

**MINISTÉRIO DA DEFESA  
COMANDO DA AERONÁUTICA**



**TELECOMUNICAÇÕES**

**DCA 102-1**

**REQUISITOS BÁSICOS DAS REDES DE  
COMUNICAÇÕES DO COMAER**

**2011**

**MINISTÉRIO DA DEFESA  
COMANDO DA AERONÁUTICA  
DEPARTAMENTO DE CONTROLE DO ESPAÇO AÉREO**



**TELECOMUNICAÇÕES**

**DCA 102-1**

**REQUISITOS BÁSICOS DAS REDES DE  
COMUNICAÇÕES DO COMAER**

**2011**



**MINISTÉRIO DA DEFESA**  
**COMANDO DA AERONÁUTICA**  
**DEPARTAMENTO DE CONTROLE DO ESPAÇO AÉREO**

PORTARIA DECEA N° 79/DGCEA, DE 10 DE MAIO DE 2011.

Aprova a reedição da Diretriz do Comando da Aeronáutica, disciplinando os Requisitos Básicos das Redes de Comunicações do COMAER.

**O DIRETOR-GERAL DO DEPARTAMENTO DE CONTROLE DO ESPAÇO AÉREO**, no uso das atribuições que lhe confere o art. 195, inciso IV, do Regimento Interno do Comando da Aeronáutica, aprovado pela Portaria n° 1049/GC3, de 11 de novembro de 2009, e o art. 10, inciso IV, do Regulamento do DECEA, aprovado pela Portaria n° 369/GC3, de 9 de junho de 2010, resolve:

Art. 1° Aprovar a reedição da DCA 102-1, “Requisitos Básicos das Redes de Comunicações do COMAER”, que com esta baixa.

Art. 2° Estabelecer que a DCA 102-1 deverá ser revisada, caso necessário, ao final de dois anos, a partir da sua publicação, visando incluir a experiência adquirida no período e atualizar os dados da legislação pertinente.

Art. 3° Revogar a Portaria n° 315/DGCEA, de 22 de outubro de 2008, publicada no BCA n° 206, de 31 de outubro de 2008.

Art. 4° Esta Diretriz entra em vigor na data de sua publicação.

Ten Brig Ar RAMON BORGES CARDOSO  
Diretor-Geral do DECEA

(Publicada no BCA n° 098, de 24 de maio de 2011.)

## SUMÁRIO

<b>1 DISPOSIÇÕES PRELIMINARES</b> .....	7
1.1 <u>INTRODUÇÃO</u> .....	7
1.2 <u>FINALIDADE</u> .....	7
1.3 <u>COMPETÊNCIA</u> .....	8
1.4 <u>ÂMBITO</u> .....	8
<b>2 GENERALIDADES</b> .....	9
2.1 <u>ABREVIATURAS E SÍMBOLOS</u> .....	9
2.2 <u>CONCEITOS GERAIS</u> .....	9
<b>3 ASPECTOS TÉCNICOS</b> .....	14
3.1 <u>TOPOLOGIA DAS REDES</u> .....	14
3.2 <u>CRITÉRIOS PARA DIMENSIONAMENTO DE ENLACES</u> .....	21
3.3 <u>APLICAÇÕES</u> .....	21
3.4 <u>GERENCIAMENTO</u> .....	22
3.5 <u>SEGURANÇA</u> .....	25
<b>4 DISPOSIÇÕES TRANSITÓRIAS</b> .....	27
<b>5 DISPOSIÇÕES FINAIS</b> .....	28
<b>Anexo A - Redes Convergentes</b> .....	29
<b>Anexo B - Disponibilidade dos circuitos de comunicação contratados com Operadoras de Telecomunicações</b> .....	32
<b>Anexo C - Cálculo de disponibilidade de um sistema composto por equipamento principal, reserva e unidade de gerenciamento</b> .....	34
<b>Anexo D - Exemplo de Método de Dimensionamento de Redes</b> .....	37

## **1 DISPOSIÇÕES PRELIMINARES**

### **1.1 INTRODUÇÃO**

**1.1.1** As telecomunicações do Comando da Aeronáutica são suportadas por uma rede com características heterogêneas. Enquanto algumas aplicações têm características e necessidades similares às encontradas em instituições públicas e privadas em geral, muitas outras são altamente especializadas e incomuns.

**1.1.2** As aplicações que servem ao Sistema de Controle do Espaço Aéreo Brasileiro (SISCEAB) e ao Sistema de Defesa Aeroespacial Brasileiro (SISDABRA) são exemplos de necessidades especializadas, que, entre outras características, apresentam a exigência de alta disponibilidade de seus meios de comunicação.

**1.1.3** O Departamento de Controle do Espaço Aéreo é o órgão responsável por prover os meios de comunicação para as diversas Organizações Militares do Comando da Aeronáutica. Para isso, dispõe de duas redes de comunicação com abrangência nacional:

**1.1.3.1** Sistema TELESAT – Sistema de comunicações por satélite, totalmente gerido pelo DECEA e suas Organizações Militares subordinadas, com emprego de satélite comercial; e

**1.1.3.2** Rede de Telecomunicações Terrestre – contratada junto a Operadoras de Telecomunicações, com gerência descentralizada aos Órgãos Regionais subordinados.

**1.1.4** A principal atribuição do Sistema TELESAT é garantir a alta disponibilidade das aplicações prioritárias para o Comando da Aeronáutica.

**1.1.5** A Rede Terrestre apresenta grande capilaridade e requer procedimentos de dimensionamento e contratação otimizados, de forma que se tenha o melhor benefício dentro de custos aceitáveis.

**1.1.6** Com respeito às questões de coordenação das necessidades da tecnologia da informação e de segurança das redes, deverão ser observadas diretrizes constantes do Plano Diretor de Tecnologia da Informação (PDTI) e do Plano Diretor de Segurança da Informação (PDSI), aprovados pelo DECEA e em franca implantação, que refletem todas as boas práticas existentes.

**1.1.7** A presente Diretriz detalha o novo conceito de telecomunicações a ser aplicado no âmbito do COMAER com a implementação da Rede de Telecomunicações Aeronáuticas, também denominada ATN e voltada para os serviços de Tráfego Aéreo, e da Rede de Comando e Controle, composta pelas Sub-Redes de Operações Militares e Administrativa, para atender às demandas das Operações Militares e Administrativas.

### **1.2 FINALIDADE**

A presente Diretriz visa estabelecer as características básicas das novas Redes de Comunicações do Comando da Aeronáutica, com a consequente definição de responsabilidades.

### **1.3 COMPETÊNCIA**

**1.3.1** Compete ao SDOP definir as aplicações a trafegarem pela Rede de Controle de Tráfego Aéreo.

**1.3.2** Compete ao SDOP, ouvido o COMGAR, definir as aplicações a trafegarem pela Sub-Rede de Operações Militares.

**1.3.3** Compete ao SDTE, ouvido o COMGAP por meio da DTI, Órgão Central de TI, definir as aplicações a trafegarem pela Sub-Rede Administrativa.

**1.3.4** Compete ao SDTE deliberar sobre os requisitos a serem atendidos pela Rede de Controle de Tráfego Aéreo e pela Rede de Comando e Controle, a fim de proporcionar a transmissão segura e confiável das aplicações que nelas trafegam.

**1.3.5** Compete ao SDTE definir as características básicas de Qualidade de Serviço (QoS) para as aplicações que trafegarão nas redes de comunicação, ouvidas todas as Organizações Militares enunciadas no presente capítulo em suas respectivas áreas de gestão.

**1.3.6** Compete ao SDTE coordenar as ações relacionadas à Rede de Controle de Tráfego Aéreo e à Rede de Comando e Controle, com as Organizações Militares do COMAER e a outros Órgãos do SISCEAB, para viabilizar a adequada operação dessas Redes.

**1.3.7** Compete ao PAME-RJ gerir todos os contratos com Operadoras de Telecomunicações que suportem a Rede de Controle de Tráfego Aéreo e a Rede de Comando e Controle, bem como o contrato de aluguel de segmento espacial para o Sistema TELESAT.

**1.3.8** Compete às Organizações Militares atendidas pelas redes de telecomunicações o acionamento das Operadoras de Telecomunicações em caso de necessidade de manutenções corretivas. Em todos os casos, o PAME-RJ deverá ser informado, a fim de que todas as cláusulas contratuais possam ser seguidas.

### **1.4 ÂMBITO**

**1.4.1** A presente Diretriz aplica-se a todas as Organizações Militares do Comando da Aeronáutica.

**1.4.2** Estão excluídas desta Diretriz as contratações de serviços de telefonia fixa comutada e da telefonia móvel celular com Operadoras de Telecomunicações.

## 2 GENERALIDADES

### 2.1 ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

ACP	- Aeronautical Communications Panel (Painel de Comunicações Aeronáuticas)
CCA-BR	- Centro de Computação da Aeronáutica de Brasília
CCA-RJ	- Centro de Computação da Aeronáutica do Rio de Janeiro
CGTEC	- Centro de Gerenciamento Técnico do SISCEAB (DCA 21-2)
CINDACTA	- Centro Integrado de Defesa Aérea e Controle de Tráfego Aéreo
COMAER	- Comando da Aeronáutica
COMGAP	- Comando-Geral de Apoio
COMGAR	- Comando-Geral de Operações Aéreas
DECEA	- Departamento de Controle do Espaço Aéreo
DTI	- Diretoria de Tecnologia da Informação
EMAER	- Estado-Maior da Aeronáutica
ISO	- International Organization for Standardization
OACI	- Organização de Aviação Civil Internacional
OSI	- Open System Interconnection
PAME-RJ	- Parque de Material de Eletrônica da Aeronáutica do Rio de Janeiro
PDTI	- Plano Diretor de Tecnologia da Informação (PCA 7-14)
PDSI	- Plano Diretor de Segurança da Informação (PCA 7-11)
REGIONAL	- Órgão Regional do DECEA (CINDACTA e SRPV-SP)
SDAD	- Subdepartamento de Administração do DECEA
SDOP	- Subdepartamento de Operações do DECEA
SDTE	- Subdepartamento Técnico do DECEA
SISCEAB	- Sistema de Controle do Espaço Aéreo Brasileiro
SISDABRA	- Sistema de Defesa Aeroespacial Brasileiro
SRPV-SP	- Serviço Regional de Proteção ao Voo de São Paulo

### 2.2 CONCEITOS GERAIS

#### 2.2.1 ATRASO (“DELAY”)

Há uma série de definições com respeito ao atraso. Contudo, neste trabalho, entende-se como a característica inerente às redes estatísticas e determinísticas que consiste no tempo de propagação fim-a-fim (origem-destino) das aplicações.

#### 2.2.2 ESTAÇÃO

Conjunto de instalações e/ou equipamentos necessários à prestação de um adequado serviço de telecomunicação.

#### 2.2.3 MODELO OSI

É um modelo que divide as redes de computadores em sete camadas, de forma a se obter camadas de abstração. Cada protocolo implementa uma funcionalidade assinalada a uma determinada camada.

##### 2.2.3.1 Camada Física (Nível 1)

**2.2.3.1.1** A camada física define as características técnicas dos dispositivos elétricos e ópticos (físicos) do sistema. Ela contém os equipamentos de cabeamento ou outros canais de

comunicação que se comunicam diretamente com o controlador da interface de rede. Preocupa-se, portanto, em permitir uma comunicação bastante simples e confiável, na maioria dos casos com controle de erros básicos:

- a) move bits (ou bytes, conforme a unidade de transmissão) através de um meio de transmissão;
- b) define as características elétricas e mecânicas do meio, taxa de transferência dos bits, tensões, etc; e
- c) executa o controle da quantidade e velocidade de transmissão de informações na rede.

**2.2.3.1.2** Não é função do nível físico tratar problemas como erros de transmissão, pois esses são tratados pelas outras camadas do modelo OSI.

### **2.2.3.2** Camada de Rede (Nível 3)

**2.2.3.2.1** A camada de Rede é responsável pelo endereçamento dos pacotes de rede, também conhecidos por datagrama, associando endereços lógicos (IP) a endereços físicos, de forma que os pacotes de rede consigam chegar corretamente ao destino. Essa camada também determina a rota que os pacotes irão seguir para atingir o destino, baseada em fatores como condições de tráfego da rede e prioridades.

**2.2.3.2.2** A referida camada é usada quando a rede possui mais de um segmento e, com isso, há mais de um caminho para um pacote de dados percorrer da origem ao destino. As suas principais funções são:

- a) movimentar pacotes a partir de sua fonte original até seu destino através de um ou mais enlaces; e
- b) define como dispositivos de rede descobrem uns aos outros e como os pacotes são roteados até seu destino final.

### **2.2.4** JITTER

Em uma rede estatística, os pacotes das aplicações que ingressam na referida rede em uma taxa constante transitam por diversos caminhos (rotas) entre a origem e o destino. Devido ao fato de que cada rota tem diferentes características de atraso, a taxa de chegada dos pacotes ao destino pode variar. Essa condição é chamada de “jitter”.

### **2.2.5** ÓRGÃOS REGIONAIS

Organizações Militares subordinadas ao DECEA, com instalações físicas distribuídas pelo território brasileiro, compreendendo quatro Centros Integrados de Defesa Aérea e Controle de Tráfego Aéreo (CINDACTA) e o Serviço Regional de Proteção ao Voo de São Paulo (SRPV-SP).

### **2.2.6** PERDA DE PACOTES

Redes estatísticas podem apresentar congestionamentos que acarretam, em alguns casos mais severos, o descarte de pacotes por parte dos ativos de rede envolvidos (roteadores).

### **2.2.7 PONTO DE PRESENÇA (PP)**

Local pertencente às Organizações usuárias do COMAER onde a Operadora de Telecomunicações instala os seus equipamentos que estão ligados à rede de acesso.

### **2.2.8 REDE ATN (“AERONAUTICAL TELECOMMUNICATION NETWORK”)**

Compreende as infraestruturas de redes e as aplicações aeronáuticas, definidas pela OACI, que são suportadas pelo conjunto de protocolos que seguem a topologia IP (ATN/IP) ou OSI (ATN/OSI). O desenvolvimento bem mais acelerado e difundido dos equipamentos roteadores baseados em IP, o que barateia os seus custos, tem conduzido à preferência pela implantação da ATN/IP.

### **2.2.9 REDE DETERMINÍSTICA**

Rede composta por circuitos dedicados, com alocação permanente de banda e de canal, independente da ativação das aplicações.

### **2.2.10 REDE ESTATÍSTICA**

Rede em que o canal de comunicação é compartilhado por diversas aplicações, sendo a banda disponível utilizada pelas aplicações ativas, respeitadas as prioridades de cada aplicação.

### **2.2.11 REDE LOCAL (LAN)**

Redes que cobrem uma pequena área, ligando servidores, computadores, periféricos e os próprios equipamentos de rede que, no caso específico do COMAER, limitam-se às Organizações Militares.

### **2.2.12 REDE DE LONGA DISTÂNCIA (WAN)**

Rede geograficamente distribuída por uma grande área que, no caso específico do COMAER, corresponde ao território brasileiro.

### **2.2.13 REDE DE TELECOMUNICAÇÕES AERONÁUTICAS (ATN)**

Rede de Telecomunicações destinada a prover comunicação entre os órgãos que compõem o SISCEAB, para tráfego exclusivo das aplicações que suportam os Serviços de Controle de Tráfego Aéreo. Neste documento, essa rede será também referenciada como Rede de Controle de Tráfego Aéreo.

### **2.2.14 REDE DE COMANDO E CONTROLE**

Rede de Telecomunicações utilizada pelo Comando da Aeronáutica. É composta das seguintes sub-redes:

#### **2.2.14.1 Sub-Rede Administrativa**

Rede de Telecomunicações para suporte às aplicações administrativas em geral do COMAER.

#### **2.2.14.2 Sub-Rede de Operações Militares**

Rede de Telecomunicações para suporte às aplicações militares do COMAER.

#### **2.2.15 SERVIÇO FIXO AERONÁUTICO**

Serviço de telecomunicação entre estações fixas, destinado primariamente à segurança da navegação aérea e à operação contínua, eficiente e econômica dos serviços aéreos.

#### **2.2.16 SERVIÇO MÓVEL AERONÁUTICO**

Serviço móvel entre estações aeronáuticas e estações de aeronave, ou entre estações de aeronave, do qual podem participar também as estações de embarcação ou dispositivos de salvamento; também podem considerar-se incluídas neste serviço as estações de radiobaliza de localização de acidentes que operem nas frequências designadas para socorro e de urgência.

#### **2.2.17 TELECOMUNICAÇÃO**

Toda transmissão, emissão ou recepção de sinais, textos, imagens, sons, vídeo ou informações de qualquer natureza por meios metálicos, ópticos, terrestres, satelitais ou outros sistemas eletromagnéticos.

#### **2.2.18 SEPARAÇÃO FÍSICA**

Neste trabalho, a separação física entre duas redes é definida pela separação dos meios físicos de comunicação no nível 3 do modelo OSI da ISO, compreendendo equipamentos roteadores diferentes para redes diferentes. No entanto, admite-se o compartilhamento, entre redes fisicamente separadas, dos meios de comunicação de nível 1 do referido modelo, contemplando rádios de micro-ondas, fibras ópticas, satélites, entre outros. Tal conceito permite, rapidamente, a segregação dos referidos equipamentos de camada física, caso haja necessidade de separação de contratos.

#### **2.2.19 SEPARAÇÃO FÍSICA TOTAL**

Corresponde à separação física de todos os equipamentos de níveis 1 e 3 e que poderá ser aplicada na eventualidade de ocorrer a decisão pelo fim da separação lógica entre a Rede ATN e a Sub-Rede de Operações Militares. A consequência da decisão é a de que será possível a adoção de medidas administrativas que garantam a divisão do contrato de suporte satelital em dois, bem como aquele relacionado à rede terrestre. O resultado final seria traduzido pela existência das seguintes plataformas:

- a) um contrato satelital para as aplicações da Sub-Rede de Operações Militares;
- b) um contrato satelital para as aplicações da Rede ATN;
- c) um contrato terrestre para as aplicações da Sub-Rede de Operações Militares;
- d) um contrato terrestre para as aplicações da Rede ATN; e
- e) um contrato terrestre para a Sub-Rede Administrativa.

### **2.2.20 SEPARAÇÃO LÓGICA**

A separação lógica permite o compartilhamento dos meios de comunicação em qualquer nível do modelo OSI da ISO. No entanto, não permite a troca de informações entre usuários de redes distintas. Nos mesmos moldes do descrito no item 2.2.17, permite a separação rápida de equipamentos de níveis 1 e 3 do modelo OSI, vinculada à necessidade administrativa de divisão contratual.

### 3 ASPECTOS TÉCNICOS

#### 3.1 TOPOLOGIA DAS REDES

**3.1.1** Deverão ser constituídas duas redes de comunicação: a Rede de Controle de Tráfego Aéreo e a Rede de Comando e Controle, que deverá ser subdividida em duas sub-redes: a Sub-Rede de Operações Militares e a Sub-Rede Administrativa.

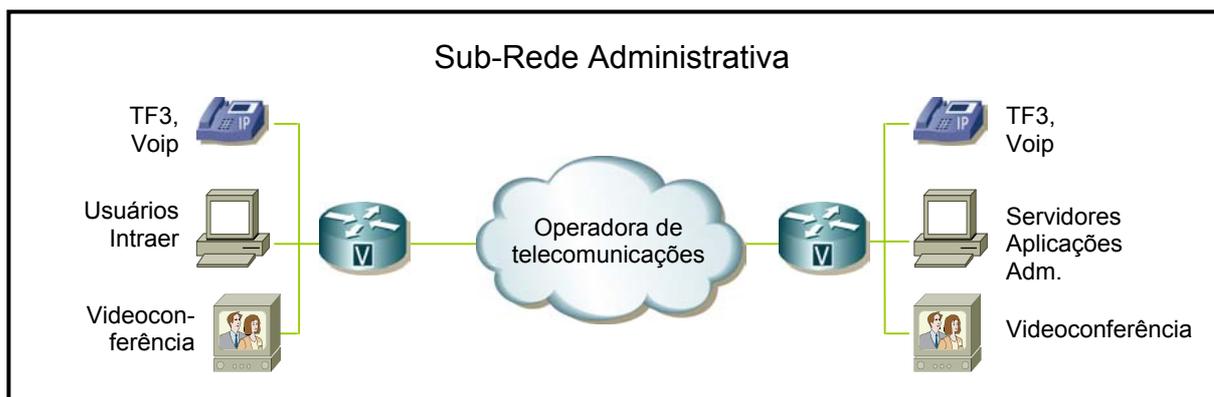
**3.1.1.1** Para a interligação de órgãos do SISDABRA e do SISCEAB, sob jurisdição do DECEA, a Rede de Controle de Tráfego Aéreo e a Sub-Rede de Operações Militares deverão possuir topologia baseada na utilização de enlaces redundantes, similar à descrita na Figura 1. Um dos enlaces deverá pertencer a um sistema satelital. O outro enlace deverá ser contratado junto a uma Operadora de Telecomunicações e deverá utilizar meios terrestres de transmissão, com exceção das localidades que sejam atendidas apenas por sistemas de transmissão por satélite. Nesse caso, o satélite deverá ser diverso do utilizado pelo primeiro sistema.

Nota: Para os demais órgãos do SISCEAB a topologia a ser adotada para a Rede de Controle de Tráfego Aéreo será definida pelo SDTE, consideradas as características específicas relacionadas ao grau de disponibilidade requerido pelas aplicações, de acordo com a documentação vigente da OACI, e as soluções de segurança em desenvolvimento, contemplando acesso de serviços por meio da INTERNET e, possivelmente, a interligação da Rede ATN com outras INTRANET. Para tal, deverão ser observados o Plano Diretor de Tecnologia da Informação - PDTI (PCA 7-14) e o Plano Diretor de Segurança da Informação - PDSI (PCA 7-11).



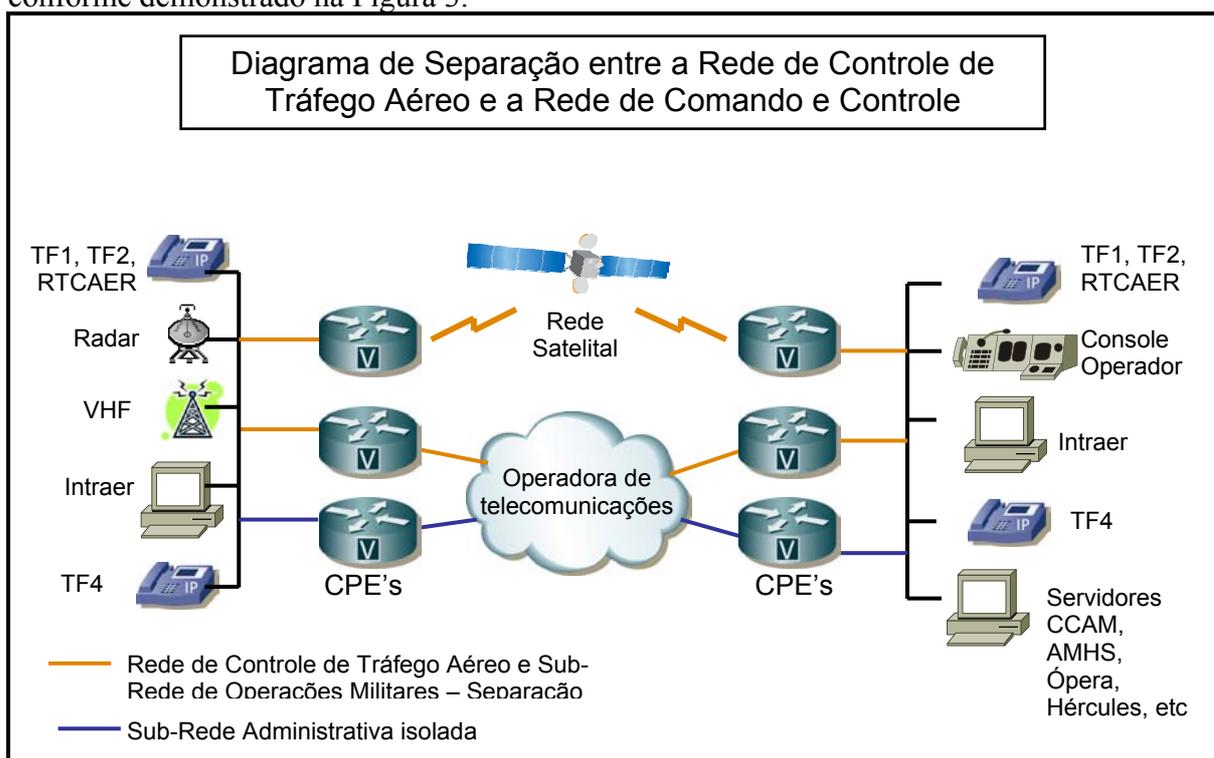
**Figura 1 – Topologia da Rede de Controle de Tráfego Aéreo e da Sub-Rede de Operações Militares**

**3.1.1.2** A Sub-Rede Administrativa não deverá utilizar enlaces satélites, conforme descrito na Figura 2, com exceção das localidades não atendidas por Operadoras de Telecomunicações por via terrestre.



**Figura 2 – Topologia da Sub-Rede Administrativa**

**3.1.1.3** A Rede de Controle de Tráfego Aéreo e a Sub-Rede de Operações Militares deverão ter separação lógica. A Sub-Rede Administrativa deverá ter separação lógica das demais, com exceção do acesso da Operadora de Telecomunicações, na qual separação dos roteadores (nível 3) deverá ser física, de acordo com conceitos detalhados nos itens 2.2.17 e 2.2.18, conforme demonstrado na Figura 3.



**Figura 3 – Separações Física e Lógica**

**3.1.1.4** Uma análise acurada da figura 3 mostra que a Rede ATN e a Sub-Rede de Operações Militares serão contempladas com um roteador (CPE – “Customer Premise Equipment”) que as liga ao suporte satelital e outro, que as direciona para o suporte terrestre. Isso significa que os referidos roteadores podem ser de propriedade do DECEA ou de Operadoras de Telecomunicações. O modelo a ser empregado dependerá da relação custo-benefício da

solução a ser adotada com respeito ao investimento a ser efetuado, desempenho e robustez exigidos dos equipamentos, observados os documentos de referência da OACI e do DECEA. Cabe ressaltar que há disponível, no mercado, roteadores especificamente desenvolvidos para aplicações ATS, que podem justificar o investimento na compra de equipamentos em relação ao provimento, por aluguel, em contratos firmados com as Operadoras de Telecomunicações.

Nota 1: Se os equipamentos forem de propriedade do DECEA não haverá a necessidade de instalação de dois equipamentos: um para o suporte satelital da Rede ATN e da Sub-Rede de Operações Militares; outro para o meio terrestre das duas redes, que deverão estar separadas logicamente. O descrito deve-se ao fato de que todas as aplicações poderiam ingressar em um único equipamento roteador (nível 3), que estaria ligado aos equipamentos de nível 1 das Operadoras de Telecomunicações terrestre e satélite. Isso garante controle e gestão muito mais eficazes, além de possibilitar um chaveamento automático na eventual perda do meio principal de transmissão.

Nota 2: Caso os equipamentos não sejam de propriedade do DECEA, muito provavelmente se terá um roteador para cada suporte de telecomunicações, terrestre e satélite, tomando-se em conta que poderão existir duas Operadoras de Telecomunicações, uma para cada meio de transmissão, como vencedoras dos certames licitatórios. A consequência imediata é a de que ocorrerão mais dificuldades de gestão, controle e transferência de meio de comunicação, pela possível parada de funcionamento do suporte principal eleito. Contudo, soluções técnicas podem ser adotadas para mitigar as dificuldades apontadas, caso essa possibilidade seja considerada vantajosa economicamente.

Nota 3: Independentemente da propriedade dos roteadores ser do DECEA ou de Operadora de Telecomunicações, sempre ocorrerá a separação lógica entre a Rede ATN, a Sub-Rede de Operações Militares e a Sub-Rede Administrativa nas redes locais (LAN). Isso implica, necessariamente, a instalação de equipamentos nas redes locais que permitam fazer a separação lógica, bem como a ligação com os roteadores (CPE) de ligação às WAN.

Nota 4: O Anexo A apresenta definições importantes sobre convergência de redes em que se explora a separação lógica das Redes ATN e da Sub-Rede de Operações Militares. Também traz a razão da separação física da Sub-Rede Administrativa, além dos conceitos de Qualidade de Serviço (QoS) afetos às aplicações em redes estatísticas.

**3.1.1.5** Com respeito à Sub-Rede Administrativa, os roteadores usados pelas Operadoras de Telecomunicações, que são aqueles presentes no mercado atual, atendem perfeitamente aos requisitos das aplicações carregadas, implicando que não serão adquiridos pelo DECEA.

**3.1.1.6** Enlaces contratados junto a Operadoras de Telecomunicações deverão ser entregues no interior da Unidade usuária, no ponto de utilização.

**3.1.1.7** A disponibilidade fim-a-fim mensal das aplicações para a Rede Terrestre deverá ser de, no mínimo, 99,5% e para a Rede Satelital de, no mínimo, 99,8%.

**3.1.1.8** O retardo (“delay”) deverá ser inferior a 100 ms para comunicação entre as localidades providas de Rede Terrestre, incluindo o tempo de propagação nas redes de acesso e de transporte. Para enlaces por satélite o retardo não poderá ser superior a 300 ms.

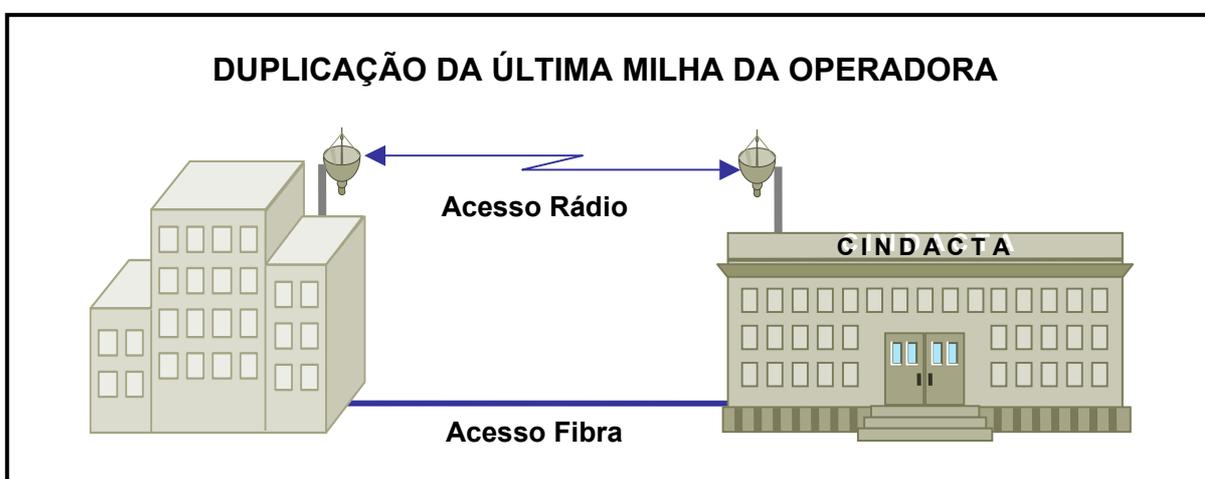
**3.1.1.9** O limite de perda de pacotes para as aplicações deverá ser de 0,5% em redes estatísticas.

### 3.1.2 REDE DE ACESSO

**3.1.2.1** Entende-se Rede de Acesso como a interligação entre o ponto de instalação de equipamentos dentro da Unidade usuária (ponto de presença – PP) e a estação de telecomunicações de propriedade da Operadora de Telecomunicações contratada para o caso da Rede Terrestre.

**3.1.2.2** O acesso da Operadora de Telecomunicações deverá ser duplicado, com utilização de caminhos distintos, nos seguintes casos (vide exemplo na figura 4):

- a) Nos Órgãos Regionais, para a Rede de Controle de Tráfego Aéreo e para a Sub-Rede de Operações Militares; e
- b) No CCA-RJ e no CCA-BR, para a Sub-Rede Administrativa.



**Figura 4 – Duplicação de acesso nos pontos de concentração das redes**

Nota 1: No caso de falha de um dos enlaces, o redundante deverá suportar todo o tráfego necessário, e a comutação deverá ser automática.

Nota 2: A disponibilidade mínima do acesso duplicado deverá ser de, no mínimo, 99,95% em uma base mensal.

**3.1.3** A definição dos enlaces principal e reserva deverá obedecer a um dos seguintes critérios, de acordo com cada aplicação:

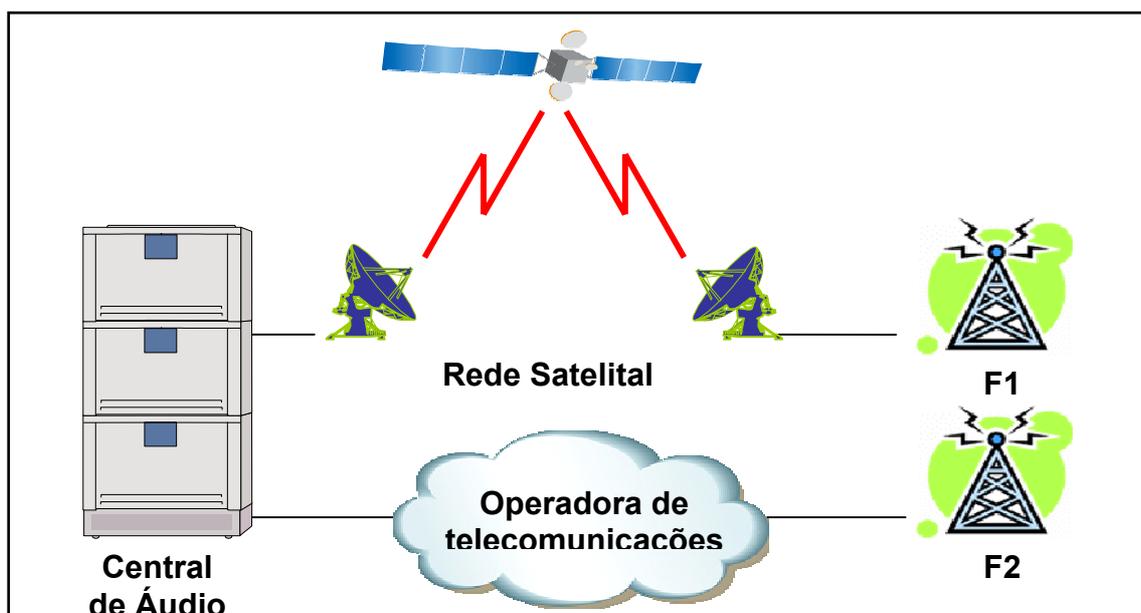
**3.1.3.1** O enlace principal deverá ser o que apresentar maior disponibilidade; ou

**3.1.3.2** O enlace principal deverá ser o que apresentar menor atraso.

Nota: Um exemplo de cálculo de disponibilidade de comunicações para o Serviço Móvel Aeronáutico, em que se considera a disponibilidade de cada tipo de meio, é apresentado nos Anexos B e C. Técnicas semelhantes, ou mais refinadas, deverão ser empregadas para calcular a disponibilidade e selecionar qual dos enlaces será o principal.

**3.1.4** Para interligação entre Centros de Controle e Estações de Comunicação Rádio, as frequências de VHF/UHF deverão ser assim divididas entre os enlaces:

**3.1.4.1** Quando utilizadas redes determinísticas, a frequência principal de cada setor deverá trafegar pelo enlace principal e a frequência secundária de cada setor deverá trafegar pelo enlace reserva. Frequências de diversas estações em Clímax deverão utilizar o mesmo meio de transmissão (Vide Figura 5).

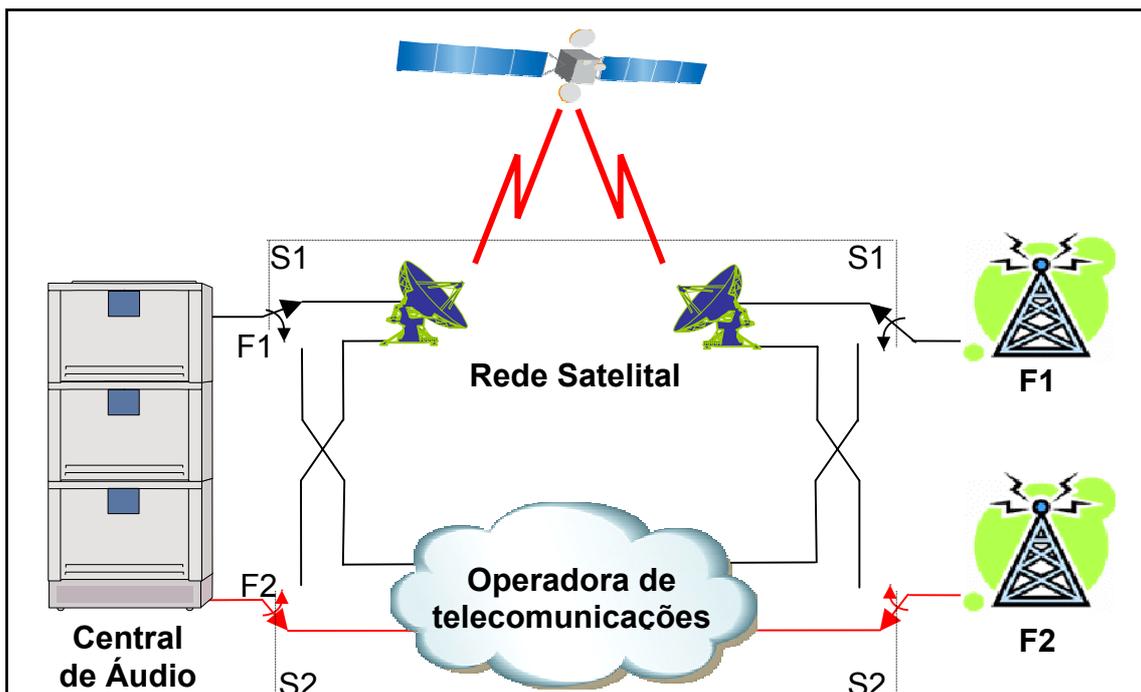


**Figura 5**

**ra 5 – Transmissão de canais VHF por redes determinísticas**

**3.1.4.2** Quando utilizadas redes estatísticas, tanto para o enlace principal quanto para o reserva, deverão ser utilizados os dois meios de transmissão para cada frequência de VHF/UHF. Além disso, a comutação entre meios (Rede Satelital e Rede Terrestre estatística) deverá acontecer em tempo real e de forma transparente para os usuários (controladores de tráfego aéreo). Deverá ser automática também a equalização dos atrasos para as frequências operadas em Clímax (Vide Figura 6).

Nota: O ACP está desenvolvendo documentos que apontam para a utilização de redes estatísticas, especialmente redes IP, para a transmissão de aplicações ATN. No que tange às aplicações de VHF, a utilização de redes estatísticas somente deverá ser implementada após o amadurecimento dos equipamentos com a consequente certificação da solução.



**Figura 6 – Transmissão de canais VHF por redes estatísticas**

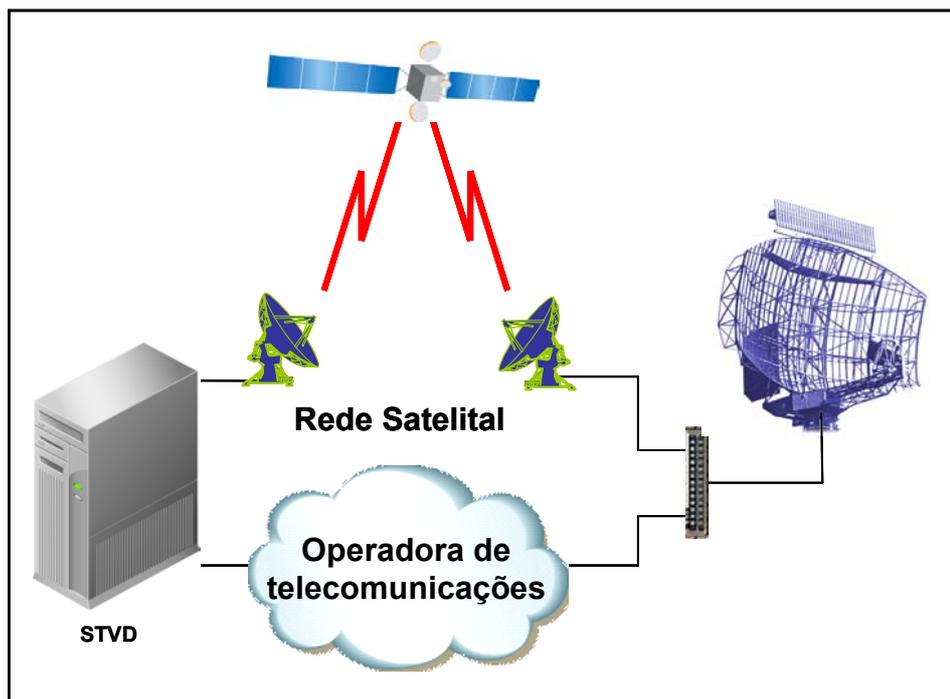
**3.1.5** Os seguintes critérios de desempenho deverão ser observados para o tráfego das frequências de V/UHF por meio das redes de comunicações:

**3.1.5.1** Independentemente de se usar redes determinísticas ou estatísticas, a diferença de tempo entre o caminho mais longo e o mais curto em uma aplicação em Clímax não pode exceder 10 ms.

**3.1.5.2** Para redes determinísticas, os tempos de digitalização da voz, na origem, transmissão pela rede e a conversão para a forma analógica, no destino, são constantes. Eventuais diferenças de tempo de propagação são medidos e compensados de sorte a se ter o limite de 10 ms respeitado.

**3.1.5.3** Para redes estatísticas, os tempos de empacotamento, transmissão e a compensação de “jitter” para o reordenamento de pacotes, no destino, são variáveis. Com isso, um refinado mecanismo de compensação dinâmica de variação de tempos entre os vários caminhos da aplicação de Clímax deverá ser provido pelos equipamentos terminais instalados nos pontos de presença (PP), seja de propriedade da Operadora de Telecomunicações ou do DECEA, a fim de garantir o limite exigido de 10 ms, conforme requisitos de desempenho da OACI, descritos no item 2.2.19, para a aplicação em redes estatísticas.

**3.1.6** Os sinais provenientes de Sistemas Radar deverão ser transmitidos simultaneamente, por dois enlaces redundantes, aos respectivos Centros de Controle, sendo vedado o compartilhamento de qualquer meio ou equipamento. A Figura 7 representa a arquitetura a ser observada para a transmissão de dados radar.



**Figura 7 – Transmissão de sinais de radar**

**3.1.7** A fim de proporcionar flexibilidade para a Rede de Controle de Tráfego Aéreo e para a Sub-Rede de Operações Militares, na contratação de enlaces determinísticos, deverá ser prevista uma margem de folga de, pelo menos, 20% de capacidade de vazão, além do somatório das taxas de transmissão dos canais. Da mesma forma, os pontos de acesso dos provedores de enlaces terrestres deverão dispor de quantidade de portas, pelo menos, 20% maior do que o necessário, conforme exemplificado na Figura 8.

Nota 1: As margens excedentes, tanto em capacidade de vazão quanto em quantidade de portas, deverão ser utilizáveis de forma imediata (tempo máximo de ativação de sete dias) e por qualquer aplicação cuja vazão seja compatível com a capacidade excedente e com as interfaces disponíveis.

Nota 2: As margens excedentes deverão ser permanentemente preservadas. Sempre que utilizadas, deverão ser repostas, por meio de ações contratuais pertinentes e em acordo com a viabilidade administrativa.



menor que 200 ms quando utilizados enlaces terrestres, e 700 ms quando utilizados enlaces satelitais. As aplicações administrativas deverão ser acessadas por todas as OM do COMAER.

### **3.3.2 APLICAÇÕES MILITARES**

**3.3.2.1** Esta Diretriz não apresenta um conceito definido, em termos de troca de informações de Comando e Controle, sob o aspecto de Operações Militares. Deverá ser considerado, então, que a infraestrutura de comunicação não deverá limitar a implementação dos conceitos de comando e controle atuais. Mais do que isso, deverá ser um instrumento que viabilize a concepção de novos paradigmas operacionais, que podem não ter sido formulados por se considerar que a tecnologia limitaria sua implementação. Além disso, essa infraestrutura deverá estar totalmente alinhada com as iniciativas do EMAER em termos de Comando e Controle.

**3.3.2.2** De acordo com os conceitos atuais, a Sub-rede de Operações Militares deverá viabilizar, pelo menos, o tráfego de informações das seguintes aplicações:

- a) VHF/UHF;
- b) Radar;
- c) TF1;
- d) RTCAER;
- e) ÓPERA-HÉRCULES – Planejamento e Supervisão de Atividades Aéreas;
- f) INTRAGAR – Sistema de Comunicação Operacional do COMGAR;
- g) COSPAS-SARSAT – Sistema de Busca e Salvamento; e
- h) SISTRASAG – Sistema de Transmissão da Situação Aérea.

### **3.3.3 APLICAÇÕES ATC**

**3.3.3.1** As aplicações atualmente utilizadas para a prestação dos serviços de Controle de Tráfego Aéreo e que empregam recursos de redes de comunicação de voz e dados, tais como o sistema de automação e de trocas de mensagens entre órgãos operacionais, o sistema de vigilância e o sistema de comunicação por voz terra-ar e terra-terra, deverão ser contempladas pela Rede de Controle de Tráfego Aéreo.

**3.3.3.2** A Rede de Controle de Tráfego Aéreo deverá ainda ser adequada ao atendimento das necessidades das aplicações futuras, conforme previsto no conceito CNS/ATM (mais especificamente as aplicações previstas no Volume 3 do Anexo X da ICAO e descritas como aplicações ATN, que são melhor detalhadas nos documentos ICAO Doc 9880 e ICAO Doc 9896). A Rede deverá ser concebida para ser adaptada a essas aplicações, quando de suas ativações.

## **3.4 GERENCIAMENTO**

### **3.4.1 CENTRO DE GERENCIAMENTO TÉCNICO DO SISCEAB (CGTEC)**

A DCA 21-2, aprovada em 2009, estabelece os requisitos técnicos básicos a serem observados pelo CGTEC, que proporcionará, quando implantado, entre outras características, a gestão e o controle das redes de comunicação do COMAER, proporcionando uma ação proativa, em tempo real, para possíveis problemas detectados. Até a criação do

CGTEC, as funções supracitadas deverão ser contempladas pelo PAME-RJ, que deverá ter uma coordenação estreita com Órgãos Regionais, possibilitando, inclusive, o acionamento das Operadoras de Telecomunicações.

### **3.4.2 GERÊNCIA CONTRATUAL**

Para qualquer das redes, a gerência técnica dos contratos deverá ser descentralizada, com acionamento da contratada pelas Organizações Militares atendidas, em caso de falha. Nesse caso, os órgãos gestores das redes deverão ser sempre informados. Com a criação do CGTEC, um novo modelo de gestão e controle dos contratos de telecomunicações deverá ser definido pelas normas de operação do referido Centro.

### **3.4.3 GERÊNCIA TÉCNICO-OPERACIONAL**

De modo a possibilitar o pronto acionamento e o mínimo tempo de resposta na solução de inoperâncias, as redes de telecomunicações deverão possuir seus centros de gerenciamento técnico-operacional, sendo que quando da implantação do CGTEC todos os procedimentos operacionais para a gestão e o controle das redes deverão ser definidos pelas normas de operação do Centro. O gerenciamento técnico-operacional das redes deverá ter operação ininterrupta, 24 horas do dia, 7 dias por semana, englobando toda a canalização satelital e terrestre. Todas as atividades descritas no presente tópico deverão ser seguidas pelo PAME-RJ enquanto o CGTEC não entrar, efetivamente, em operação.

#### **3.4.3.1 Infraestrutura de gerenciamento**

A infraestrutura (hardware e software) dos centros de gerenciamento deverá possuir condições de desempenhar, no mínimo, as seguintes funções:

- a) gerenciamento de Falhas;
- b) gerenciamento de Desempenho;
- c) gerenciamento de Configuração; e
- d) gerenciamento de Segurança.

##### **3.4.3.1.1 Gerenciamento de Falhas:**

- a) detectar e reportar falhas;
- b) manter logs de eventos significativos e erros ocorridos na rede, que possam ser examinados futuramente;
- c) realizar sequências de testes;
- d) isolar e corrigir falhas;
- e) antecipar falhas;
- f) monitoração de taxas de erro, de perda de mensagens, atraso na transmissão de mensagens, entre outros; e
- g) verificação se tais taxas são crescentes e excedem limites predeterminados.

##### **3.4.3.1.2 Gerenciamento de Desempenho:**

- a) controlar a operação diária da rede, monitorando elementos estratégicos:
  - taxa de transmissão da rede;

- estado de equipamentos e serviços ativos;
  - vazão de tráfego; e
  - tempos de trânsito ou atrasos, dentre outros.
- b) localizar congestionamentos e identificar situações que ocasionem problemas no bom funcionamento da rede;
  - c) registrar informações para análise posterior;
  - d) controlar a utilização dos recursos da rede;
  - e) coletar dados sobre a utilização dos recursos de rede (por exemplo, redes locais, servidores, aplicativos e serviços, além da estrutura central da rede);
  - f) estabelecer quotas de utilização de tais recursos, vinculadas a usuários ou grupos de usuários;
  - g) emitir relatórios sobre a utilização dos recursos de rede e os custos correspondentes; e
  - h) implementar políticas de qualidade de serviço, dando a prioridade devida às aplicações em operação na rede.

#### **3.4.3.1.3 Gerenciamento de Configuração:**

- a) gerenciar o ciclo de vida do sistema e sua configuração associada;
- b) identificar os componentes de hardware e software do sistema em um nível apropriado de controle;
- c) monitorar cada componente da rede durante o ciclo de vida do sistema e documentar todas as trocas significativas, assegurando que o sistema, como um todo, preserva sua integridade e está de acordo com os requisitos estabelecidos;
- d) manter registros sobre o status de cada componente da rede;
- e) configurar e alterar configurações de elementos da rede, de forma a aliviar congestionamentos, isolar falhas e atender necessidades dos usuários, assim como ativar ou desativá-los;
- f) estabelecer parâmetros de operação da rede;
- g) coletar informações sobre a configuração atual da rede; e
- h) armazenar informações relativas à configuração da rede e emitir relatórios baseados nas mesmas.

#### **3.4.3.1.4 Gerenciamento de Segurança:**

- a) gerenciar os mecanismos e procedimentos que proporcionam a proteção aos recursos da rede;
- b) manter e manipular registros de segurança;
- c) garantir a manutenção da política de segurança estabelecida;
- d) gerenciar facilidades, serviços, mecanismos de segurança, de modo a proteger os recursos computacionais e de rede contra ameaças ou violações;
- e) monitorar a utilização de tais recursos e as operações efetuadas pelos seus usuários;

- f) criar, remover e controlar os serviços de segurança;
- g) manter e tratar logs de segurança;
- h) emitir relatórios de eventos de segurança; e
- i) reagir a eventos de segurança.

### **3.5 SEGURANÇA**

**3.5.1** A diretriz sistêmica quanto à segurança da informação é, basicamente, que se preservem a integridade, a confiabilidade e a disponibilidade da informação. As normas adotadas no Brasil, e que se aplicam ao tema, são as da família de Normas 27000, da qual se encontram em vigor:

- a) ABNT ISO/IEC 27001 – Trata dos requisitos que devem ser atendidos para obtenção da Certificação 27001; e
- b) ABNT ISO/IEC 27002 – Código de Prática para a Gestão da Segurança da Informação.

**3.5.2** No que tange à Segurança das Redes, e por consequência das informações que trafegam por elas, independentemente do preconizado nas Normas 27000, deverão ser consideradas as seguintes diretrizes:

- a) estabelecimento de acesso baseado em biometria e senha, para os locais onde haja equipamentos vitais para o funcionamento das redes;
- b) estabelecimento de uma política de senhas fortes; e
- c) estabelecimento de Planos de Continuidade de Sistema, em caso de inoperâncias gravíssimas ou eventos catastróficos.

**3.5.3** É recomendável que todos os setores envolvidos na manutenção e operação das Redes possuam a certificação ISO 27001. Num primeiro momento, pelo menos os principais locais em que estejam instalados os equipamentos vitais para o funcionamento das redes deverão ser certificados.

**3.5.4** Deverão ser considerados, de forma particular, os seguintes itens da Norma ABNT ISO/IEC 27002:2007:

- a) Gestão de Ativos (item 7);
- b) Segurança Física e de Ambiente (item 9);
- c) Gerenciamento de Operação e Comunicação (item 10);
- d) Controle de Acesso (item 11);
- e) Gestão de Incidentes e Segurança da Informação (item 13, de especial relevância); e
- f) Gestão da Continuidade de Negócios (item 14).

**3.5.5** Para a Rede de Controle de Tráfego Aéreo, uma arquitetura específica de Segurança da Informação, compatível com a adotada em outros países e que viabilize a interoperabilidade de aplicações (em especial daquelas com participação de aeronaves), deverá ser adotada. Esta arquitetura é descrita no Volume 3 do Anexo X da ICAO e nos documentos ICAO Doc 9880 e ICAO Doc 9896.

**3.5.6** Em consonância a todas as documentações externas vigentes, o DECEA publicou o seu Plano Diretor de Tecnologia da Informação (PDTI) com o intuito de atender aos aspectos da gestão de TI. O referido Plano tem por objetivo apresentar uma visão do ambiente atual de Tecnologia da Informação e, a partir da análise deste, propor cenários alternativos, visando atender à operação do DECEA e possibilitar o retorno dos investimentos já executados e dos que se planeja realizar no futuro.

**3.5.7** Um dos Objetivos do PDTI (PCA 7-14) é o de elaborar um Sistema de Segurança da Informação, abrangente a todo o DECEA, para prover segurança às redes ATN, de Comando e Controle e aos sistemas de interesse do SISCEAB em geral.

**3.5.8** Com isso, foi aprovado o PDSI (PCA 7-11), que prevê uma sistemática de ações para monitorar todos os sistemas e ativos de redes do DECEA e Organizações subordinadas, possibilitando antecipar ações para solucionar falhas, definir medidas preventivas e corretivas, bem como executar procedimentos de contingência quando ocorrerem registros de incidentes de segurança da informação.

#### **4 DISPOSIÇÕES TRANSITÓRIAS**

**4.1** Novos contratos de telecomunicações deverão ser celebrados pelos órgãos gestores das redes do COMAER.

**4.2** Os contratos assinados antes da publicação desta diretriz deverão ser mantidos até a entrada em operação dos novos contratos.

**4.3** O prazo para implantação do disposto nesta Diretriz é de 24 (vinte e quatro) meses, a partir de sua assinatura.

## **5 DISPOSIÇÕES FINAIS**

Os casos omissos serão submetidos ao Exmo. Sr. Chefe do Subdepartamento Técnico do DECEA.

## Anexo A – Redes Convergentes

A tendência do mercado de comunicações aponta para as redes convergentes, conceito utilizado para designar estruturas de telecomunicações multiserviços, dotadas de capacidade para trafegar qualquer tipo de mídia de comunicações, com quaisquer características, em tempo real ou não. Assim, a mesma estrutura pode ser usada para comunicações de voz, áudio, dados ou vídeo, de forma interativa ou em tempo real, bem como as aplicações que não demandem transmissão instantânea. Cada uma dessas características exige um comportamento diferente da rede que se adapta a cada aplicação de acordo com a necessidade.

Entretanto, muitas vezes, por equívocos de projeto, os engenheiros de rede criam uma plataforma que fornece o mesmo tratamento de serviços para todas as aplicações. Tal abordagem é conhecida como serviço de melhor esforço (“best effort”), acarretando que os roteadores enfileiram os pacotes na entrada de mecanismos de armazenamento, chamados de “buffers”, em um único nível (fila), sem qualquer priorização de tráfego. Isso significa a criação de um ponto médio entre os diferentes requerimentos de serviços, o que gera uma resposta de processamento e transmissão uniformes, que não dá suporte de alta qualidade às aplicações mais sensíveis a atrasos e “jitter”, como as comunicações de voz e vídeo.

Um método, por vezes utilizado no contexto supracitado, para fornecer amplos recursos e garantir que uma rede classificada como “best effort” não degrade a qualidade das aplicações é o de superdimensionar os recursos de rede, o que significa que não ocorrerá mais tráfego agregado do que aquele que a rede pode suportar. Contudo, o referido enfoque de provisionamento conduz, normalmente, a resultados econômicos desvantajosos com taxas de transmissão maiores do que aquelas, realmente, necessárias.

Assim, para que as redes convergentes não superdimensionadas operem de forma satisfatória, tratam-se as aplicações de forma diferente, de acordo com suas características. Por exemplo, telefonia e videoconferência são aplicações em tempo real e não toleram atrasos, mas não necessitam de garantia de integridade dos dados. Aplicações de dados críticos podem tolerar um pequeno atraso na transmissão, mas não permitem perda de informações e exigem garantia de entrega. Serviços de armazenamento ou de correio eletrônico toleram maiores atrasos.

Para o tratamento das peculiaridades de cada serviço é aplicado, em redes estatísticas, o conceito de Qualidade de Serviço (QoS), que permite a priorização de cada aplicação, respeitadas as suas características intrínsecas. Para que um possível comportamento anômalo de uma determinada aplicação não prejudique as demais, é possível, além de priorizar os pacotes, reservar frações da banda total a cada aplicação ou grupo delas.

Atualmente, as aplicações de radar e de V/UHF trafegam por canais determinísticos, contratados junto a Operadoras de Telecomunicações. Isso permite um controle rígido da qualidade do serviço prestado, garantia da segurança e inviolabilidade das comunicações com respeito a acessos por outros clientes das referidas Operadoras. Isso acontece porque não há compartilhamento de recursos da canalização com outros clientes.

No entanto, a estrutura é rígida, causando menor aproveitamento dos recursos de telecomunicações. As redes estatísticas, baseadas em IP, permitem a alocação dos recursos de acordo com a demanda de cada aplicação e de cada cliente, reduzindo, significativamente, os custos de implantação e manutenção dos sistemas de comunicação.

### Continuação do Anexo A – Redes Convergentes

Cabe enfatizar que a própria OACI estuda, por meio de um grupo de trabalho vinculado ao Painel de Comunicações Aeronáuticas (ACP), a utilização de redes estatísticas para a transmissão de sinais de VHF, incluindo a aplicação em clímax. No entanto, a utilização de redes estatísticas para a transmissão de sinais de VHF ainda deverá sofrer um amadurecimento por conta do desenvolvimento tecnológico dos equipamentos, o que deverá acontecer nos próximos anos.

Entretanto, as redes IP puras não proporcionam níveis aceitáveis de qualidade da informação, integridade e privacidade dos dados de cada usuário. Para resolver essa questão, entre outras finalidades, foi desenvolvida a tecnologia IP/MPLS, que permite a separação lógica dos dados com qualidade e segurança compatíveis com a dos canais determinísticos. De fato, devido à forma como os pacotes são rotulados e encaminhados dentro da rede, a tecnologia MPLS proporciona às redes estatísticas um comportamento parecido com o de redes determinísticas.

Em termos práticos, a rede IP/MPLS estabelece o melhor caminho entre a origem e o destino para uma dada aplicação e o mantém estável, salvo aconteça alguma anormalidade que faça com que outro caminho seja eleito, o que é feito por meio dos protocolos de roteamento ativados nos roteadores. Logicamente, os requisitos de segurança exigidos em contrato das Operadoras de Telecomunicações devem ser complementados com políticas e ações institucionais para diminuir os riscos de invasão e adulteração de dados.

Somando-se as peculiaridades de uma rede IP/MPLS ao conceito de QoS, têm-se ferramentas adequadas para o tratamento das aplicações em uma rede estatística. No entanto, a própria priorização de tráfego proporcionada pela QoS tem as suas limitações, sobretudo porque os recursos de canalização são finitos.

Destarte, em uma rede estatística mesmo as aplicações de menor prioridade têm que ser transmitidas em algum momento, sob pena de ocorrer o descarte dos pacotes a elas relacionados

É nesse contexto que se apresenta o conceito de separação física das redes com o intuito de segregar as aplicações da Sub-Rede Administrativa daquelas pertencentes à Sub-Rede de Operações Militares e à Rede ATN.

Assim, como as aplicações da Sub-Rede Administrativa são muito importantes para o COMAER, um roteador, separado daquele utilizado pela Rede ATN e pela Sub-Rede de Operações Militares, será instalado nas Organizações Militares, dando um tratamento próprio, diferenciado e sem concorrência às aplicações administrativas, calcado em rigorosos requisitos de desempenho, definidos nos contratos de canalização com os Provedores de Telecomunicações. No referido contexto, as aplicações de voz administrativas, por não tolerarem atrasos e “jitter” exagerados, terão que possuir prioridade mais alta de QoS em relação aos dados administrativos.

Dadas as similaridades das aplicações que são carregadas na Rede ATN e na Sub-Rede de Operações Militares, apresenta-se o conceito de separação lógica das redes, que terão as suas aplicações carregadas em um mesmo roteador. A referida prática impede o ônus da perda de confiabilidade pela junção ao tráfego administrativo, que, estatisticamente, demanda muito mais recursos de rede e de processamento dos equipamentos envolvidos.

### **Continuação do Anexo A – Redes Convergentes**

Com isso, a separação lógica será aplicada ao suporte terrestre e satelital da Rede ATN e da Sub-Rede de Operações Militares. Resumindo, um único roteador (nível 3) será ligado ao equipamento de transmissão (nível 1) do sistema satelital, o mesmo acontecendo com o suporte terrestre. Na aludida concepção, os preceitos de QoS serão aplicados, dando prioridade aos tráfegos de tempo real, em especial às aplicações de voz operacionais, em relação àqueles de dados, também classificados como operacionais, tanto da Rede ATN quanto da Sub-Rede de Operações Militares.

Cabe ressaltar que as separações lógica e física previstas, na presente diretriz, sempre apontam para o compartilhamento de recursos de rede, quer seja no nível 1 (separação física) ou nos níveis 1 e 3 (separação lógica), possibilitando a economia de recursos pela menor necessidade de instalação de equipamentos.

Entretanto, experiências de contratação de canalização efetuadas, ao longo do tempo, pelo DECEA e Organizações apoiadas, conduzem à factibilidade de separação total dos meios, pela segregação de contratos, em um período médio de dezoito meses.

Destarte, se no futuro houver a necessidade de separação física total da Rede ATN da Sub-Rede de Operações Militares, mecanismos administrativos de celebração de novos contratos poderão ser utilizados de modo a garantir o cumprimento de todas as ações demandadas à transição de forma rápida, segura e eficaz, no que tange ao desmembramento em dois, cada um deles, dos contratos de suporte satelital e terrestre, conforme descrito no item 2.2.18 (Separação Física Total).

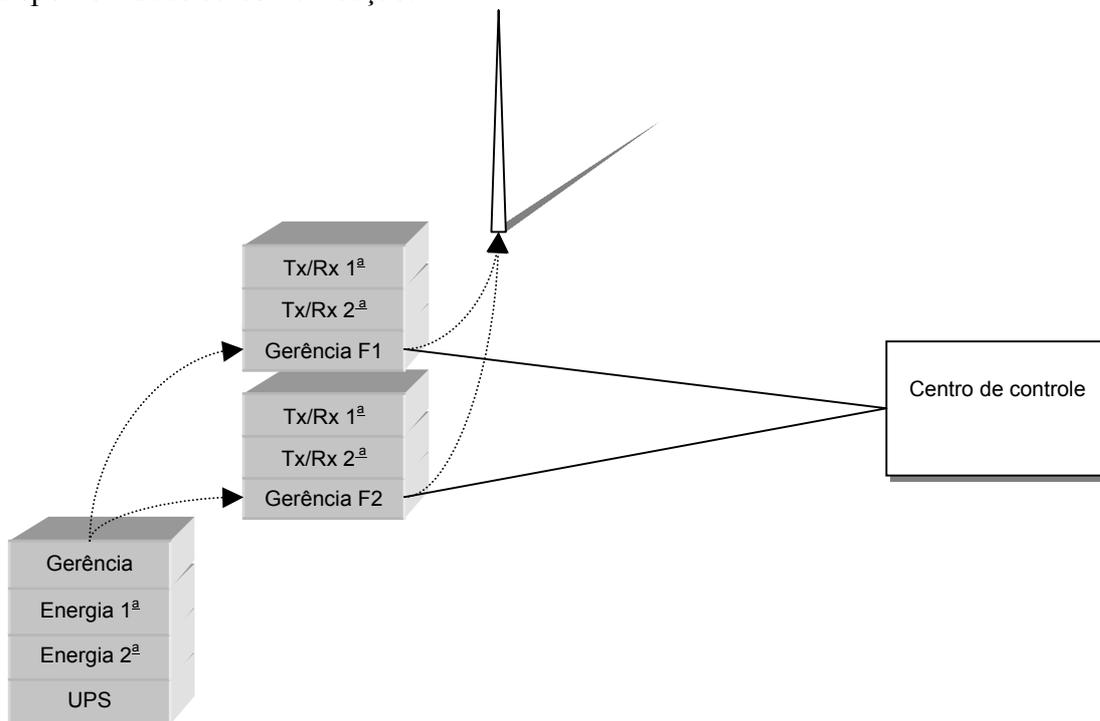
## Anexo B – Disponibilidade dos circuitos de comunicação contratados com Operadoras de Telecomunicações

### Introdução

Com o objetivo de padronizar os contratos de canalização dos Regionais do DECEA, foi elaborado um estudo para definição do valor de disponibilidade a ser requerido para os circuitos de comunicação. Este estudo se baseou no cenário tipicamente utilizado para comunicações entre controladores e pilotos em VHF-AM.

### Disponibilidade da comunicação entre controladores e pilotos em VHF-AM

Para o cenário típico apresentado na figura, é possível formular uma expressão geral da disponibilidade da comunicação.



Os sistemas de comunicação terra-ar do SISCEAB estão configurados para ter redundância de equipamentos e de frequências, conforme apresentado na figura.

Um volume infinitesimal do espaço aéreo é tipicamente coberto por duas frequências (F1 e F2), e cada uma delas é composta por equipamentos transmissores e receptores duplicados (em configuração “1 + 1”). O mesmo ocorre com os sistemas de energia (que na prática apresentam níveis de redundância ainda maiores).

No Centro de Controle, toda a infraestrutura que permite aos controladores utilizarem as frequências também conta com alto grau de redundância. Por fim, a canalização interligando o Centro de Controle a F1 deve ser baseada em sistema diferente do utilizado para interligar o Centro a F2 (por exemplo, Centro/F1 via Telesat e Centro/F2 via canalização contratada).

De forma analítica, é possível dizer que a disponibilidade da comunicação deve levar em conta vários fatores.

**Continuação do Anexo B – Disponibilidade dos circuitos de comunicação contratados com Operadoras de Telecomunicações**

a) A disponibilidade (D[.]) de comunicação em uma frequência VHF é dada por:

$$D[\text{Comunicação por uma frequência}] = \\ D[\text{sistema de energia do sítio}] \times \\ D[\text{equipamentos de VHF ("1 + 1")}] \times \\ D[\text{módulo de acoplamento e sistema irradiante}] \times \\ (1 - \text{Probabilidade}[\text{interferência em frequência}]) \times \\ D[\text{Canalização}] \times \\ D[\text{Central de Áudio e Posto Operador}] \times \\ D[\text{sistema de energia do Centro}]$$

b) A disponibilidade de comunicação entre o Centro de Controle e uma Aeronave, uma vez que há frequência reserva, é dada por:

$$D[\text{Comunicação com qualquer frequência}] = \\ D[\text{Comunicação com a frequência principal}] + \\ \{(1 - D[\text{Comunicação com a frequência principal}]) \times \\ D[\text{Comunicação com a frequência reserva}]\}$$

c) Considerando-se as seguintes premissas:

- MTBF [equipamentos eletrônicos]= 25.000h
- MTTR [equipamentos eletrônicos]= 240h
- Nota: este valor foi estimado de forma pessimista e é considerado extremamente elevado.
- D[módulo de acoplamento e sistema irradiante]= 1
- D[sistemas de energia]= 1
- D[Central de Áudio e Posto Operador]= 1
- Probabilidade[interferência/frequência]= 40min÷(30×24×60min/mês)
- Configuração dos equipamentos de um canal rádio de VHF: “1 + 1”
- Configuração dos equipamentos do Telesat para um canal: “1 + 1” em série com equipamento sem redundância.

É possível avaliar quanto tempo a comunicação estará disponível (por F1 ou F2) em função de diferentes valores de disponibilidade da canalização. Utilizando a expressão para cálculo da disponibilidade de sistemas eletrônicos baseados em configurações “1 +1”, conforme apresentado no Anexo (para os equipamentos de VHF e para o Telesat), chega-se à tabela abaixo:

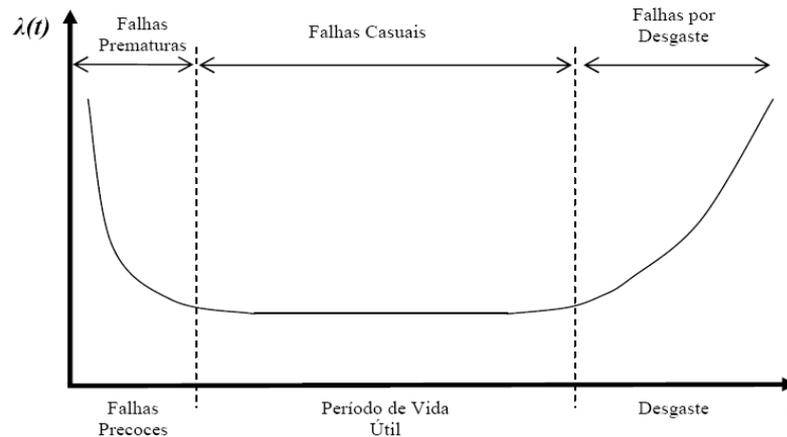
Disponibilidade da Canalização da Operadora	Disponibilidade da Comunicação	Minutos de Inoperância por Mês
97,0%	99,964%	15,34
97,5%	99,970%	12,86
98,0%	99,976%	10,39
98,5%	99,982%	7,91
99,0%	99,987%	5,43
<b>99,5%</b>	<b>99,993%</b>	<b>2,95</b>
99,8%	99,997%	1,47
100,0%	99,999%	0,48

Recomenda-se, com isso, que os canais contratados tenham disponibilidade de 99,5%, de forma que o tempo médio mensal que se espera ter indisponibilidade da comunicação é bastante baixo e o custo de se contratar canais com esta disponibilidade tem se mostrado aceitável.

## Anexo C – Cálculo de disponibilidade de um sistema composto por equipamento principal, reserva e unidade de gerenciamento

### Introdução

De acordo com o Adendo F ao Volume I do Anexo X da ICAO, evidências experimentais indicam que a maioria dos equipamentos eletrônicos apresenta um comportamento, em termos de falhas, caracterizado pela “curva da banheira”.



Esta curva indica que os equipamentos estão sujeitos a uma taxa de ocorrência de falhas (por unidade de tempo):

- Grande, mas decrescente, após sua implantação. Ou seja, inicialmente se espera que haja repetidas falhas em um curto espaço de tempo. Isso é normalmente atribuído à acomodação de seus módulos ou mesmo a eventuais problemas de fabricação;
- Constante, no período considerado “vida útil” do equipamento. Ou seja, é esperado que em um longo período de operação, após uma fase inicial, haja uma quantidade de falhas praticamente igual para todos os equipamentos de um mesmo tipo. Matematicamente, observa-se que o tempo entre ocorrência de falhas segue uma distribuição de probabilidades exponencial;
- Grande e crescente, na fase considerada término de vida útil. Ou seja, após um longo período de operação, é esperado que a quantidade de falhas seja cada vez mais frequente. Isso é normalmente atribuído à fadiga generalizada de componentes devida ao efeito cumulativo de esforços (tais como aquecimento, indução de correntes, dentre outros, que ao longo do tempo podem alterar sua estrutura física).

Para a fase de vida útil dos equipamentos, é válido considerar que a probabilidade de que um equipamento esteja operando nas próximas  $t$  horas é dada por  $p[\text{operação contínua nas próximas } t \text{ horas}] = e^{-t/mtbf}$  e que a probabilidade de que sua recuperação, em caso de falha, demore ao menos  $t$  horas é  $p[\text{recuperação, em caso de falha, nas próximas } t \text{ horas}] = e^{-t/mttr}$ .

Essas premissas permitem formular (quantificar) a indisponibilidade do equipamento. Um sistema que opere, em média, durante MTBF horas entre duas falhas, e que, em caso de pane, requer um tempo médio de MTTR horas para recuperação, passará, em média, uma fração de tempo  $F = MTTR / (MTBF + MTTR)$  indisponível.

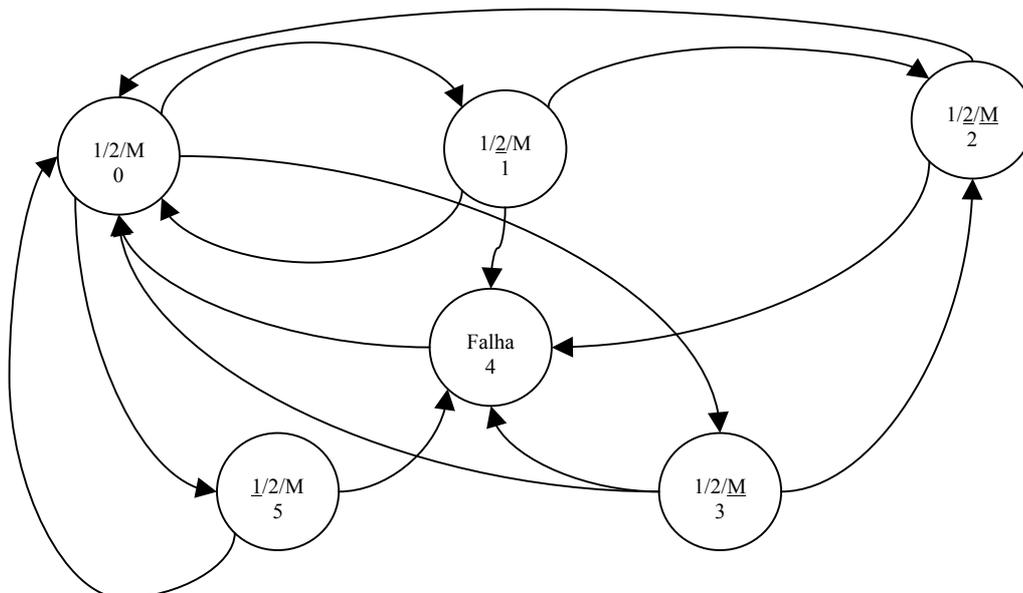
**Continuação do Anexo C – Cálculo de disponibilidade de um sistema composto por equipamento principal, reserva e unidade de gerenciamento**

Este cálculo representa uma medida significativa, que pode ser utilizada para o planejamento logístico (tanto do esforço de manutenção necessário para garantir tempos menores de recuperação de equipamentos em pane quanto da necessidade de se adquirir equipamentos com valores altos de MTBF).

Entretanto, a expressão  $F = \frac{MTTR}{(MTBF+MTTR)}$  é válida para um equipamento em configuração isolada (sem redundância). Sistemas mais complexos podem ser avaliados com o uso de Cadeias de Markov de Tempo Contínuo.

**Cálculo de Disponibilidade de Sistemas (“1 + 1”)**

Um sistema composto por equipamento principal, equipamento reserva e unidade de gerenciamento (tipicamente conhecido como configuração “1 + 1”) pode ser modelado, em termos de estados de funcionamento, com o uso de uma Cadeia de Markov de Tempo Contínuo, conforme o diagrama abaixo.



Neste diagrama, os estados são identificados pela sua numeração (número na parte inferior do círculo de um estado) e pela sua condição. Os número 1 e 2 e a letra M não sublinhados indicam que o módulo principal, o reserva e o de gerenciamento estão operando. Quando qualquer elemento desses estiver sublinhado, ele está em pane. A matriz diferencial de transição de estados é dada por:

$-\lambda_m - \lambda_2 - \lambda_1$	$\lambda_m$	0	$\lambda_2$	0	$\lambda_1$
$\mu$	$-\mu - \lambda_1 - \lambda_2$	$\lambda_2$	0	$\lambda_1$	0
$\mu$	0	$-\mu - \lambda_1$	0	$\lambda_1$	0
$\mu$	0	$\lambda_m$	$-\mu - \lambda_1 - \lambda_m$	$\lambda_1$	0
$\mu$	0	0	0	$-\mu$	0
$\mu$	0	0	0	$\lambda_2$	$-\mu - \lambda_2$

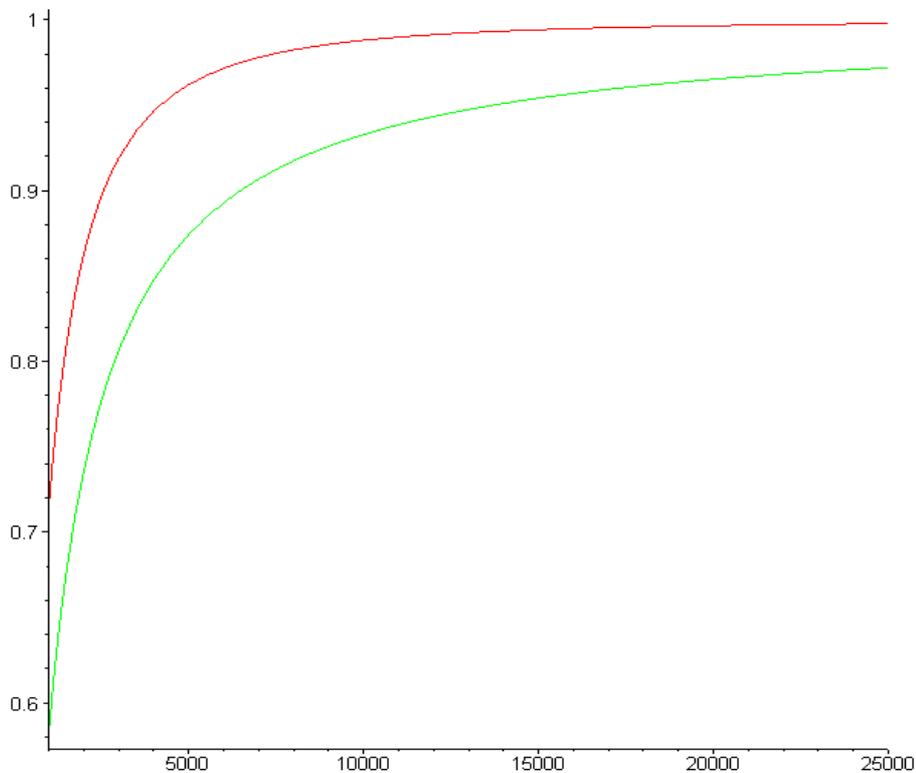
### Continuação do Anexo C – Cálculo de disponibilidade de um sistema composto por equipamento principal, reserva e unidade de gerenciamento

No caso de solução por meio do software Maple, as seguintes instruções se aplicam à identificação das probabilidades de permanência nos estados:

```
with(Student[LinearAlgebra]);
A := Matrix([[ -LM-L2-L1, S, S, S, S, S], [LM, -S-L1-L2, 0, 0, 0, 0], [0, L2, -S-L1, LM, 0, 0], [L2, 0, 0, -S-L1-LM, 0, 0], [0, L1, L1, L1, -S, L2], [1, 1, 1, 1, 1, 1]]);
v := <0,0,0,0,0,1>;
LinearSolve(A,v);
```

Além disso, a título de exemplo:

- $\lambda_1 = \lambda_2 = \lambda_m = 1 / \text{mtbf}$ ;
- $\mu = 1 / \text{mttr}$ ;
- $\text{mttr} = 720$  horas (ou seja, um mês de tempo médio de recuperação de um módulo);
- A curva superior apresenta a disponibilidade do sistema “1 + 1” e a curva inferior, a disponibilidade de equipamento sem reserva, ambas em função do MTBF dos módulos.



### Anexo D – Exemplo de Método de Dimensionamento de Redes

O método de dimensionamento é o mecanismo a ser utilizado para definir a capacidade mínima necessária de escoamento de cada enlace e a capacidade mínima de processamento de cada roteador. O método de dimensionamento deve se basear em matrizes de tráfego.

Uma matriz de tráfego IP é uma representação sucinta de uma determinada métrica para o tráfego escoado entre dois pontos da rede, Origem e Destino, os quais podem ser:

- um ponto de acesso em uma Organização Militar;
- um ponto de presença de Operadora de Telecomunicações;
- um ponto de presença de sistema de entroncamento do COMAER (por exemplo, um terminal do Telesat); e
- um roteador.

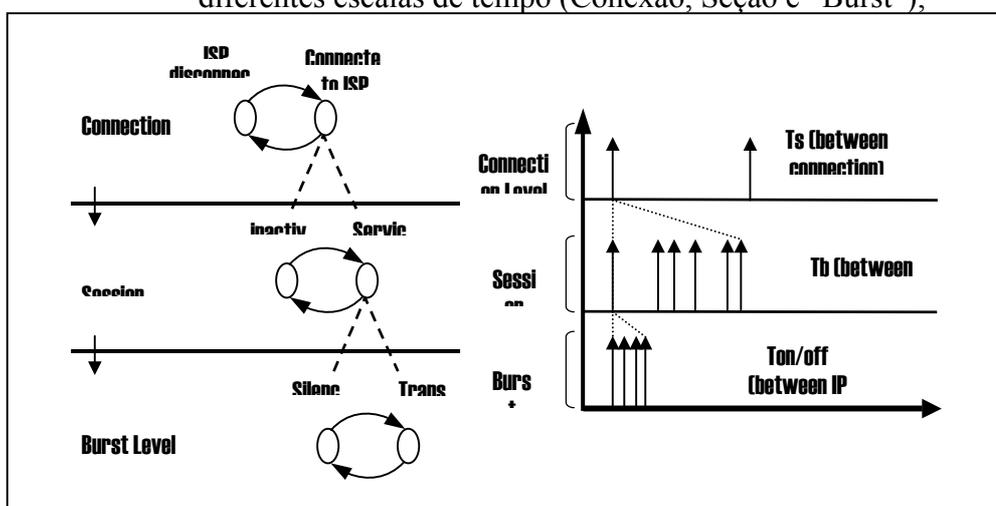
AS MÉTRICAS A SEREM CONSIDERADAS SÃO:

- taxa máxima de escoamento requerido (taxa de pico);
- taxa média de escoamento requerido (taxa média);
- atraso máximo tolerável (“delay”);
- variação máxima tolerável de atraso (“jitter”); e
- taxa máxima de perda de pacotes.

DE FORMA SUMÁRIA, O DIMENSIONAMENTO DEVE SEGUIR O SEGUINTE ROTEIRO

1º Levantar os requisitos de cada aplicação:

- uma das formas de se caracterizar as aplicações, sob a ótica de consumo de recursos de rede, pode ser baseada em modelos de tráfego “on-off”, com diferentes escalas de tempo (Conexão, Seção e “Burst”);



Seqüência temporal mostrando a aplicação do modelo “on-off” em um fluxo IP

### Continuação do Anexo D – Exemplo de Método de Dimensionamento de Redes

- b) os parâmetros essenciais para esta modelagem são as proporções de tempo em que se observam os estados “on” e “off” e as taxas de escoamento características em cada estado:
- para a escala de “burst”, o estado “on” é aquele em que há uma rajada (e no qual se observa a taxa de escoamento de pico) e o estado “off” é aquele em que há silêncio na transmissão (que pode significar uma taxa de transmissão baixa ou nula);
  - para a escala de Seção, o estado “on” é aquele em que há um nível de interação mais intensa entre aplicações clientes e servidoras ou entre aplicações pares. Por exemplo, a navegação em página web pode ser caracterizada pela emissão de requisições de páginas (tipicamente com curta duração), por parte da aplicação cliente, pela recepção de respostas (tipicamente formadas por diversos objetos), emitidas pela aplicação servidora;
  - quanto à escala de Seção, pode ser considerada ininterrupta; e
  - as taxas de escoamento são aquelas que viabilizam o tempo de resposta adequado. Para uma consulta a página da web, por exemplo, a taxa adequada pode ser aquela que permite a recepção de uma página inteira em um intervalo de tempo aceitável e confortável para o usuário, sem que se aloquem recursos (banda) absurdamente altos;
- c) considerando-se que  $P_1$  e  $P_0$  são as frações de tempo de permanência nos estados “on” e “off”, que  $V_{\max}$  e  $V_{\min}$  são as vazões nos estados “on” e “off” e que  $\gamma$  é uma constante com valores típicos entre 2 e 5, é possível calcular diversos parâmetros que permitem identificar as métricas desejadas, por meio das aproximações abaixo:

<b>Connection Level</b>	$V_{mc} = P_{0c} V_{\min} + P_{1c} V_s$ $\sigma_{con} = \sqrt{m_{con} - V_{mc}^2}$ $m_{con} = P_{0c} (V_{\min})^2 + P_{1c} (V_s)^2$ $V_c = V_{mc} + \sigma_{con} \gamma_c$
<b>Session Level</b>	$V_{ms} = P_{0s} V_{\min} + P_{1s} V_r$ $\sigma_{session} = \sqrt{m_{session} - V_{ms}^2}$ $m_{session} = P_{0s} (V_{\min})^2 + P_{1s} (V_r)^2$ $V_s = V_{ms} + \sigma_{session} \gamma_s$
<b>Burst Level</b>	$V_{mr} = P_{0r} V_{\min} + P_{1r} V_{\max}$ $\sigma_r = \sqrt{m - V_{mr}^2}$ $m = P_{0r} (V_{\min})^2 + P_{1r} (V_{\max})^2$ $V_r = V_{mr} + \sigma_r \gamma_r$

### Continuação do Anexo D – Exemplo de Método de Dimensionamento de Redes

Nota: Observando-se a expressão  $VS = V_{ms} + \sigma_{session} \times \gamma S$ , constata-se que se trata da taxa de vazão máxima, estimada por meio da adição de algumas vezes o desvio padrão ao valor médio.

2º Levantar todos os pontos Origem e Destino e montar matrizes de tráfego associando os pontos Origem e Destino às métricas de cada aplicação utilizadas ou que utilizam recursos da conexão Origem/Destino.

3º Utilizar métodos de agregação de tráfego que permitam dimensionar a vazão requerida entre Origem e Destino, de forma que todos os requisitos representados pelas métricas sejam atendidos.

- a) A forma mais fácil de se calcular a capacidade requerida de escoamento entre Origem e Destino é somar a vazão máxima requerida por todas as aplicações que injetam dados entre os dois pontos. Entretanto, isso representa a perda do ganho estatístico inerente às redes de pacotes (e que permite o emprego de entroncamentos economicamente vantajosos). Devem ser utilizadas formas de agregação melhores do que a soma das taxas máximas;
- b) Além do atendimento à vazão das aplicações, deve ser alocada capacidade de escoamento de dados do Plano de Controle (protocolos de roteamento e gerenciamento da rede); e
- c) A capacidade final dos entroncamentos deve ser sobredimensionada, de forma que atenda ao tráfego agregado, às informações de controle da rede e permita uma expansão imediata de 20%.

4º Simular o comportamento da rede, como forma de prova teórica de conceito e de demonstração de resultados junto à área operacional.