS - CENTROS DE GESTÃO DE DESASTRES				RESULTADOS P/DOS PARA ENLACE REVERSO TSAT - SAT - HUB/GW			EXC. MARGEM		BAL. POT.
KA	UL	DL	FMT				EIRP _{down}	MODCOD	TAXA INFO	TOTAL PORTADORA FIM-A-FIM		
	28 GHz	20GHz	ULPC	DLPC	ALC	[SNIR(real) - (SNIR(req) + PERDAS)]				CÉU CLARO	CHUVA	
DISPONIBILIDADE ENLACE 99,95% HUB/GW PARIS	TSAT	EIRP _{up}	ULPC	DLPC	ALC	EIRP _{down}	MODCOD	TAXA INFO	TOTAL PORTADORA FIM-A-FIM			
	VSAT	dBW	dB	dB	dB	dBW	QPSK 1/2	Mbps	CÉU CLARO	CHUVA		
ATENAS - GRÉCIA		55.44	0	0	0	40.85		0.528	19.62	2.68	POS.	
SVENBORI - DINAMARCA		56.02	1	0	0	40.85		0.528	19.62	0.65	POS.	
SOROYA - NORUEGA		56.78	0	0	0	40.85		0.528	19.62	0.53	POS.	
BELGRADO - YUGOSLÁVIA		55.55	0	0	0	40.85		0.528	19.62	0.05	POS.	
BONN - ALEMANHA		55.90	1	0	0	40.85		0.528	19.62	0.55	POS.	
BUDAPESTE - HUNGRIA		55.64	0	0	0	40.85		0.528	19.62	0.54	POS.	
MADRI - ESPANHA		55.73	0	0	0	40.85		0.528	19.62	5.22	POS.	
MOSCOU - RUSSIA		55.44	0	0	0	40.85		0.528	19.62	0.49	POS.	
OSLO - NORUEGA		56.13	0	0	0	40.85		0.528	19.62	0.34	POS.	
PORTO - PORTUGAL		56.00	3	0	0	40.85		0.528	19.62	0.39	POS.	
SICILIA - ITÁLIA		55.53	0	0	0	40.85		0.528	19.62	0.12	POS.	
TAMPERE - FINLÂNDIA		56.10	0	0	0	40.85		0.528	19.62	0.98	POS.	
ROTTERDAI - HOLANDA		56.01	0	0	0	40.85		0.528	19.62	0.18	POS.	
VIENA - AUSTRIA		55.68	0	0	0	40.85		0.528	19.62	0.66	POS.	

Dos resultados apresentados nas tabelas 5.1 e 5.2 verifica-se que o sistema satélite EUROBIRD 3 é capaz de operar serviços fixos emergenciais para a gestão de desastres, com excesso de margem positiva, em situação de céu claro e de chuva (padrão ITU-R), utilizando apenas a técnica de mitigação de desvanecimento de sinal correspondente a codificação e modulação adaptativa (ACM), pertinentes ao esquema de transmissão DVB-RCS2, sem atingir a saturação de potência de transmissão da estação *gateway no up-link* (80 dBW), e de saturação do TWTA no *down-link* (65 dBW), transferindo taxas de informação até 25 Mbps no enlace direto, em situação de chuva no uplink ou no downlink, e taxa de informação de 4 Mbps no enlace direto com chuva em ambos os enlaces. No enlace reverso, o sistema opera transferindo baixa taxa de 528 Kbps, sem saturação de potência EIRP do TWTA do *transponder* do satélite no *down link* (40.85 dBW), em situação de chuva em ambos os enlaces, no entanto atingindo a saturação de EIRP das estações VSAT terminais (50 dBW).

5.6 - RESULTADOS DE SIMULAÇÃO DO SISTEMA ALERTA BR

5.6.1- Análise dos resultados de Enlace Direto (HUB – SAT – TSAT) do Sistema Proposto, operando Serviços Fixos (FSS) comerciais na Banda Ka, com feixes de cobertura sobre as capitais.

O quadro demonstrativo de resultados de simulações de balanço de potência, para o Sistema Satélite ALERTA BR, operando serviços comerciais na Banda Ka, com cobertura sobre o Brasil, na pior condição de propagação com chuva nos enlaces de subida e descida (dual fade) e com excessos de margem positivos para as capitais tomadas por amostragem das 05 regiões brasileiras, são apresentados na tabela 5.3.

Tabela 5.3 - Resultados para os Enlaces Diretos (HUB – SAT – TSAT) do Sistema Proposto, operando Serviços Fixos (FSS) comerciais na Banda Ka, com feixes de cobertura sobre as capitais:

SISTEMA DE TELECOMUNICAÇÕES ESPACIAL PARA SUPORTE A GESTÃO E REDUÇÃO DE DESASTRES NO BRASIL													
CENÁRIO ATUAL 2012- REDE ESTRELA PADRÃO DVB-RCS2													
BANDA		FREQ. PORTADORA		AMOSTRAGEM NAS CAPITALS - CENTROS DE GESTÃO DE DESASTRES						SIMULAÇÕES BALANÇO POTÊNCIA		DESVANESCIMENTO DUAL	
KA		UL	DL	RESULTADOS PARA O ENLACE DIRETO GW - SATÉLITE - TSAT						TOTAL PORTADORA FIM-A-FIM		BAL. POT.	
		28 GHz	20GHz	FMT						TAXA INFO	EXC. MARGEM	CHUVA	BAL. POT.
DISP. SISTEMA	99.3%	SERVIÇOS FSS COMERCIAIS		DLPC	EIRP _{up}	ULPC	DLPC	EIRP _{down}	ALC	MODCOD	Mbps	[SNIR _(real) - (SNIR _(reg) + PERDAS)]	BAL. POT.
DISP. ENLACE	99.5%	GW	VSAT-L	dB	dBW	dB	dB	dBW	dB	QPSK		CÉU CLARO	CHUVA
HUB/INW	BRASÍLIA	6 m	0.75 m									dB	dB
BELÉM - PA				77.65	0	0	65	0	QPSK 1/2	2	23.01	8.13	POSITIVO
				77.65	0	0	65	0	QPSK 1/4	25	14.39	1.42	POSITIVO
				77.65	2	0	65	0	QPSK 1/4	50	12.29	0.38	POSITIVO
MANAUS - AM				77.65	0	0	65	0	QPSK 1/2	2	23.01	8.57	POSITIVO
				77.65	2	0	65	1	QPSK 1/2	25	14.74	0.55	POSITIVO
				77.65	2	0	65	1	QPSK 1/4	55	11.88	1.09	POSITIVO
BELO HORIZONTE - MG				77.65	0	0	65	0	QPSK 1/2	2	23.02	11.65	POSITIVO
				77.65	0	0	65	0	QPSK 1/2	25	14.76	0.83	POSITIVO
				77.65	0	0	65	0	QPSK 1/4	55	11.90	0.98	POSITIVO
CUIABÁ - MT				77.65	0	0	65	0	QPSK 1/2	2	23.02	10.61	POSITIVO
				77.65	1	0	65	0	QPSK 1/2	25	14.75	0.75	POSITIVO
				77.65	0	0	65	0	QPSK 1/4	55	11.89	0.20	POSITIVO
BOA VISTA - RO				77.65	0	0	65	0	QPSK 1/2	2	22.99	9.23	POSITIVO
				77.65	1	0	65	0	QPSK 1/2	25	18.22	2.32	POSITIVO
				77.65	2	0	65	0	QPSK 1/4	55	11.83	0.91	POSITIVO
FORTALEZA - CE				77.65	0	0	65	0	QPSK 1/2	2	23.01	10.08	POSITIVO
				77.65	1	0	65	0	QPSK 1/2	25	14.74	0.21	POSITIVO
				77.65	1	0	65	0	QPSK 1/4	55	11.88	0.70	POSITIVO
BRASÍLIA				77.65	0	0	65	0	QPSK 1/2	2	23.03	11.22	POSITIVO
				77.65	0	0	65	0	QPSK 1/2	25	14.76	0.4	POSITIVO
				77.65	0	0	65	0	QPSK 1/4	55	11.90	0.66	POSITIVO
SÃO LUIZ - MA				77.65	0	0	65	0	QPSK 1/2	2	23.01	9.38	POSITIVO
				77.65	2	0	65	0	QPSK 1/2	25	14.74	0.49	POSITIVO
				77.65	2	0	65	0	QPSK 1/4	55	11.87	1.03	POSITIVO
FLORIANÓPOLIS - Sta. CAT.				77.65	0	0	65	0	QPSK 1/2	2	23.01	11.74	POSITIVO
				77.65	0	0	65	0	QPSK 1/2	25	14.73	0.98	POSITIVO
				77.65	0	0	65	0	QPSK 1/4	55	11.87	1.08	POSITIVO
CURITIBA				79.15	0	0	65	0	QPSK 1/2	2	10.30	8.31	POSITIVO
				79.15	0	0	65	0	QPSK 1/2	25	9.28	0.98	POSITIVO
				79.15	0	0	65	0	QPSK 1/4	55	10.11	2.25	POSITIVO
SÃO PAULO				79.15	0	0	65	0	QPSK 1/2	2	23.31	12.13	POSITIVO
				79.15	0	0	65	0	QPSK 1/2	25	15.30	1.33	POSITIVO
				79.15	0	0	65	0	QPSK 1/4	55	12.48	2.44	POSITIVO

Os valores de potência de subida se mantêm abaixo do valor correspondente de saturação de EIRP (*up-link*) do HPA da estação *Hub*(80 dBW), e valores de potência de descida EIRP (*down-link*) se mantêm no limiar de saturação do TWTA do Satélite(65 dBW), garantindo margens positivas de balanço de potência para transferência de taxas de informação de 2 a 25 Mbps, utilizando-se o esquema de modulação e codificação adaptativa ACM QPSK $\frac{1}{2}$, e transferência de taxa de informação de 25 a 55 Mbps com ACM QPSK $\frac{1}{4}$, no enlace direto HUB – Satélite – terminais Vsat, para todas as capitais com exceção de Manaus e Belém, em condições de chuva[17].

Pode-se concluir que a operação do sistema proposto na banda Ka garante o provisionamento de serviços fixos comerciais (disponibilidade de sinal simulada 99,5%) de banda larga para uso múltiplo compartilhado: HDTV, ensino (tele-educação), pesquisa científica, aprendizado geral, monitoramento e gestão ambiental (teleconferência), governo eletrônico (e-gov.), limitados a taxas de 2 a 25 Mbps no enlace direto, e considerando que não haja restrições de potência das estações terminais de usuários para a transmissão de baixas taxas de informação entre 216 kbps a 528 kbps no enlace reverso[42].

5.6.2- Análise dos resultados de simulações de enlace direto (HUB – SAT – TSAT) do sistema proposto, operando serviços fixos (FSS) emergenciais na banda Ka, com feixes de cobertura sobre as capitais:

Os quadros demonstrativos de resultados de simulações de balanço de potência para o sistema via satélite ALERTA BR, operando serviços emergenciais na banda Ka e Ku, com cobertura sobre o Brasil, para o enlace direto (HUB – SAT – VSAT) na pior condição de propagação com chuva nos enlaces de subida e descida (dual fade), para as capitais tomadas por amostragem nas 05 regiões brasileiras, são apresentados nas tabelas 5.4 e 5.5.

Tabela 5.4 – Serviços Emergenciais ou Críticos para a Gestão de Desastres nas Capitais. Resultados para o Enlace Direto *Hub/GW*- Satélite – Terminal *Vsat* na Banda Ka.

SISTEMA DE TELECOMUNICAÇÕES ESPACIAL PARA SUPORTE A GESTÃO E REDUÇÃO DE DESASTRES NO BRASIL													
CENÁRIO ATUAL 2012- REDE ESTRELA PADRÃO DVB-RCS2													
SIMULAÇÕES BALANÇO POTÊNCIA													
AMOSTRAGEM NAS CAPITAIS - CENTROS DE GESTÃO DE DESASTRES													
RESULTADOS PARA O ENLACE DIRETO GW - SATÉLITE - TSAT DESVANECIMENTO DUAL													
BANDA	FREQ. PORTADORA		FMT					TAXA INFO		EXC. MARGEM		BAL. POT.	
KA	UL	DL	EIRP _{up}	ULPC	DLPC	ALC	EIRP _{down}	MODCOD	Mbps	[SNIR(real) - (SNIR(req) + PERDAS)]	TOTAL PORTADORA	CHUVA	FIM-A-FIM
	28 GHz	20GHz	dBW	dB	dB	dB	dBW	QPSK		dB	CÉU CLARO	dB	
DISP. SISTEMA 99.9%	SERVIÇOS FSS EMERGENCIAIS/CRÍTICOS												
DISP. ENLACE 99.95%	TSAT												
HUB/GW BRASÍLIA													
BELÉM - PA	GW	VSAT-L	77.65	15	6	12	71	QPSK 1/4	2	24.84	1.01	POSITIVO	
			6 m	0.75 m	77.65	20	6	15	71	QPSK 1/4	10	19.30	0.55
MANAUS AM			77.65	15	5	12	70	QPSK 1/4	2	24.82	1.54	POSITIVO	
			77.65	20	4	20	69	QPSK 1/4	10	19.22	0.18	POSITIVO	
CUIABÁ - MT			77.65	10	6	10	71	QPSK 1/4	2	24.84	1.82	POSITIVO	
			77.65	16	6	10	71	QPSK 1/4	10	19.30	0.83	POSITIVO	
BOA VISTA - RO			77.65	16	6	6	71	QPSK 1/4	2	24.83	0.44	POSITIVO	
			77.65	20	6	10	71	QPSK 1/4	10	19.28	1.44	POSITIVO	
FORTALEZA - CE			77.65	15	6	4	71	QPSK 1/4	2	24.84	0.26	POSITIVO	
			77.65	20	6	7	71	QPSK 1/4	10	19.30	1.02	POSITIVO	
FLORIANÓPOLIS - Sta. CAT.			77.65	9	6	3	71	QPSK 1/4	2	24.84	0.30	POSITIVO	
			77.65	15	6	5	71	QPSK 1/4	10	19.29	0.75	POSITIVO	
SÃO LUIZ - MA			77.65	10	6	12	71	QPSK 1/4	2	24.84	0.26	POSITIVO	
			77.65	15	6	15	71	QPSK 1/4	10	19.29	0.27	POSITIVO	
BRASÍLIA			77.65	10	0	12	85	QPSK 1/4	2	24.60	1.20	POSITIVO	
			77.65	15	0	14	65	QPSK 1/4	10	18.97	0.66	POSITIVO	
BELO HORIZONTE - MG			79.15	10	6	3	71	QPSK 1/4	2	25.55	0.55	POSITIVO	
			79.15	15	6	6	71	QPSK 1/4	10	19.88	0.99	POSITIVO	
CURITIBA			79.15	9	6	3	71	QPSK 1/4	2	13.57	0.50	POSITIVO	
			79.15	15	6	6	71	QPSK 1/4	10	12.90	1.71	POSITIVO	
SÃO PAULO			79.15	9	6	3	71	QPSK 1/4	2	25.25	0.17	POSITIVO	
			79.15	14	6	6	71	QPSK 1/4	10	19.88	0.53	POSITIVO	

Foram simuladas as aplicações das técnicas de controle de potência para a mitigação de desvanecimentos por chuva nos enlaces de subida e descida correspondentes aos valores de ULPC, DLPC e ALC, adicionados ao enlace, para fins de convergência em torno de excesso de margem positiva, e de valores confiáveis de $C/(N+I)$ no terminal do satélite, e, por conseguinte, BER aceitável.

Os valores de potências EIRP de up-link ultrapassam o limite de saturação do HPA da estação *Hub*(80 dBW), devido ao acréscimo de potência simulado no *up-link* com o parâmetro de controle de potência(ULPC) e na entrada do TWTA(ALC), para que ocorra a transferência de taxas de informação de 2Mbps a 10 Mbps no enlace direto com todas as capitais

brasileiras, garantindo margem positiva fim-a-fim em condição de céu claro e nas piores condições de propagação com chuva em ambos os enlaces(*dual fade*).

As potências EIRP de *down-link* ultrapassam os valores de saturação do TWTA do satélite (65 dBW), e inclusive valores de saturação autorizados pela ANATEL (69 dBW)[62], devido ao acréscimo de potência simulada no *down-link* com o parâmetro de controle de potência (DLPC).

Assim, se conclui que em condições de chuva padrão ITU-R, a operação em banda Ka para serviços de comunicações emergenciais via satélite geoestacionário do porte do ALERTA BR, que está em conformidade de capacitação com as referências da ANATEL para a banda Ka [62,64], fica comprometida devido aos fatores de desvanecimentos de sinal de portadora encontrados na cobertura do Brasil, principalmente devido à precipitação de chuva [17], considerando médias interferências por satélites adjacentes[48] e desconsiderando fatores de atenuação como das folhagens das florestas[67], e das altas concentrações de nuvens de vapor d'água e CO2 na região da Amazônia (Norte)[68].

5.6.3 – Análise dos resultados de Enlace Direto e reverso do Sistema Proposto, operando Serviços Fixos(FSS) Emergenciais na Banda Ku, com feixes de cobertura sobre as capitais:

Os resultados de balanço de potência de enlace direto do satélite ALERTA BR, operando na banda Ku para provimento de serviços fixos emergenciais para suporte a gestão de desastres no Brasil, são mostrados na tabela 5.6.

Tabela 5.6 - Resultados de simulações para o Enlace direto e reverso GW- Satélite – Terminal na Banda Ku. Serviços Emergenciais, Amostragem das capitais.

SISTEMA DE TELECOMUNICAÇÕES ESPACIAL PARA SUPORTE A GESTÃO E REDUÇÃO DE DESASTRES NO BRASIL											
CENÁRIO ATUAL 2012- REDE ESTRELA PADRÃO DVB-RCS2						SIMULAÇÕES BALANÇO POTÊNCIA SATÉLITE ALERTA BR					
BANDA	FREQ. PORTADORA	AMOSTRAGEM NAS CAPITAIS - CENTROS DE GESTÃO DE DESASTRES			RESULTADOS PARA O ENLACE DIRETO GW - SATÉLITE - TSAT						
KU	UL DL 14 GHz 11 GHz	CAPITAIS			DESVANESCIMENTO DUAL						
DISP. SISTEMA 99,8%	SERVIÇOS FSS EMERGENCIAIS	CRÍTICOS			EXC. MARGEM						
DISP. ENLACE 99,95%	GW	TSAT	EIRP up	ULPC	DLPC	EIRP dos	ALC	MODCOD	TAXA INFO	TOTAL PORTADORA FIM-A-FIM	
HUBIGW BRASÍLIA	6 m	VSAT-L	dBW	dB	dB	dBW	dB	QPSK	Mbps	CÉU CLARO	
	0,75 m									CHUVA	
										BAL. POT.	
MANAUS - AM		77.34	0	0	65	0	QPSK 1/2	2	23.07	14.05	POSITIVO
		77.34	0	0	65	0	QPSK 1/2	10	18.36	7.82	POSITIVO
		77.34	0	0	65	0	QPSK 1/2	100	9.09	1.0	POSITIVO
BELÉM - PA		77.34	0	0	65	0	QPSK 1/2	2	23.08	14.47	POSITIVO
		77.34	0	0	65	0	QPSK 1/2	10	18.36	7.73	POSITIVO
		77.34	0	0	65	0	QPSK 1/2	100	9.09	0.92	POSITIVO
BELO HORIZONTE - MG		77.34	0	0	65	0	QPSK 1/2	2	23.07	16.01	POSITIVO
		77.34	0	0	65	0	QPSK 1/2	10	18.35	9.39	POSITIVO
		77.34	0	0	65	0	QPSK 1/2	100	9.08	2.17	POSITIVO
CUIABÁ - MT		77.34	0	0	65	0	QPSK 1/2	2	10.34	9.61	POSITIVO
		77.34	0	0	65	0	QPSK 1/2	10	10.12	7.38	POSITIVO
		77.34	0	0	65	0	QPSK 1/2	100	8.17	3.13	POSITIVO
BOA VISTA - RO		77.34	0	0	65	0	QPSK 1/2	2	23.07	14.99	POSITIVO
		77.34	0	0	65	0	QPSK 1/2	10	18.36	8.29	POSITIVO
		77.34	0	0	65	0	QPSK 1/2	100	9.09	1.36	POSITIVO
FORTALEZA - CE		77.34	0	0	65	0	QPSK 1/2	2	23.07	15.29	POSITIVO
		77.34	0	0	65	0	QPSK 1/2	10	18.36	8.61	POSITIVO
		77.34	0	0	65	0	QPSK 1/2	100	9.09	1.60	POSITIVO
FLORIANÓPOLIS - Sta. CAT.		77.34	0	0	65	0	QPSK 1/2	2	23.07	15.88	POSITIVO
		77.34	0	0	65	0	QPSK 1/2	10	18.35	9.50	POSITIVO
		77.34	0	0	65	0	QPSK 1/2	100	9.07	2.28	POSITIVO
SÃO LUIZ - MA		77.34	0	0	65	0	QPSK 1/2	2	23.07	15.06	POSITIVO
		77.34	0	0	65	0	QPSK 1/2	10	18.36	8.36	POSITIVO
		77.34	0	0	65	0	QPSK 1/2	100	9.09	1.41	POSITIVO
SÃO PAULO		77.34	0	0	65	0	QPSK 1/2	2	23.07	16.09	POSITIVO
		77.34	0	0	65	0	QPSK 1/2	10	18.35	9.47	POSITIVO
		77.34	0	0	65	0	QPSK 1/2	100	9.08	2.23	POSITIVO
BRASÍLIA		77.34	0	0	65	0	QPSK 1/2	2	23.07	15.79	POSITIVO
		77.34	0	0	65	0	QPSK 1/2	10	18.36	9.14	POSITIVO
		77.34	0	0	65	0	QPSK 1/2	100	9.09	1.99	POSITIVO

SISTEMA DE TELECOMUNICAÇÕES ESPACIAL PARA SUPORTE A GESTÃO E REDUÇÃO DE DESASTRES NO BRASIL											
CENÁRIO ATUAL 2012- REDE ESTRELA PADRÃO DVB-RCS2						SIMULAÇÕES BALANÇO POTÊNCIA SATÉLITE ALERTA BR					
BANDA	FREQ. PORTADORA	AMOSTRAGEM NAS CAPITAIS - CENTROS DE GESTÃO DE DESASTRES			RESULTADOS ENLACE REVERSO TSAT - SAT - GW						
KU	UL DL 14 GHz 11 GHz	CAPITAIS			DESVANESCIMENTO DUAL						
DISP. Rede 99,9%	SERVIÇOS FSS EMERGENCIAIS	CRÍTICOS			EXC. MARGEM						
DISP. ENLACE 99,95%	GW	TSAT	EIRP up	ULPC	DLPC	EIRP dos	ALC	MODCOD	TAXA INFO	TOTAL PORTADORA FIM-A-FIM	
HUBIGW BRASÍLIA	6 m	VSAT-L	dBW	dB	dB	dBW	dB	QPSK	Mbps	CÉU CLARO	
	0,75 m									CHUVA	
										BAL. POT.	
MANAUS - AM		55.21	0	0	41	0	QPSK 1/2	2	17.44	2.40	
BELÉM - PA		55.19	0	0	41	0	QPSK 1/2	2	17.44	1.91	
BELO HORIZONTE - MG		55.29	0	0	41	0	QPSK 1/2	2	17.44	7.91	
	10							12.34	1.09		
CUIABÁ - MT		55.25	0	0	41	0	QPSK 1/2	2	17.44	5.62	
	5							14.80	1.71		
BOA VISTA - RO		55.21	0	0	41	0	QPSK 1/2	2	17.44	3.80	
	4							15.51	0.84		
FORTALEZA - CE		55.23	0	0	41	0	QPSK 1/2	2	17.44	4.88	
	5							14.80	0.97		
FLORIANÓPOLIS - Sta. CAT.		55.39	0	0	41	0	QPSK 1/2	2	17.44	8.78	
	10							12.34	2.11		
SÃO LUIZ - MA		55.21	0	0	41	0	QPSK 1/2	2	17.44	3.95	
	5							14.80	0.02		
SÃO PAULO		55.33	0	0	41	0	QPSK 1/2	2	17.44	8.33	
	10							12.34	1.53		
BRASÍLIA		55.24	0	0	41	0	QPSK 1/2	2	17.44	6.87	
	10							12.34	0.01		

Os valores de potência de subida e de descida se mantêm abaixo do valor correspondente de saturação do HPA da estação Hub (80 dBW) e no limiar de saturação do TWTA do Satélite (65 dBW), garantindo margens positivas de balanço de potência para transferência de taxas de informação de 2 a 100 Mbps no enlace direto HUB – Satélite –

terminais Vsat para todas as capitais, nas piores condições de chuva simultaneamente em ambos os enlaces(dual fade) [17]. O sistema apresenta restrições de potência de transmissão no enlace reverso ultrapassando a potência de saturação dos terminais(50 dBW) para taxas de informação entre 2 e 10 Mbps.

5.6.4 – Análise dos resultados de simulações de balanço positivo de potência no enlace direto e reverso, para o sistema via satélite ALERTA BR operando serviços emergenciais na Banda Ka, com cobertura sobre o Brasil, para as localidades\municípios tomados por amostragem das 05 regiões brasileiras.

Os resultados de balanço de potência de enlace direto e reverso do satélite ALERTA BR, operando nas bandas Ka para provimento de serviços fixos emergenciais para suporte a gestão de desastres no Brasil, são apresentados nas tabelas 5.7 e 5.8 e comparados aos resultados de balanço de potência de enlace direto do satélite ALERTA BR, operando na banda Ka para provimento de serviços fixos comerciais de uso múltiplo compartilhado, apresentados na tabela 5.9.

Tabela 5.7 – Resultados das simulações de balanço de potência no enlace direto para as estações VSAT regionais remotas correspondentes a centros de gestão de desastres no Brasil. Serviços de telecomunicações via satélite emergenciais na banda Ka.

SISTEMA DE TELECOMUNICAÇÕES ESPACIAL PARA SUPORTE A GESTÃO E REDUÇÃO DE DESASTRES NO BRASIL													
CENÁRIO ATUAL 2012- REDE ESTRELA PADRÃO DVB-RCS2										SIMULAÇÕES BALANÇO POTÊNCIA			
BANDA		FREQ. PORTADORA		RESULTADOS PARA ENL. DIRETO GW - SAT - TSA1 COM DUPLO DESVANESCIMENTO(DUAL FADING)									
KA		UL	DL										
28 GHz		20GHz											
DISP. ENLACE	99,95%			SERVIÇOS FSS EMERGENCIAIS/CRÍTICOS									
Diâm. Ant.	GW	VSAT-L	EIRP _{up}	ULPC	DLPC	ALC	EIRP _{down}	MODCOD	TAXA INFO	EXC. MARGEM			BAL. POT.
6 m	0.75 m	dBW	dB	dB	dB	dB	dBW	QPSK	Mbps	[SNIR(real) - (SNIR(req) + PERDAS)]			
										TOTAL PORTADORA FIM-A-FIM	CHUVA		
										CÉU CL/ dB	UP	DOWN	
S. PEDRO&S. PAULO	77.65	10	0	0	65	QPSK 1/4	2	24.57	2.87			6.61	POSITIVO
	77.65	18	0	6	65	QPSK 1/4	2	24.79	0.87			1.28	POSITIVO
	73.65	15	3	8	68	QPSK 1/4	10	16.79	0.98			1.28	POSITIVO
	73.65	20	4	13	69	QPSK 1/4	10	1.83	0.44			1.28	POSITIVO
S. GABRIEL CACH	73.65	8	3	4	68	QPSK 1/4	2	29.21	0.20			4.87	POSITIVO
	73.65	20	4	10	69	QPSK 1/4	2	22.94	1.92			0.84	POSITIVO
	73.65	16	6	4	71	QPSK 1/4	10	16.68	1.26			0.84	POSITIVO
	73.65	20	8	20	73	QPSK 1/4	10	16.92	1.33			0.84	POSITIVO
OIAPOQUE	73.65	10	0	0	65	QPSK 1/4	2	22.80	0.54			7.33	POSITIVO
	73.65	15	4	10	69	QPSK 1/4	2	22.96	1.67			0.36	POSITIVO
	73.65	16	0	8	65	QPSK 1/4	10	16.68	1.94			0.36	POSITIVO
	73.65	20	4	12	69	QPSK 1/4	10	16.85	1.19			0.36	POSITIVO
TRINDADE	73.65	8	0	8	65	QPSK 1/4	2	22.75	0.92			13.69	POSITIVO
	73.65	12	0	6	65	QPSK 1/4	2	21.73	0.68			7.40	POSITIVO
	73.65	14	0	10	65	QPSK 1/4	10	16.60	0.16			7.40	POSITIVO
	73.65	18	0	10	65	QPSK 1/4	10	16.60	0.19			7.40	POSITIVO
CHUI	73.65	9	0	3	65	QPSK 1/4	2	22.76	0.76			18.89	POSITIVO
	73.65	15	0	3	65	QPSK 1/4	2	22.76	2.01			10.83	POSITIVO
	73.65	15	0	6	65	QPSK 1/4	10	16.61	0.58			10.83	POSITIVO
	73.65	18	0	6	65	QPSK 1/4	10	16.61	0.16			10.83	POSITIVO
ANTÁRTICA	73.65	8	0	6	65	QPSK 1/4	2	22.66	0.55			20.48	POSITIVO
	73.65	10	0	6	65	QPSK 1/4	2	22.66	1.91			14.97	POSITIVO
	73.65	15	0	7	65	QPSK 1/4	10	16.49	0.75			14.97	POSITIVO
	73.65	15	0	7	65	QPSK 1/4	10	16.49	0.21			14.97	POSITIVO

Foram simuladas as aplicações das técnicas de controle de potência para a mitigação de desvanecimentos por chuva nos enlaces de subida e descida correspondentes aos valores de ULPC, DLPC e ALC, adicionados ao enlace, para fins de convergência em torno de excesso de margem positiva e de valores confiáveis de C/(N+I) no terminal do satélite e, por conseguinte, BER aceitável. Os valores de potências EIRP de *up-link* ultrapassam o limite de saturação do HPA da estação *Hub* (80 dBW) em todas as localidades regionais, devido ao acréscimo de potência simulado no *up-link*, com o parâmetro de controle de potência (ULPC) e na entrada do TWTA (ALC), para que ocorra a transferência de taxas de informação de 2 a 10 Mbps, garantindo margem positiva fim-a-fim em condição de céu claro, na condição de chuva para cada enlace (*rain up e rain down*) e nas piores condições de propagação com chuva em ambos os enlaces simultaneamente (*dual fade*)[48].

As potências EIRP de down-link ultrapassam os valores de saturação do TWTA do satélite (65 dBW) nas localidades das regiões Norte-Oiapoque, Nordeste-SãoPedro&S.Paulo, e inclusive valores de saturação autorizados pela ANATEL (69 dBW) [62], devido ao acréscimo de potência simulada no *down-link* com o parâmetro de controle de potência (DLPC) para a localidade da região Noroeste: S.Gabriel Cachoeira (Amazônia). Nas demais regiões mantêm-se no limite de saturação do TWTA.

Tabela 5.8 - Resultados das simulações de balanço de potência no enlace reverso para as estações VSAT regionais remotas correspondentes a centros de gestão de desastres no Brasil. Serviços de telecomunicações via satélite emergenciais na banda Ka.

SISTEMA DE TELECOMUNICAÇÕES ESPACIAL PARA SUPORTE A GESTÃO E REDUÇÃO DE DESASTRES NO BRASIL													
CENÁRIO ATUAL 2012- REDE ESTRELA PADRÃO DVB-RCSZ													
SIMULAÇÕES BALANÇO POTÊNCIA													
BANDA		FREQ. PORTADORA		RESULTADOS PARA ENLACE REVERSO TSAT - SAT - GW							COM DUPLO DESVANECIMENTO(DUAL FADING)		
KA	28 GHz	UL	DL	FMT							EXC. MARGEM	BALANÇO POT.	
DISP. REDE 99,9%		DISP. ENLACE 99,95%											
SERVIÇOS FSS EMERGENCIAIS CRÍTICOS													
Diâm. Ant.	GW	VSAT-LAN	EIRPup	ULPC	DLPC	ALC	EIRPdown	MOBCOD	TAXA INFO	[SNIR(real) - (SNIR(req) + PERDAS)]			
6 m	0.75 m	dBW	dB	dB	dB	dB	dBW	QPSK	Mbps	TOTAL PORTADORA FIM-A-FIM	CÉU CLAR	CHUVA	dB
S.PEDRO&S.PAULO			59.72	20	28	30	69	QPSK 1/2	0.528	20.64		-10.71	NEG.
S. GABRIEL CACH			55.62	20	28	30	69	QPSK 1/2	0.528	20.56		-10.05	NEG.
OIAPOQUE			55.55	20	28	30	69	QPSK 1/2	0.528	20.15		-17.20	NEG.
TRINDADE			55.81	10	6	6	47	QPSK 1/2	0.528	20.04	0.13		POS
CHUI			55.79	6	3	0	44	QPSK 1/2	0.528	19.93	0.95		POS
ANTÁRTICA			56.50	0	0	0	41	QPSK 1/2	0.528	19.72	4.10		POS

Foram simuladas as aplicações das técnicas de controle de potência para a mitigação de desvanecimentos por chuva nos enlaces de subida e descida correspondentes aos valores de ULPC, DLPC e ALC, adicionados ao enlace, para fins de convergência em torno de excesso de margem positiva, e de valores confiáveis de $C/(N+I)$ no terminal do satélite e, por conseguinte, BER aceitável.

Nas regiões Norte, Noroeste e Nordeste não foram alcançados balanço positivo de potência na transferência da taxa de 528 kbps nas condições de chuva em ambos os enlaces de subida e descida, e com os limiares de saturação EIRP up e EIRP down ultrapassados. Nas demais regiões Sudeste, Sul e Antártica, foram alcançados balanços positivos na transferência da baixa taxa de 528 kbps, porém com limiares de saturação EIRP up e EIRP down ultrapassados.

Assim, se conclui que em condições de chuva padrão ITU-R, a operação em banda Ka para provimento de serviços de comunicações emergenciais via satélite geostacionário do porte do ALERTA BR, que está em conformidade de capacitação com as referências da ANATEL para a banda Ka [62,64], fica comprometida devido aos fatores de desvanecimento de sinal de portadora encontrados na cobertura do Brasil, principalmente devido aos desvanecimentos atmosféricos das chuvas com ênfase nas regiões Norte, Noroeste e Nordeste, considerando médias interferências por satélites adjacentes[48], ainda desconsiderando fatores de atenuação como das folhagens das florestas[67], das altas concentrações de nuvens de vapor d'água na região da Amazônia (Norte)[68], e de ocorrências de índices pluviométricos acima de 100 mm/h.

Tabela 5.9– Resultados das simulações de balanço de potência no enlace direto e reverso para as estações VSAT regionais remotas. Serviços comerciais de telecomunicações via satélite na banda Ka.

CENÁRIO ATUAL 2012- REDE ESTRELA PADRÃO DVB-RCS2										SIMULAÇÕES BALANÇO POTÊNCIA		
BANDA	FREQ. PORTADORA		RESULTADOS PARA ENLACE DIRETO GW - SAT - TSAT							COM DUPLO DESVANESCIMENTO(DUAL FADING)		
KA	UL	DL	FMT							EXC. MARGEM		BALANÇO POT.
DISP. REDE 99,0%	30 GHz	18 GHz	DLPC	ALC	EIRP _{down}	MODCOD	TAXA INFO	[SNIR(real) - (SNIR(req) + PERDAS)]				
DISP. ENLACE 99,5%	SERVIÇOS FSS COMERCIAIS		ULPC	DLPC	ALC	EIRP _{down}	MODCOD	Mbps	TOTAL PORTADORA FIM-A-FIM	CHUVA		
DIAM. ANT.	GW	VSAT-L	EIRP _{up}	dB	dB	dB	QPSK		CÉU CLF	dB		
DISP. ENLACE 99,5%	6 m	0.75 m	dBW	dB	dB	dBW						
S.PEDRO&S.PAULO			73.65	0	0	0	65 QPSK 1/4	2	22.76	7.99	POSITIVO	
			73.65	2	0	0	65 QPSK 1/4	25	12.30	0.62	POSITIVO	
S. GABRIEL CACH			73.65	0	0	0	65 QPSK 1/4	2	22.76	7.12	POSITIVO	
			73.65	3	0	0	65 QPSK 1/4	25	12.32	0.75	POSITIVO	
OIAPOQUE			73.65	0	0	0	65 QPSK 1/4	2	22.80	8.77	POSITIVO	
			73.65	1	0	0	65 QPSK 1/4	25	12.82	0.47	POSITIVO	
TRINDADE			73.65	0	0	0	65 QPSK 1/4	2	22.75	10.0	POSITIVO	
			73.65	0	0	0	65 QPSK 1/4	25	12.30	0.50	POSITIVO	
CHUI			73.65	0	0	0	65 QPSK 1/4	2	22.76	10.46	POSITIVO	
			73.65	0	0	0	65 QPSK 1/4	25	12.31	0.86	POSITIVO	
ANTÁRTICA			73.65	0	0	0	65 QPSK 1/4	2	22.66	11.20	POSITIVO	
			73.65	0	0	0	65 QPSK 1/4	25	12.19	1.43	POSITIVO	

CENÁRIO ATUAL 2012- REDE ESTRELA PADRÃO DVB-RCS2										SIMULAÇÕES BALANÇO POTÊNCIA		
BANDA	FREQ. PORTADORA		RESULTADOS PARA ENLACE REVERSO TSAT - SAT - GW							COM DUPLO DESVANESCIMENTO(DUAL FADING)		
KA	UL	DL	FMT							EXC. MARGEM		BALANÇO POT.
DISP. REDE 99,0%	30 GHz	18 GHz	DLPC	ALC	EIRP _{down}	MODCOD	TAXA INFO	[SNIR(real) - (SNIR(req) + PERDAS)]				
DISP. ENLACE 99,5%	SERVIÇOS FSS COMERCIAIS		ULPC	DLPC	ALC	EIRP _{down}	MODCOD	Mbps	TOTAL PORTADORA FIM-A-FIM	CHUVA		
DIAM. ANT.	GW	VSAT-L	EIRP _{up}	dB	dB	dB	QPSK		CÉU CLF	dB		
DISP. ENLACE 99,5%	6 m	0.75 m	dBW	dB	dB	dBW						
S.PEDRO&S.PAULO			55.72	0	0	0	41 QPSK 1/2	0.528	19.70	1.70	POS	
S. GABRIEL CACH			55.62	0	0	0	41 QPSK 1/2	0.528	20.32	1.43	POS	
OIAPOQUE			55.55	0	0	0	41 QPSK 1/2	0.256	20.33	0.19	POS	
TRINDADE			55.81	0	0	0	41 QPSK 1/2	4	15.44	1.50	POS	
CHUI			55.79	0	0	0	41 QPSK 1/2	25	8.63	5.20	POS	
ANTÁRTICA			56.50	0	0	0	41 QPSK 1/2	25	8.63	1.58	POS	

São alcançados resultados de balanço de potência positivos, na pior situação de chuva, transferindo taxas de informação de 2 a 25 Mbps em todas as regiões, com potência EIRP *up* abaixo do limiar de saturação da estação *Hub* (80 dBW), e com potência EIRP *down* no limiar de saturação do TWTA do satélite (65 dBW). Pode-se concluir que o sistema opera na banda Ka provendo serviços comerciais nas localidades regionais remotas, com restrições na potência de saturação das estações terminais(50 dBW) e nas taxas de informação nas regiões Norte e Nordeste, no enlace reverso.

5.6.5 – Análise de resultados de simulações de balanço positivo de potência no enlace direto e reverso, para o Sistema Satélite ALERTA BR operando serviços emergenciais na Banda Ku, com cobertura sobre o Brasil, para as localidades/municípios tomados por amostragem das 05 regiões brasileiras.

Os resultados de balanço de potência de enlace direto e reverso do satélite ALERTA BR, operando nas bandas Ku para provimento de serviços fixos emergenciais para suporte a gestão de desastres no Brasil, são apresentados nas tabelas 5.10 e 5.11.

Tabela 5.10– Resultados das simulações de balanço de potência no enlace direto para as estações VSAT regionais remotas correspondentes a centros de gestão de desastres no Brasil. Serviços de telecomunicações emergenciais via satélite na banda Ku.

SISTEMA DE TELECOMUNICAÇÕES ESPACIAL PARA SUPORTE A GESTÃO E REDUÇÃO DE DESASTRES NO BRASIL														
CENÁRIO ATUAL 2012- REDE ESTRELA PADRÃO DVB-RCS2 SIMULAÇÕES BALANÇO POTÊNCIA														
DISP.	ENLACE 99,95% SERVIÇOS FSS EMERGENCIAIS CRÍTICOS	BANDA		FREQ. PORTADORA		RESULTADOS PARA ENLACE DIRETO GV - SAT - TSAT COM DUPLO DESVANECIMENTO (DUAL FADING)						BALANÇO POT.		
		KU	UL	DL	13.8 GHz	12 GHz	FMT	EIRP _{up}	ULPC	DLPC	ALC		EIRP _{down}	MODCOD
Diam. Ant.	GV	VSAT LA	EIRP _{up}	ULPC	DLPC	ALC	EIRP _{down}	MODCOD	TAXA INFO	EXC. MARGEM	TOTAL PORTADORA FIM-A-FIM	BALANÇO POT.		
6 m	0.75 m	dBW	dB	dB	dB	dB	dBW	QPSK 1/2	Mbps	[SNIR(real) - (SNIR(req) + PERDAS)]	CÉU CLA dB	CHUVA dB		
S. PEDRO S. PAULO	73.34		0	0	0	0	65	QPSK 1/2	2	21.65	12.32	POSITIVO		
RN	73.34		0	0	0	0	65	QPSK 1/2	25	12.47	1.53	POSITIVO		
S. GABRIEL CACHAM	73.34		0	0	0	0	65	QPSK 1/2	2	21.65	11.72	POSITIVO		
AM	73.34		0	0	0	0	65	QPSK 1/2	25	12.48	0.81	POSITIVO		
OIAPOQUE	73.34		0	0	0	0	65	QPSK 1/2	2	21.66	11.86	POSITIVO		
RO	73.34		0	0	0	0	65	QPSK 1/2	25	12.48	1.05	POSITIVO		
	73.34		0	0	0	0	65	QPSK 1/2	40	10.06	0.39	POSITIVO		
CHUI	73.34		0	0	0	0	65	QPSK 1/2	2	22.83	14.60	POSITIVO		
RGS	73.34		0	0	0	0	65	QPSK 1/2	25	12.41	4.95	POSITIVO		
	73.34		0	0	0	0	65	QPSK 1/2	55	9.49	1.65	POSITIVO		
TRINDADE	73.34		0	0	0	0	65	QPSK 1/2	2	21.64	13.48	POSITIVO		
ES	73.34		0	0	0	0	65	QPSK 1/2	25	12.46	3.11	POSITIVO		
	73.34		0	0	0	0	65	QPSK 1/2	65	8.43	0.21	POSITIVO		
ANTÁRTICA	73.34		0	0	0	0	65	QPSK 1/2	2	21.25	14.62	POSITIVO		
	73.34		0	0	0	0	65	QPSK 1/2	25	12.32	4.16	POSITIVO		
	73.34		0	0	0	0	65	QPSK 1/2	80	7.48	0.15	POSITIVO		

Os valores de potência de subida EIRP (up-link) se mantêm abaixo do valor correspondente de saturação do HPA da estação Hub (80 dBW), e valores de potência de descida EIRP (down-link) no limiar de saturação do TWTA do Satélite (65 dBW), garantindo margens positivas de balanço de potência para transferência de taxas de informação de 2 a 25 Mbps no enlace direto HUB – Satélite – terminais Vsat para todas as regiões, nas piores condições de chuva simultaneamente em ambos os enlaces (dual fade) [17], apenas utilizando o esquema de modulação e codificação adaptativa do DVB-RCS2 QPSK 1/2.

Tabela 5.11 - Resultados das simulações de balanço de potência no enlace reverso para as estações VSAT regionais remotas correspondentes a centros de gestão de desastres no Brasil. Serviços de telecomunicações emergenciais via satélite na banda Ku.

SISTEMA DE TELECOMUNICAÇÕES ESPACIAL PARA SUPORTE A GESTÃO E REDUÇÃO DE DESASTRES NO BRASIL												
CENÁRIO ATUAL 2012- REDE ESTRELA PADRÃO DVB-RCS2												
SIMULAÇÕES BALANÇO POTÊNCIA												
BANDA	FREQ. PORTADORA		RESULTADOS PARA ENLACE REVERSO TSAT - SAT - COM DUPLO DESVANECIMENTO(DUAL FADING)									
KU	UL	DL										
DISP. ENLACE	13.8 GHz 12 GHz											
99,95%												
SERVIÇOS FSS EMERGENCIAIS CRÍTICOS												
	GV	YSAT LA	EIRP _{up}	ULPC	DLPC	ALC	EIRP _{down}	MODCOD	TAXA INFO	EXC. MARGEM		BAL. POT.
Diam. Ant.	6 m	0.75 m	dBW	dB	dB	dB	dBW	QPSK 1/2	Mbps	[SNIR(real) - (SNIR(req) + PERDAS)]		
TOTAL PORTADORA FIM-A-FIM												
CÉU CLA dB CHUVA dB												
S. PEDRO & S. PAULO RN			55.32	0	0	0	41 QPSK 1/2	0.528	19.73	8.92		POSITIVO
			55.32	0	0	0	41 QPSK 1/2	4	16.47	0.36		POSITIVO
S. GABRIEL CACHAM			55.26	0	0	0	41 QPSK 1/2	0.528	19.75	7.48		POSITIVO
			55.26	0	0	0	41 QPSK 1/2	2	17.44	1.84		POSITIVO
ONAPOQUE RO			55.19	0	0	0	41 QPSK 1/2	0.528	19.75	7.60		POSITIVO
			55.19	0	0	0	41 QPSK 1/2	2	17.44	1.86		POSITIVO
CHUÍ RGS			55.48	0	0	0	41 QPSK 1/2	0.528	19.75	10.20		POSITIVO
			55.48	0	0	0	41 QPSK 1/2	25	8.73	4.59		POSITIVO
TRINDADE ES			55.43	0	0	0	41 QPSK 1/2	0.528	19.75	12.73		POSITIVO
			55.43	0	0	0	41 QPSK 1/2	12	11.65	0.42		POSITIVO
ANTÁRTICA			56.14	0	0	0	41 QPSK 1/2	0.528	19.75	16.31		POSITIVO
			56.14	0	0	0	41 QPSK 1/2	25	8.73	2.47		POSITIVO

No enlace reverso o balanço de potência é alcançado para as taxas de informação de 528 kbps [42], variando de 2 Mbps a 25 Mbps a transferência de taxas de informação máxima da região Norte para a região Sul, atingindo o limiar de saturação do TWTA do satélite (potência EIRP *down* 41 dBW) no enlace de descida e ultrapassando o limiar de saturação da estação VSAT terminal do satélite (potência EIRP *up* 50 dBW).

Pode-se concluir que a operação do sistema proposto na banda Ku, garante total confiabilidade para serviços emergenciais de banda larga para suporte pleno a gestão de desastres, e para uso múltiplo compartilhado na cobertura sobre as regiões, caso se utilize estações VSAT terminais remotas com limiar de saturação em torno de 60 dBW.

As conclusões sobre estas análises do capítulo 5 são apresentadas no capítulo 6.

6 – CONCLUSÕES

As diferentes condições atmosféricas encontradas entre os hemisférios Norte e Sul do globo terrestre, com ênfase nas diferenças significativas dos índices máximos e mínimos de precipitação de chuva ITU-R entre a Europa (20 a 60 mm/h excedendo 0.01% ao ano) e o Brasil/América do Sul (30 a 100 mm/h excedendo 0.01% ao ano)[17], diferenciam notavelmente as condições de propagação de portadoras na banda Ka e banda Ku comparando-se os resultados das simulações de balanço de potência nos enlaces direto e reverso do mesmo satélite em operação sobre a Europa e sobre o Brasil. As tabelas 6.1 e 6.2 sintetizam os resultados das simulações de balanço de potência de enlaces totais para o Sistema ALERTA BR e para o sistema EUROBIRD 3.

Tabela 6.1- Síntese de resultados de Simulações do Sistema ALERTA BR

SÍNTESE DE RESULTADOS DE SIMULAÇÕES DE BALANÇO DE POTÊNCIA DOS ENLACES								
SISTEMA DE TELECOMUNICAÇÕES VIA SATÉLITE								
ALERTA BR								
SERVIÇOS TELECOMUNICAÇÕES	ITU-R		BANDA KA	RESTRIÇÕES CHUVA ITU-R		BANDA KU	RESTRIÇÕES CHUVA ITU-R	
	FSS	BER		D.ENLACE % a.a	ENL. DIRETO		ENL. REVERSO	ENL. DIRETO
SERVIÇOS FIXO EMERGENCIAL	10 ⁻⁷		99,95%	NÃO ATENDE	LIMIARES EIRP HPA HUB TWTA TRANSP. > saturação	LIMIAIR EIRP TSAT VSAT TWTA TRANSP. > saturação	ATENDE	LIMIAIR EIRP TSAT VSAT > saturação
SERVIÇO FIXO COMERCIAL	10 ⁻⁷		99,50%	ATENDE	LIMITAÇÃO TAXA INFORMAÇÃO REGIÃO AMAZÔNICA MENOR QUE 25 Mbps	LIMITAÇÃO TAXA INFORMAÇÃO REGIÃO AMAZÔNICA MENOR QUE 528 KBPS	ATENDE	

Tabela 6.2- Síntese de resultados de Simulações do Sistema EUROBIRD 3

SÍNTESE DE RESULTADOS DE SIMULAÇÕES DE BALANÇO DE POTÊNCIA DOS ENLACES								
SISTEMA DE TELECOMUNICAÇÕES VIA SATÉLITE								
EUROBIRD 3 EUROPA								
SERVIÇOS TELECOMUNICAÇÕES	ITU-R		BANDA KA	RESTRIÇÕES CHUVA ITU-R	BANDA KU	RESTRIÇÕES CHUVA ITU-R		
	FSS	BER					D.ENLACE % a.a	
SERVIÇO FIXO EMERGENCIAL	10 ⁻⁷		99,95%	ATENDE	LIMIAIR DE EIRP NOS TERMINAIS VSAT,USAT PARA ENLACE REVERSO > saturação	ATENDE		
SERVIÇO FIXO COMERCIAL	10 ⁻⁷		99,50%	ATENDE		ATENDE		

Na Europa o sistema via satélite EUROBIRD 3, que utiliza o padrão DVB-RCS2(ETSI), opera na banda Ka empregando a técnica de modulação e codificação adaptativas (ACM) para mitigar os desvanecimentos atmosféricos sobre a portadora, com confiabilidade e segurança nos limiares de potências EIRP de saturação do transponde e da estação gateway, garante cobertura integral e disponibilidade de enlace de 99.95% na média anual, quando simulado para atendimento aos serviços fixos emergenciais de banda larga, podendo promover suporte pleno a gestão de desastres se forem redimensionados os limiares de EIRP das estações terminais VSAT e USAT.

No Brasil o sistema via satélite proposto neste trabalho ALERTA BR com as mesmas características e padrão DVB-RCS2 do ETSI apresenta limitações quanto a potências de saturação do transponder e da estação gateway, quando emprega as técnicas de controle de potência de enlace fim-a-fim para mitigar desvanecimentos atmosféricos e compensar simulações de balanço de potência de enlaces direto e reverso, no atendimento a serviços emergenciais na banda Ka para garantir cobertura integral e disponibilidade de sinal de 99.95% na média anual. O redimensionamento de capacidades de transmissão do gateway e do transponde deve ser estudado para atender aos serviços emergenciais, quanto a problemas diversos de interferência de satélite adjacente, e na gestão e coordenação de redes de satélites pela ANATEL.

O Sistema ALERTA BR opera na banda Ka com disponibilidade média anual de enlace de 99,5% disponibilizando os serviços comerciais com margem positiva para tráfego de banda larga multiuso, apresentando limitações de potências de saturação do transponde para portadora única e de potência de transmissão da estação *gateway* para transmissão de taxas de informação superiores a 25 Mbps no enlace direto, e de potência das estações terminais no enlace reverso para taxas de informação maiores que 528 kbps na região amazônica. Conclui-se que o atendimento de demanda de banda larga para a cobertura nacional promovendo serviços fixos comerciais de uso múltiplo e compartilhados pode ser viabilizado pelo sistema satélite ALERTA BR operando na banda Ka.

A operação do Sistema satélite ALERTA BR para os serviços emergenciais na banda Ku apresenta ótimos resultados para tráfego de banda larga e multimídia, com cobertura sobre o Brasil, sem limitações de potência de *transponder e gateway* e sem necessitar empregar as técnicas de mitigação de desvanecimentos associadas ao controle dinâmico de potência no

enlace estação a estação, o que simplifica sobremaneira o sistema de controle e gestão da rede na estação *gateway*. Estas vantagens verificadas pelos resultados das simulações do sistema na banda Ku pesam sobremaneira na decisão de projeto executivo de sistema aplicado a gestão de desastres caso se empreguem estações terminais VSAT/USAT com maiores potências de transmissão (entre 50 e 60 dBW). O Sistema ALERTA BR operando serviços emergenciais na banda Ku cobre totalmente e pode suportar completamente o ciclo estratégico de gestão de desastres no Brasil.

As condições de precipitação pluviométricas elevadas e extremas como as taxas de precipitação maiores que 150 mm/h[48] excedendo 0,01% do tempo podem ocorrer devido a fenômenos meteorológicos associados às variações climáticas, e gerar desastres hidrometeorológicos em alguns casos, e, portanto, devem ser levados em consideração nos projetos de sistemas nas bandas Ka e Ku. Simulações caso a caso devem ser realizadas para garantir confiabilidade de projetos de sistemas satélite operando nestas bandas.

Com estas conclusões sintéticas buscando cobrir o posicionamento da pesquisa e atingir os objetivos da dissertação, ensejamos que estas sirvam de referência para estudos de planejamento preliminares da Agência Espacial Brasileira (AEB), da nova indústria brasileira integradora de satélites (Visióna Tecnologia Espacial) e para o Centro Nacional de gerenciamento de riscos e desastres (CENAD), quanto aos sistemas via satélite geostacionário de banda larga para as comunicações emergenciais ou críticas, para compor uma infraestrutura de telecomunicações alternativa, compartilhada e cooperativa, de suporte a um programa de C&T&I para a gestão e redução de desastres no Brasil com extensão regional para a América do Sul.

6.1- PERSPECTIVAS DE P&D&I E RECOMENDAÇÕES DE ESTUDOS DE PLANEJAMENTO BASEADOS EM SIMULAÇÕES DE SISTEMAS SATÉLITE DE TELECOMUNICAÇÕES

É recomendável aprofundar os estudos prospectivos de operação do sistema ALERTA BR nas bandas Ka e Ku nas configurações de cenário proposto: atual e futuro, conforme ilustrados nas figuras 4.4 e 4.5, levando-se em consideração fatores de precipitação de chuvas que serão divulgados nos anais do 6º Workshop⁵ do International Precipitation Working Group (IPWG)⁶, para todos os estudos de casos propostos neste item. Os resultados destes estudos de desempenho versus qualidade de serviços, fundamentados em simulações de balanço de potência, reforçarão completamente as validações deste sistema quanto ao suporte pleno a uma rede de gestão e redução de desastres no Brasil.

Tendo em conta os resultados deste estudo e as ponderações acerca do desempenho do satélite ALERTA BR operando serviços emergenciais na banda Ka com cobertura *multispot beam* sobre o Brasil, e, considerando que o primeiro satélite geostacionário brasileiro terá transpondes exclusivamente nas bandas Ka e X, é recomendável uma primeira ação de P&D para investigar a possível utilização da banda X para comunicação emergencial em caso de desastres, o que pode ser classificado como uso compartilhado do transponde entre a defesa civil e a militar. A simulação de balanço de potência de enlaces poderá utilizar a referência da rede no cenário atual de rede com centros de gestão de desastres proposta no estudo de base municipal, local, tendo o Centro nacional de gerenciamento de riscos e desastres (CENAD) operando em Brasília, e o Centro Nacional de Monitoramento e Alerta de desastres Naturais (CEMADEN) operando em Cachoeira Paulista.

Um possível estudo para uma rede de gestão de desastres nacional considerando o cenário da rede proposta no curto prazo poderá considerar um sistema ALERTA BR com dois *transponders* nas bandas Ka e Ku no segmento espacial e com estações base

⁵ O Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais INPE recebe o 6º Workshop do International Precipitation Working Group (IPWG) entre os dias 15 e 19 de Outubro no Laboratório de Integração e Testes (LIT/INPE), em São José dos Campos.

⁶ O International Precipitation Working Group (IPWG) é um núcleo permanente de trabalho do Grupo de Coordenação de Satélites Meteorológicos (Coordination Group for Meteorological Satellites - CGMS) e é patrocinado pela Organização Meteorológica Mundial (World Meteorological Organization - WMO).

Poder-se-á considerar estudos de simulação para verificação de desempenho de sistemas via satélite com as configurações e especificações técnicas de minissatélites geoestacionários, operando nas bandas Ka e Ku para suporte a serviços fixos e móveis emergenciais nos cenários de rede apontados para o Brasil e AS.

7- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1- Borgo, R. L. *Framework Regional ALC para Gestão de Desastres no Século XXI*. AEB - Workshop de revisão do PNAE 18\04\2011. Apresentação.
- 2- 2009 WMO *Global Assessment Report on Disaster Reduction. Thematic Progress Review Sub-Component on Early Warning Systems*. World Meteorological Organization
- 3- ITU & WMO *Radiocommunication Bureau Handbook. Use of Radio Spectrum for Meteorology: Weather, Water and Climate Monitoring and Prediction*. Edition 2008.
- 4- Resolution 645(WRC-2000) *Global harmonization of spectrum for public protection and disaster relief*. The World Radio communication Conference (Istanbul, 2000).
- 5- World Conference on Disaster Reduction. *Hyogo Framework for Action 2005-2015: I S D R International Strategy for Disaster Reduction. Building the Resilience of Nations and Communities to Disasters*. www.unisdr.org/wcdr. 18-22 January 2005, Kobe, Hyogo, Japan
- 6- TAKAFUMI SHIMIZU. *Disaster Management Satellite System Development and International Cooperation Promotion in Asia*. Science & Technology trends. Quarterly review. No. 27 / April 2008.
- 7- ITU, *Handbook on Emergency Telecommunications*. (ICET-1998).
- 8- RECOMMENDATION ITU-R M.1637 - *Global cross-border circulation of radio communication equipment in emergency and disaster relief situations*
- 9- Resolution ITU-R 55. *ITU studies of disaster prediction, detection, mitigation and relief*(2007).
- 10- *WINDS Seminar: Satellite Communications and Applications*. Asian Forum on Information and Communications Technology 2009(AFICT2009).16th December, 2009.
- 11- United Nations Economic and Social Commission for Asia and the Pacific (ESCAP).*Policy Framework on Space Information Products and Services for Disaster Management: Study report synthesizing the recommendations of the Meeting of Experts on Policy Framework on Space Information Products and Services for Disaster Management*. Beijing, 1. 2007.
- 12- Recommendation ITU-R BO.1774-1 1. *Use of satellite and terrestrial broadcast infrastructures for public warning, disaster mitigation and relief*. (Question ITU-R 118/6), (2006-2007)
- 13- Recommendation ITU-R M.1854 (01/2010). *Use of mobile-satellite service in disaster response and relief*. M Series. Mobile, radiodetermination, amateur and related satellite services.

- 14- Recommendation ITU-R S.1001-2 (01/2010). *Use of systems in the fixed-satellite service in the event of natural disasters and similar emergencies for warning and relief operations. S Series. Fixed-satellite service.*
- 15 - Final report of the ITU-D Study Group 2 Question 22/2. *Utilization of ICT for disaster management, resources, and active and passive space-based sensing systems as they apply to disaster and emergency relief situations.* ITU 2010.
- 16- ESCAP Technical Paper. *Collaborative Development of a Regional Disaster Management Support Platform on Space-based Information Sharing and Analysis.* Information and Communications Technology and Disaster Risk Reduction Division. September 2009
- 17- RECOMMENDATION ITU-R P.837-6. *Characteristics of precipitation for propagation modeling.* 02/2012. P Series, Radiowave propagation.
- 18- RECOMMENDATION ITU-R BO.1659. *Mitigation techniques for rain attenuation for broadcasting-satellite service systems in frequency bands between 17.3 GHz and 42.5 GHz. (Questions ITU-R 21/6 and ITU-R 22/6) (2003)*
- 19- RECOMMENDATION ITU-R S.1062-4- *Allowable error performance for a satellite hypothetical reference digital path operating below 15 GHz, (Question ITU-R 75-3/4)(2007).*
- 20- RECOMMENDATION ITU-R P.839-3. *Rain height model for prediction methods.(Question ITU-R 201/3). (1992-1997-1999-2001).*
- 21- REPORT M.2033 – *Radiocommunication objectives and requirements for public protection and disaster relief.(2003)*
- 22- REPORT ITU-R M.2149. *Use and examples of mobile-satellite service systems for relief operation in the event of natural disasters and similar emergencies. (2009).*
- 23- RECOMMENDATION ITU-R S.1709-1- *Technical characteristics of air interfaces for global broadband satellite systems. (Question ITU-R 269/4),(2005 – 2007).*
- 24- REPORT ITU-R S.2151. *Use and examples of systems in the fixed-satellite service in the event of natural disasters and similar emergencies for warning and relief operations. (2009).*
- 25- United Nations Economic and Social Commission for Asia and the Pacific (ESCAP).*FRAMEWORK FOR REGIONAL COOPERATION ON SPACE TECHNOLOGY SUPPORTED DISASTER REDUCTION STRATEGIES IN ASIA AND THE PACIFIC.* Study report prepared for the Meeting of Experts on Space Applications for Disaster Management, Chiang Mai, 25-28 July 2005
- 26- *Biennial HFA Progress Review 2007-2009. Space Technology Applications for Disaster Risk Reduction.* United Nations Economic and Social Commission for Asia and the Pacific (ESCAP). Asian Disaster Reduction Center (ADRC).

















- 27- Committee on the Peaceful Uses of Outer Space. *United Nations Platform for Space-based Information for Disaster Management and Emergency Response: SPIDER workplan for the biennium 2010-2011*. A/AC.105/937
- 28- ITU 2011. *Regulation of Global Broadband Satellite Communications.GSR Advanced Copy. Septembre 2011. Work in progress, for discussion purposes.*
- 29- ITU 2010. ITU-D STUDY GROUP 2. *QUESTION 20-2, Final Report: Examination of access technologies for broadband telecommunications.*
- 30- Report ITU-R S.2173 (07/2010). *Multi-carrier based transmission techniques for satellite systems*. S Series .Fixed-satellite service.
- 31- K. Kaku, A. Ono, M. Kawai. *SENTINEL ASIA STEP 2 – THE OVERVIEW AND EVOLUTION FROM STEP 1. Commission VIII, JAXA Special Session*. International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Science, Volume XXXVIII, Part 8, Kyoto Japan 2010.
- 32- Borgo, R.L. *Infraestrutura de TIC's a Serviço da Gestão Ambiental: monitoramento e controle de recursos naturais, gestão de riscos e desastres*. Monografia de Especialização em Gestão de Políticas de C&T&I em TIC's. MCT\UNB-CDS, Brasília, 2007.
- 33- Sastri L. Kota, Giovanni Giambene, Paolo Chini. *A Survey on Mobile Satellite Systems*. International Journal on Communication Systems Networks, 2010.
- 34- Maral Gerard, Bousquet Michel. *SATELLITE COMMUNICATIONS SYSTEMS. Systems, Techniques and Technologies*. Wiley, 5th edition, 2009 John Wiley & Sons Ltd.
- 35- Rayan J., Barbara. *Space Systems Observation/Monitoring of Climate Change*. World Meteorological Organization(WMO). Director of Space Programme. IAF Symposium,Vienna\Austria,2009.
- 36- ITU-D Study Group 2 Question 22/2. *Utilization of ICT for disaster management, resources, and active and passive space-based sensing systems as they apply to disaster and emergency relief situations.*
- 37- DONNER Anton, FRANCK Laurent. *Satellite Communications for Disaster Management and e-Health. Ppt lecture Part I & II*. SatNEX III - Summer School 2011, 5 a 9 September 2011, Siena, Italy . DLR & Télécom Bretagne.
- 38- William T. Brandon. *A High Data Rate Ka Band Global Network For Weather*. MailStop M217 The MITRE Corporation202 Burlington RoadBedford, MA 01730 USA
- 39- Hans Kruse, Allan Baer, Robert Lewis,Richard Krawczyk, Frank Gargione. *Satellite Communications Requirements for a Dual Use Disaster Management Ka Band Network*. 2004 by Ohio University. Published by the American Institute for Aeronautics and Astronautics

- 40- ITU-D. *Hyderabad Declaration* .The World Telecommunication Development Conference (Hyderabad, 2010). Hyderabad, India 24 May – 5 June 2010.
- 41-David Whitefield, Rajeev Gopal, Steven Arnold. *SPACEWAY NOW AND IN THE FUTURE: ON-BOARD IP PACKET SWITCHING SATELLITE COMMUNICATION NETWORK*. Hughes Network Systems, LLC, Germantown, MD.
- 42- Farrugia R. A., Debono,C.J. *Accurate modeling of Ka-band videoconferencing systems based on the quality of experience*. IET Commun. Vol. 3, 2009.
- 43- Ken Toney. *TC-SES/BSM: Application of the BSM Architecture to DVB-RCS*. DVB-RCS Symposium ESA/ESTEC; Noordwijk; NL,(8th-9th September 2005)
- 44- ISI-International Satellite Initiative. *Report on Trials and Demonstrations. December 2010*.
- 45- Maral, G., *VSAT Networks*; John Wiley & Sons Ltd; ISBN 0-471-95302-4, 1995
- 46- M. Kawai, K. Kaku, S. Tanaka, A. Ono, T. Horiuchi. *SENTINEL ASIA- International Cooperation for Disaster Management in the Asia-Pacific Region* .Satellite Applications and Promotion Center, Japan Aerospace Exploration Agency, Tokyo, Japan
- 47- ETSI EN 302 307 V1.2.1 (2009-08). *Digital Video Broadcasting (DVB);Second generation framing structure, channel coding and modulation systems for Broadcasting, Interactive Services, News Gathering and other broadband satellite applications (DVB-S2)*.
- 48- Manual Sat Master Pro Mk8.4b software . Arrowe Technical Services,58 Forest Road Heswall Wirral CH60 5SW England . <http://www.satmaster.co.uk>
- 49- L. Castanet - H. Vasseur et al. *Simulation test case n°2: KA BAND VIDEOCONFERENCE VSAT SYSTEM LINK BUDGETS*. COST 255.December 1998
- 50- ETSI TR 102 641 V1.1.1 (2008-08). *Satellite Earth Stations and Systems (SES);Overview of present satellite emergency communications resources*.Technical Report
- 51--ETSI TR 102 376 V1.1.1 (2005-02). *Digital Video Broadcasting (DVB).User guidelines for the second generation system forBroadcasting, Interactive Services, News Gathering and other broadband satellite applications (DVB-S2)*.Technical Report
- 52- -Brandt H. et all. *Resources Management using Adaptive Fade Mitigation Techniques in DVB-S2/RCS Multi-Beam Systems*. American Institute of Aeronautics and Astronautics
- 53-ETSI TR 101 790 V1.2.1 (2003-01). *Digital Video Broadcasting (DVB);Interaction channel for Satellite Distribution Systems;Guidelines for the use of EN 301 790*
- 54-ETSI TR 103 166 V1.1.1 (2011-09). *Satellite Earth Stations and Systems (SES);Satellite Emergency Communications (SatEC);Emergency Communication Cell over Satellite (ECCS*

- 55-IAPICHINO G., BONNET C. *Research Report RR-08-216 .Security scenario definition report.* Institut Eurecom, Department of Mobile Communications. 2229, route des Crêtes, B.P. 193 06904, Sophia Antipolis, FRANCE. March 20^h, 2008.
- 56 – ITU-R *Emergency and disaster relief .Special suplement report*, 2006.
- 57 - DVB Bluebook 155-1. *Digital Video Broadcasting (DVB); Second Generation DVB Interactive Satellite System (RCS2). Part 1: Overview and System Level specification.* DVB Document A155-1. March 2011.
- 58- ETSI EN 101 27 545-2 V1.1.1 (2011-0x). *Digital Video Broadcasting (DVB); Second Generation DVB Interactive Satellite System; Part 2: Lower Layers for Satellite standard.* DVB Document A155-2. March 2011.
- 59 – ECC Report 152. *The use of the frequency bands 27.5 – 30.0 GHz and 17.3 – 20.2 GHz by satellite networks.* Gothemburg, september 2010.
- 60-. Acosta, Roberto J. *Rain Fade Compensation Alternatives for Ka Band Communication Satellites.* NASA Lewis Research Center, Cleveland, Ohio 44135.
- 61- Laurent CASTANET, Ana BOLEA-ALAMAÑAC, Michel BOUSQUET. *INTERFERENCE AND FADE MITIGATION TECHNIQUES FOR KA AND Q/V BAND SATELLITE COMMUNICATION SYSTEMS.* ONERA - ElectroMagnetics & Radar Department 2 avenue E. Belin - BP 4025, 31055 TOULOUSE CEDEX 4, France.
- 62- ANATEL. *Informe 652/2011-PUSSR/PUSS/SPU . 29/06/2011.*
- 63- ANATEL. *Norma das Condições de Operação de Satélites GeoEstacionários em Banda Ku com cobertura sobre o território Brasileiro. Anexo à Resolução no. 288 de 21 de janeiro de 2002.*
- 64- ANATEL. *Proposta de Norma das Condições de Operação de Satélites GeoEstacionários em Banda Ka com cobertura sobre o território Brasileiro. Anexo à Consulta Pública No.----, de ---- 2011.*
- 65 – Star One. *Multiplicação da Capacidade: Uso de Spot Beams em Banda Ka.* 20 outubro de 2010. Diretoria de Engenharia – ENGSIS.
- 66- UNISAT. *Outras posições orbitais solicitadas junto à UIT pelo Brasil. Fonte: ANATEL. www.unisat.com.br.*
- 67- Recommendation ITU-R P.833-7 1. *Attenuation in vegetation.* (Question ITU-R 202/3) (1992-1994-1999-2001-2003-2005-2007-2012).
- 68- Recommendation ITU-R P.840-5 *.Attenuation due to clouds and fog.* (Question ITU-R 201/3) (1992-1994-1997-1999-2009-2012).

8- ANEXOS

ANEXO 01 – MEMBROS DO CONSÓRCIO INTERNACIONAL CHARTER (2009).

Annex 1: Members of the International Charter "Space and Major Disasters"		
Member	Offered Space Resources	
 European Space Agency (ESA)	ERS, ENVISAT	
 Centre national d'études spatiales (CNES)		
 Spotimage	SPOT	
 NSPO	Formosat	
 Canadian Space Agency (CSA)	RADARSAT	
 Indian Space Research Organization (ISRO)	IRS	
 National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA)	POES, GOES	
 Argentina's Comisión Nacional de Actividades Espaciales (CONAE)	SAC -C	
 Japan Aerospace Exploration Agency (JAXA)	ALOS	
 United States Geological Survey (USGS) http://www.disastercharter.org/members/usgs_p.html	LandSat	
 DigitalGlobe	Quickbird	
 GeoEye	GeoEye-1	
 DMC International Imaging (DMC)		
 Centre National des Techniques Spatiales (Algeria)	ALSAT-1	
 National Space Research and Development (Nigeria)	NigeriaSat	
 Tubitak-BILTEN (Turkey)	BILSAT-1	
 BNSC/Surrey Satellite Technology Limited (UK)	UK-DMC	
 BNSC/Qinetiq (UK)	TopSat	
 China National Space Administration (CNSA)	FY, SJ, ZY satellite series	

ANEXO 02 – SATELITES DE OBSERVAÇÃO DA TERRA PARA A GESTÃO DE RISCOS DE DESASTRES(PREVENÇÃO OU REDUÇÃO DE DESASTRES).

Annex 2: Earth Observation Satellites for Disaster Risk Management

Satellite	Country /Region	Agency	Launch year	Sensor type	Spatial resolution (m)	Swath (Km)	Revisit time (day)	Website	
SAC-C	Argentina/USA	CONAE/NASA	2000	HSTC (PAN)	300	700	16	http://www.conae.gov.ar/satelites/sac-c.html	
				MMRS (MS)	175	360			
				HRTC (PAN)	35	90			
Radarsat-1	Canada	CSA	1995	SAR	10-100	50-500	24	http://www.asc-csa.gc.ca/eng/satelites/	
Radarsat-2			2007	SAR	3-100	20-500			
SPOT-2	France	CNES	1990	HRV (PAN)	10	60	26	http://www.cnes.fr/web/CNES-en/1415-spot.php	
				HRV (MS)	20	60			
SPOT-4			1998	HRVIR (PAN)	10	60	26		
				HRVIR (MS)	20	60			
			Vegetation (MS)	1000	2250				
SPOT-5			2002	HRG (MS)	10-20	60	26		http://spot5.cnes.fr/go/index2.htm
	HRG (PAN)	2.5		60					
	HRS (PAN)	5		60					
	Vegetation (MS)	1165		2250					
FORMOSAT-2 ROCSAT-2)	Chinese Taipei	NSPO	2004	RSI (MS)	8	24	1	http://www.nspo.org.tw/2008a/projects/project2/intro.htm	
				RSI (PAN)	2	24			
IRS-P6 (RESOURCESAT-1)	India	ISRO	2003	LISS 3 (MS)	23.5	140	5	http://www.isro.org/bslvc5/index.html	
				LISS 4 (MS)	5-14	70			
				AwIFS (MS)	70	740			
IRS P5 (CARTOSAT 1)			2005	PAN	2.5	30	5	http://www.isro.org/Cartosat/Page3.htm	
ALOS	Japan	JAXA	2006	AVNIR-2 (MS)	10	70	1-2	http://www.alos-restec.jp/index_e.html	
				PALSAR (SAR)	10-100	30-350			
				PRISM (PAN)	2.5	70			
Landsat-5	USA	NASA/USGS	1984	TM (B6, MS)	120	185	16	http://landsat.gsfc.nasa.gov	
Landsat-7				1999	ETM+ (B1-5, 7, MS)	30			185
					ETM+ (B6, MS)	60			
				ETM+ (B8, MS)	15				
Quickbird-2	USA	DigitalGlobe	2001	PAN	0.61	16.5	1-3.5	http://www.digitalglobe.com/index.php?S:QuickBird	
				MS	2.44				
Ikonos-2	USA	GeoEye	1999	PAN	1	11	3	http://www.geoeye.com/CorpSite/	
				MS	4				
GeoEye-1			2008	PAN	0.41	15.2	2.1-8.3		
				MS	1.64				15.2
CBERS-02	China	CNSA	2003	CCD (MS)	19.5	113	26	http://www.cresda.com/	
				IRMSS (MS)	78-156	119.5			
				WFI (MS)	258	890			
CBERS-02B	China	CNSA	2007	CCD (MS)	20	113	26		
				HR (PAN)	2.36	27	104		
				WFI (MS)	258	890	5		
DMC Beijing-1	China	MoST	2005	MS	32	600	3-5	http://www.blmit.com.cn/index.jsp	
				PAN	4	24	5-7		
DMC Alsat-1	Algeria	ASAL	2002	MS	32	640	5	http://www.asal-dz.org/	
DMC Bilat-1	Turkey	Tübitak-BILTEN	2003	MS	26	55		http://www.tuzav.tubitak.gov.tr/bilsat/en/root/	
				PAN	12	25			
DMC NigeriaSat-1	Nigeria	NASRDA	2003	MS	32	640	5	http://www.nasrda.net/	
UK-DMC	UK	BNSC/SSTL	2003	MS	32	640	5	http://www.sstl.co.uk/	

ANEXO 02- CONTINUA

Satellite	Country /Region	Agency	Launch year	Sensor type	Spatial resolution (m)	Swath (Km)	Revisit time (day)	Website
Topsat	UK	QinetiQ	2005	RALCam1 (MS)	5.8	17	1	http://www.ssid.rl.ac.uk/Topsat/
				RALCam1 (PAN)	2.8	17		
HJ-1A	China	NCDR/MoEP	2008	CCD(MS)	30	720	2	http://www.ndrcc.gov.cn
				Hyper-spectral camera	100	50	4	
HJ-1B	China	NCDR/MoEP	2008	CCD(MS)	30	720	2	http://www.ndrcc.gov.cn
				Infrared Camera (MS)	150	720	4	
Aqua	USA	NASA	2002	MODIS	250-1000	2330	1-2	http://aqua.nasa.gov/
Orbview-3	USA	GeoEye	2003	MS	4	8	3	http://www.geoeye.com/products/imagery/orbview3/default.htm
				PAN	1	8		
Orbview-5	USA	GeoEye	2007	MS	1.64	15.2	1.5	http://www.orbimaga.com/corp/orbimaga_system_ov5/index.html
				PAN	0.41	15.2		
WorldView-1	USA	DIGITAL GLOBE	2007	PAN	0.5	17.6	1.7	http://www.digitalglobe.com/
ERS-2	EUROPE	ESA	1995	AMI (SAR)	25	102.5	35	http://www.esa.int/esaCP/index.html
ENVISAT	EUROPE	ESA	2002	ASAR	10-1000	5-400	35	http://envisat.esa.int/
RadarSAT-1	Canada	CSA	1995	SAR	10-100	50-500	24	http://www.space.gc.ca/nsc/eng/satellites/radarsat1/default.asp
RadarSAT-2	Canada	CSA	2007	SAR	3-100	10-500	0.5-3	http://www.radarsat2.info/
EROS-B	Israel / USA	IMAGESAT Int.	2006	PAN	0.7	14	2.5-105	http://www.imagesatintl.com/
COSMO-SkyMed	Italy	Agenzia Spaziale Italiana	2007	SAR2000(SAR)	1-100	10-200	6-37 hours	http://www.asi.it/site/programmi_cosmo.htm
TerraSAR-X	Germany	DLR	2007	SAR	1-16	10-100	4.5-11	http://www.dlr.de/desktopdefault.aspx?tabid=4218
RapidEye	Germany	RapidEye AG	2008	REIS (MS)	6.5	78	1	http://www.rapideye.de/

Note: In the column of Sensor Type, SAR stands for Synthetic Aperture imaging Radar, MS for Multi-Spectral CCD or scanner, and PAN for Panchromatic.

**ANEXO 03: MAPA DO BRASIL COM A PLANTA DE ESTAÇÕES
METEOROLÓGICAS DO INMET.**

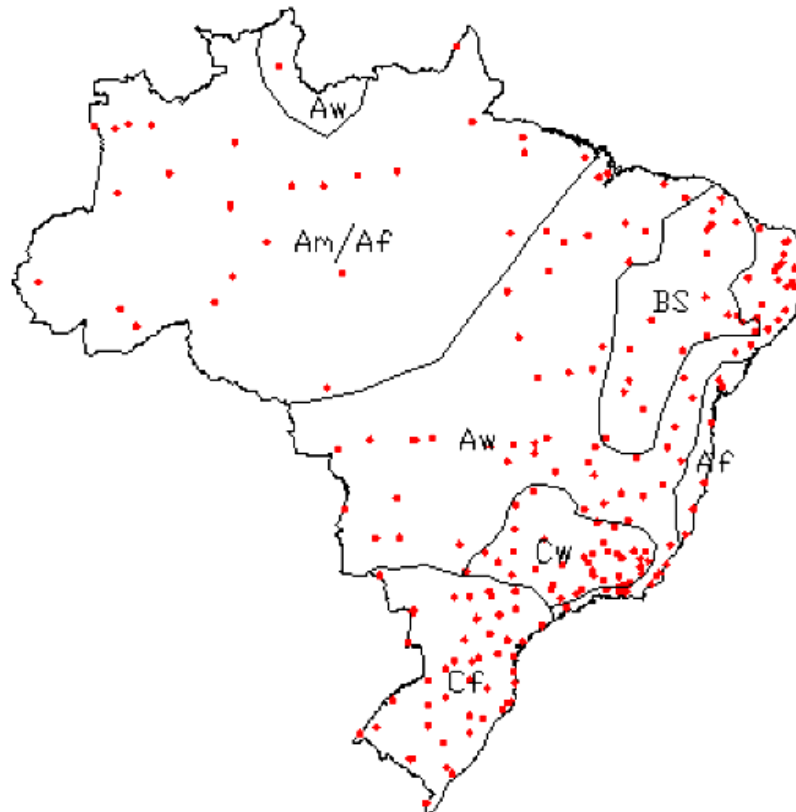





FIG. 2.3 – Estações Meteorológicas do INMET espalhadas pelo Brasil dividido em zonas de Köppen.





ANEXO 04 – BASE DE DADOS SIMULAÇÕES

 SIMULAÇÃO REDES SAT	18/07/2012 11:38
---	------------------

 BRASIL	26/09/2012 17:59
 EUROPA	17/07/2012 18:12
 SIMULAÇÃO REDES SAT	17/07/2012 18:10

ANEXO 05 – BASE DE DADOS DA DISSERTAÇÃO

▶ DISSERT 2012 ▶

 BRASIL	18/07/2012 12:31
 DISSERTAÇÃO 2012 ENE	08/10/2012 18:21
 ENLACE DIRETO ALERTA BR	18/09/2012 11:05
 ENLACE REVERSO ALERTA BR	18/09/2012 11:12
 ESTUDO PLAN SGD	20/08/2012 16:30
 EUROPA	18/07/2012 17:42
 Novas Referência Dissert 2012	24/08/2012 10:17
 REFAS SAT TELECOM 2012	27/08/2012 18:41
 SIMULAÇÃO REDES SAT	18/07/2012 11:38