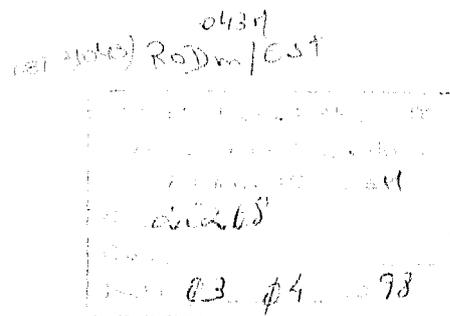


**Maria do Céu Rodrigues**

**Estudo e Especificação de uma Rede de  
Supervisão e Controlo para um Sistema  
de Comunicações Aeronáuticas**



Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do programa do curso de  
Mestrado em Engenharia Electrotécnica e de Computadores  
(Área de especialização em Telecomunicações)

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

Dissertação realizada sob a supervisão de  
Prof. Doutor José António Ruela Simões Fernandes,  
Professor Associado do Departamento de Engenharia Electrotécnica e de Computadores  
da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Ao Miguel.

---

## Resumo

---

Nesta dissertação são analisados os requisitos para a implementação de um sistema de supervisão de equipamentos relacionados com a navegação aérea e os respectivos suportes de transmissão, tendo em atenção aspectos arquitectónicos e os novos serviços de telecomunicações disponibilizados pelos operadores públicos.

É descrito todo o cenário de integração: caracterização dos requisitos de comunicações e o levantamento dos equipamentos e das informações a controlar.

Foi estudado apenas um caso particular, que pode, no entanto, ser aplicado aos outros aeroportos visto que os requisitos são similares.

São sumariamente descritas as várias tecnologias e serviços de comunicação disponíveis, focando principalmente a arquitectura e o serviço oferecido.

É feita uma avaliação em termos económicos e de desempenho das várias alternativas de modo a seleccionar a melhor solução para as ligações pretendidas.

É apresentada uma especificação técnica para o centro de supervisão e proposta a solução mais adequada para o suporte de transmissão.

---

## Abstract

---

This thesis analyses the requirements for the implementation of a system for the supervision of equipment related with aeronautical navigation as well as the respective transmission supports, paying attention to architectural aspects as well as taking into account the new services made available by the public telecommunications operators.

The integration scenario is fully described: the communications requirements and a survey of equipment and information which is to be controlled.

Only one particular case was studied, although it may be applied to the other airports as the requirements are similar.

The various services and technologies available for communication are briefly described, targeting the architecture and services.

An economic and performance evaluation is made of the various alternatives so that the best option may be chosen for the desired connections.

The technical specification for the supervision center is also presented as well as the solution thought more adequate for the transmission support.

# *Agradecimentos*

Quero expressar o meu profundo agradecimento:

Ao Prof. Doutor Ruela Fernandes, meu orientador científico, por todo o apoio dispensado ao longo da preparação desta tese e pelas várias revisões e sugestões aconselhadas.

À ANA, E.P. - DENAL - pelas condições de trabalho que me proporcionou.

À amizade e ajuda manifestada pelos meus familiares, amigos e colegas.

# Índice

---

<b>1. Introdução .....</b>	<b>1</b>
<b>2. Rede ATN .....</b>	<b>4</b>
2.1 Introdução .....	4
2.2 Características de um sistema de comunicações ATN	5
2.2.1 Parâmetros de qualidade de serviço (QOS) .....	6
2.2.2 Princípios de ligação .....	8
2.3 Arquitectura de Redes de Telecomunicações Aeronáuticas ....	10
2.3.1. Atributos de uma arquitectura de redes .....	10
2.3.2 .Serviços de comunicações .....	11
2.3.3 Organização da camada de rede .....	12
2.4 Protocolos de uma internet ATN .....	13
2.5 Subredes constituintes da rede ATN .....	13
2.5.1 Subredes de topologia geral .....	14
2.5.2 Subredes de difusão .....	14
2.5.3 Subredes móveis .....	14
2.6 Routers ATN .....	14
2.7 Descrição das operações do protocolo ATN .....	15
<b>3. Comunicações de dados aeronáuticos .....</b>	<b>17</b>
3.1 Introdução .....	17
3.2 Análise do estudo (GC,93) .....	18
3.2.1 Tecnologias de Suporte .....	19
3.2.2 Método de Implementação da Rede e sua Gestão .....	20
3.2.3 Requisitos de serviços .....	21
3.2.4 Análise de custos .....	22
3.2.5 Conclusão .....	23

3.3	Análise do estudo (ENCC,94) .....	24
3.3.1	Caracterização das classes de comunicações .....	24
3.3.2	Caracterização das soluções .....	26
3.3.3	Solução proposta para a rede de comunicações .....	27
<b>4.</b>	<b>Tecnologias e Serviços de Comunicação .....</b>	<b>30</b>
4.1	Introdução .....	30
4.2	Comunicações locais .....	31
4.2.1	LAN (Local Area Network) .....	31
4.2.2	Arquitectura IEEE 802 .....	33
4.2.3	Interligação de LANs .....	34
4.3	Comunicações Remotas .....	35
4.3.1	Rede Telefónica .....	35
4.3.1.1	Linhas Dedicadas .....	35
4.3.1.2	Eq. de integração voz e dados .....	35
4.3.2	X.25 .....	37
4.3.2.1	Arquitectura X.25 .....	37
4.3.2.2	PAD .....	38
4.3.2.3	Serviços .....	38
4.3.3	RDIS .....	40
4.3.3.1	Arquitectura .....	41
4.3.3.2	Serviços. ....	42
4.3.3.3	Comunicação de Pacotes na RDIS.....	43
4.3.3.3.1	Serviços de suporte em modo circuito...	43
4.3.3.3.2	Serviços de suporte em modo pacote.....	44
4.3.3.3.3	Serviços de suporte em modo trama.....	44
4.3.3.3.3.1	Frame switching.....	45
4.3.3.4	Exemplos de aplicação da RDIS.....	45
4.3.4.	Frame Relay .....	46
4.3.4.1	Objectivos .....	46
4.3.4.2	LAPD.....	47
4.3.4.3	Serviços .....	47
4.3.5	VSAT .....	50
4.3.5.1	Estação Central .....	51
4.3.5.2	Estações Remotas .....	51
4.3.5.3	Satélite .....	51
4.3.6	MAN .....	53
4.3.6.1	Objectivos do DQDB.....	53
4.3.6.2	Arquitectura do DQDB .....	54
4.3.6.3	Serviços .....	55
4.3.7	Fast Packet Switching .....	56

4.3.7.1 ATM .....	56
4.3.7.1.1 Arquitectura .....	56
4.3.7.1.2 Serviços .....	58
<b>5.CTS .....</b>	<b>59</b>
5.1 Introdução .....	59
5.2 Proposta de uma especificação para um CTS .....	62
5.2.1 Objectivos Gerais .....	62
5.2.2 Arquitectura do CTS .....	64
5.2.2.1 Diálogo Homem-Máquina .....	66
5.2.2.2 Cálculos a efectuar pelo sistema .....	68
5.2.2.3 Tratamento das sinalizações .....	69
5.2.2.3.1 Criação do alarme .....	69
5.2.2.4 Tratamento dos telecomandos .....	70
5.2.2.5 Pedidos de “Controlo Geral” .....	70
5.2.2.6 Config. dos Dados .....	70
5.2.2.7 Condições Ambientais .....	71
5.2.3 Gestão da lig. de comunic. entre o CTS e os PLCs.....	72
5.2.3.1 Identificação dos requisitos .....	72
5.2.3.2 Tipo de ligação .....	74
5.2.3.3 Tipo de estação .....	74
5.2.4 PLCs.....	75
5.2.4.1 Características Funcionais.....	76
5.2.4.1.1 Protocolo de Comunicação .....	76
5.2.5 Prospecção no Mercado/Consulta.....	79
5.2.5.1 Exemplo de Aplicação.....	83
5.3 Comunicações entre o CTS e os PLCs.....	85
5.3.1 Comunicação entre o CTS e o PLC - Retorta .....	85
5.3.2 Comunicação entre o CTS e o PLC - Gulpilhares.	87
5.3.3 Quadro Comparativo dos custos das soluções .....	89
5.3.4 Conclusões .....	91
<b>6. Comunicação entre o CTS e a hierarquia superior.....</b>	<b>92</b>
6.1 Introdução.....	92
6.2 Comunicação de Dados .....	93
6.2.1 Linha dedicada .....	93
6.2.2 Frame Relay .....	93
6.2.3 X25 .....	93
6.2.4 RDIS .....	93

6.2.5 VSAT com X25.....	94
6.2.6 Comparação das soluções .....	94
6.2.7 Conclusões.....	95
6.3 Integração Voz e Dados.....	96
6.3.1 Suporte para integração voz e dados.....	97
6.3.1.1 Linha dedicada.....	97
6.3.1.2 Frame Relay .....	97
6.3.1.3 RDIS.....	98
6.3.1.4 VSAT.....	98
6.3.2 Comparação de custos.....	99
6.3.3 Equipamentos de integração voz e dados.....	99
6.3.4 Conclusões.....	100
<b>7. Conclusões.....</b>	<b>101</b>
<b>Bibliografia.....</b>	<b>104</b>
<b>Anexo 1.....</b>	<b>106</b>
1. Levantamento e caracterização dos equipamentos .....	106
1.1 Noções gerais sobre equipamentos de Navegação Aérea.....	106
1.2 Levantamento e caracterização dos equipamentos .....	109
1.2.1 NDBs .....	109
1.2.2 ILS .....	110
1.2.3 VOR/DME .....	112
1.2.4 Sistema Meteorológico .....	113
1.2.5 PABX .....	114
1.2.6 AFTN/MOTNE .....	114
1.2.7 AIS .....	115
1.2.8 Fax .....	115
1.2.9 Comunicação A/G .....	115
1.2.10 Estação Radar .....	116
1.3 Resumo das ligações.....	118
<b>Anexo 2.....</b>	<b>119</b>
Custos associados às redes privadas e virtuais.....	119
<b>Anexo 3.....</b>	<b>121</b>
Nível de prioridade dos equipamentos .....	121
<b>Anexo 4.....</b>	<b>122</b>
Custos dos serviços de telecomunicações.....	122

# *Lista de Figuras*

Fig. 2.1 - Diálogo pedido/negociação/instrução.....	6
Fig. 2.2 - Ambiente de comunicação de dados aeronáuticos.....	9
Fig. 2.3 - Arquitectura protocolar da ISO.....	11
Fig. 2.4 - Arquitectura protocolar ATN.....	16
Fig. 3.1 - Solução integrada.....	28
Fig. 3.2 - Configuração física de referência.....	29
Fig. 4.1 - Topologias das LANs.....	32
Fig. 4.2 - Relação do modelo IEEE 802 com o modelo OSI.....	33
Fig. 4.3 - Relação do router com o modelo OSI.....	34
Fig. 4.4 - Multiplexagem por divisão no tempo.....	36
Fig. 4.5 - Arquitectura X.25.....	37
Fig. 4.6 - Ligação de um terminal assíncrono a uma rede X.25.....	38
Fig. 4.7 - Grupos funcionais e pontos de referência da RDIS.....	41
Fig. 4.8 - Protocolos RDIS na interface utilizador rede.....	41
Fig. 4.9 - Modelo de protocolos com comutação de pacotes.....	42
Fig. 4.10 - Arquitectura de protocolos na interface utilizador-rede....	45
Fig. 4.11 - Campo de endereços da trama LAPE .....	47
Fig. 4.12 - Notificação de congestão explícita.....	49
Fig. 4.13 - Gestão da banda passante.....	49
Fig. 4.14 - Arquitectura DQDB.....	54
Fig. 4.15 - Estrutura do slot.....	55
Fig. 4.16 - Arquitectura ATM.....	57
Fig. 4.17 - Classes de serviços suportados pela camada AAL.....	58
Fig. 5.1 - Interligação das estações e aeroportos da FIR de Lisboa...	60
Fig. 5.2 - Funções de um sistema de automação e telecontrolo.....	61
Fig. 5.3 - Sinóptico dos equipamentos do ASC e ligações.....	63
Fig. 5.4 - Arquitectura do sistema.....	65
Fig. 5.5 - Proposta de configuração para o sistema CTS-PLCs.....	73
Fig. 5.6 - Ligação ponto a ponto.....	75

Fig. 5.7 - Confirmação das mensagens.....	77
Fig. 5.8 - Função estabelecimento de chamada.....	78
Fig. 5.9 - Exemplo da Avelada.....	83
Fig. 6.1 - Ligação entre o CTS e a hierarquia superior.....	92
Fig. 6.2 - Exemplo da ligação por X.25.....	93
Fig. 6.3 - Exemplo da ligação por VSAT com X.25.....	94
Fig. 6.4 - Exemplo da ligação por linha dedicada 64 kbps.....	97
Fig. 6.5 - Exemplo da ligação por Frame Relay.....	97
Fig. 6.6 - Exemplo da ligação através de acesso básico RDIS.....	98
Fig. 6.7 - Exemplo da ligação por VSAT.....	98

# *Lista de Tabelas*

Tabela 3.4 - Relação das soluções com o custo.....	23
Tabela 3.5 - Requisitos de qualidade dos serviços de voz.....	25
Tabela 3.6 - Tipificação de níveis de serviço de comunicação de dados.....	25
Tabela 3.7 - Fluxos de informação entre Lisboa e restantes locais ANA (kbps).....	29
Tabela 5.2 - Número de entradas e saídas dos PLCs.....	75
Tabela 5.4 - Custos dos serviços de telecomunicações para a estação da Retorta.....	89
Tabela 5.5 - Custos dos serviços de telecomunicações para a estação de Gulpilhares.....	89
Tabela 5.6 - Avaliação das diferentes tecnologias de suporte.....	90
Tabela 6.1 - Comparação dos custos de comunicações.....	94
Tabela 6.2 - Necessidades de largura de banda (kbps).....	96
Tabela 6.3 - Custos das soluções de comunicações (64 kbps).....	99
Tabela 3.1 - Custos associados à rede privada com redundância via satélite e VSAT na ligação CCTAL-AFU.....	119
Tabela 3.2 - Custos associados à rede virtual fornecida pela TELEPAC.....	120
Tabela 3.3 - Custos associados à rede virtual fornecida pela COMNEXO.....	120
Tabela 5.1 - Nivel de prioridades/Tipo de equipamento.....	121
Tabela 5.3 - Custos RDIS.....	122
Tabela 5.7 - Valores do preçário fornecido pelo operador público para o serviço de comunicação de dados (X.25, X.28)	123
Tabela 5.8 - Valores do preçário fornecido pelo operador público para o serviço de comunicação Frame Relay.....	124

# *Lista de Abreviaturas*

ACC	<i>Air Traffic Control Center</i>
AFR	Aeroporto de Faro
AFU	Aeroporto do Funchal
AFTN	<i>Aeronautical Fixed Telecommunication Network</i>
ANA	Aeroportos Navegação Aérea
ANSI	<i>American National Standard Institute</i>
ARO	<i>Air Traffic Reporting Office</i>
ASC	Aeroporto Sá Carneiro
ASTERIX	<i>All Purpose Standard Eurocontrol Radar Information Exchange</i>
ATM	<i>Asynchronous Transfer Mode</i>
CMA	Centro Meteorológico
CTS	Centro Técnico de Supervisão
CIR	<i>Committed Information Rate</i>
CSMA/CD	<i>Carrier Sense Multiple Access/Colision Detection</i>
DCE	<i>Data Circuit - terminating equipment</i>

EUROCONTROL	<i>European Organization for the Safety of Air Navigation</i>
FCS	<i>Frame Check Sequence</i>
FRAD	<i>Frame Relay Access Device</i>
GP	<i>Glide Path</i>
ICAO	<i>International Standards Organization</i>
IEEE	<i>Institute of Electrical and Electronic Engineers</i>
ILS	<i>Instrument Landing System</i>
ISO	<i>International Standards Organization</i>
ITU-T	<i>International Telecommunication Union- Telecommunication Standardization Sector</i>
LAN	<i>Local Area Network</i>
LLC	<i>Logical Link Control</i>
LAPD	<i>Link Access Procedure on D channel</i>
LLZ	<i>Localizer</i>
MAC	<i>Medium Access Control</i>
MAN	<i>Metropolitan Area Network</i>
MAD	<i>Madeira</i>
MM	<i>Middle Marker</i>
MOTNE	<i>Meteorological Operational Telecommunication Network</i>
NDB	<i>Non Directional Beacon</i>
NOTAM	<i>Notice to airmen</i>

NT	<i>Network Terminal</i>
OM	<i>Outer Marker</i>
OSI	<i>Open Systems Interconnection</i>
RDIS	Rede Digital com Integração de serviços
RMCDE	<i>Radar Messages Conversion and Distribution Equipment</i>
PC	<i>Personal Computer</i>
PCM	<i>Pulse Coded Modulation</i>
PG	Identificação em código Morse de um NDB
POR	Identificação em código Morse De um NDB
PPCA	Posto Privado de Comutação Automática
RFN	Rede de Fonia Nacional
SAP	<i>Service Acess Point</i>
SCADA	<i>Supervisory Control and Data Acquisition</i>
SOA	Serviços de operação aeroportuários
TA	<i>Terminal equipment</i>
TE	<i>Terminal Equipment</i>
TCP/IP	<i>Transport Control Protocol/Interface Protocol</i>
TCD	<i>Technical Control Desk</i>
TWR	<i>Torre de controlo</i>
VOR	<i>Very high frequency Omnidireccional Range</i>

# Capítulo 1

---

## Introdução

---

Com o objectivo de interligar um número elevado e diversificado de sistemas de computadores a comunidade da aviação civil necessita de uma rede global. A infraestrutura desenvolvida com esta finalidade pela ICAO (*International Civil Aviation Organization*) é a ATN (*Aeronautical Telecommunication Network*).

A ATN tem como objectivo permitir a interoperação das ligações de dados ATS (sistemas de tráfego aéreo) de sistemas móveis (aeronaves) e fixos.

A solução recomendada é a aplicação do modelo OSI, da ISO, para as ligações de dados aeronáuticos. Assim a ATN deverá suportar as comunicações entre os computadores principais do meio aeronáutico (centros de controlo de tráfego aéreo ↔ aeronaves). As recomendações da arquitectura desta rede estão descritas no manual da ATN (ATN91), publicado pela ICAO, e servem de guia para a sua criação, para utilizadores do sistema e para fornecedores dos serviços.

Portugal, como membro da ICAO, deverá respeitar estas recomendações; surge assim a necessidade de reestruturar a nível interno todos os serviços administrativos e técnicos da ANA, E.P. (entidade pública responsável pela gestão dos aeroportos e do espaço aéreo português), de modo a uniformizar todas as infraestruturas possibilitando a integração na futura rede ATN.

Existem pelo menos dois estudos sobre esta matéria, o primeiro realizado internamente designado por “Estudo da estratégia de implementação de uma Rede de Comunicações de Dados Aeronáuticos por Comutação de Pacotes

em Portugal” (Estudo 1) e o segundo realizado por uma entidade externa designado por “Estudo das Necessidades e Custos de Comunicações da ANA, E.P.” (Estudo 2); ambos incluem os dados operacionais e administrativos.

Actualmente, a estratégia da empresa é a separação da informação administrativa da informação operacional.

A informação operacional é proveniente dos equipamentos adstritos à navegação aérea. Esses equipamentos estão instalados localmente (na área do respectivo aeroporto) e remotamente (distância de alguns km do respectivo aeroporto), não existindo nenhum sistema de supervisão e controlo (excepto o aeroporto de Lisboa, caso em que são cobertos apenas alguns equipamentos).

Surge assim a necessidade de implementar o projecto de supervisão técnica de sistemas. O funcionamento integrado destes sistemas torna possível o conhecimento do estado de funcionamento de todos os equipamentos ligados a um determinado aeroporto e na globalidade em toda a FIR (*Flight Information Region*) de Lisboa.

Este trabalho apenas trata da informação operacional e estuda as necessidades, ao nível do aeroporto (1º escalão), para implementar o Centro de Supervisão e Controlo que será ligado à hierarquia superior, Lisboa (2º escalão) e, numa perspectiva de evolução, esta hierarquia deverá ser ligada à futura ATN (3º escalão).

Este estudo está organizado em 7 capítulos.

O segundo capítulo explica de um modo sumário os princípios da arquitectura de redes de telecomunicações aeronáuticas (ATN).

O terceiro capítulo aborda os estudos efectuados anteriormente com as respectivas conclusões e resume os requisitos das comunicações aeronáuticas.

O quarto capítulo faz um breve resumo das principais tecnologias e serviços de telecomunicações actualmente disponíveis (RDIS, *Frame Relay*, X.25, VSAT, LAN, MAN, circuitos dedicados e comutados), com o objectivo de seleccionar a melhor solução nas ligações entre as unidades remotas e o CTS e entre o CTS e a hierarquia superior, de acordo com critérios definidos.

O quinto capítulo estuda o caso do aeroporto do Porto. Este caso pode ser aplicado a todos os outros aeroportos porque são idênticos nos equipamentos e nas informações.

Este capítulo está subdividido em 2 partes:

- a primeira, é uma proposta de especificação do Centro de Supervisão e controlo (CTS) localizado no aeroporto;
- a segunda estuda as diversas soluções de telecomunicações entre as unidades remotas e o CTS.

O sexto capítulo é dedicado à ligação do CTS à hierarquia superior (só ligação de dados) e à hipótese de integração de voz e dados operacionais, de todas as ligações existentes entre o Porto e Lisboa.

No sétimo e último capítulo são extraídas algumas conclusões e são apresentadas perspectivas para fases posteriores do projecto.

# Capítulo 2

---

## ATN - Rede de Telecomunicações Aeronáuticas

---

### 2.1 Introdução

A infraestrutura necessária para suportar a interligação de sistemas de gestão de tráfego aéreo automatizados constitui uma *internet* e é formada pela interligação, através de *routers* ou *gateways*, de subredes reais.

Isto permite a construção de uma rede de dados virtual, homogénea, num ambiente diversificado, administrativo e técnico. Dado o desejo de interligar este vasto e diversificado conjunto de sistemas de computadores a comunidade da aviação civil necessita de uma rede global. A infraestrutura desenvolvida com esta finalidade pela ICAO (*International Civil Aviation Organization*) é a ATN (*Aeronautical Telecommunication Network*).

A ATN tem como objectivo permitir a interoperação das ligações de dados ATS (sistemas de tráfego aéreo) de sistemas móveis (aeronaves) e fixos.

A solução recomendada é a aplicação do modelo OSI, da ISO, para as ligações de dados aeronáuticos. As recomendações da arquitectura desta rede estão descritas no manual da ATN, publicado pela ICAO, e servem de guia para a sua criação, para utilizadores do sistema e para fornecedores dos serviços.

## 2.2 Características de um sistema de comunicações ATN

Todas as aplicações suportadas pela ATN devem seguir as mesmas regras normalizadas para assegurar que todas as mensagens sejam entregues de forma eficiente e na ordem correcta.

É necessária a identificação do tipo de transferência de dados realizada pela ATN para designar o procedimento apropriado. Um dos métodos usados é descrito em termos de tipos de diálogo: instruções e pedidos de diálogo.

Para que uma rede de comunicações determine e forneça o serviço necessário, os dados do utilizador final têm de ser acompanhados pelos parâmetros de qualidade de serviço (QOS) e informação de endereçamento.

### Características do diálogo

O diálogo é definido como uma troca de mensagens e/ou ficheiros entre dois utilizadores finais. Existem quatro tipos de diálogo:

- instrução - são as instruções ATC (*Air Traffic Control*), iniciadas sempre na subrede terrestre;
- pedido - pode ser iniciado em qualquer dos dois sistemas (terrestre ou aéreo), a aquisição dos dados meteorológicos é um exemplo deste tipo de diálogo;
- pedido/instrução - só é iniciado no sistema aéreo porque a instrução é a resposta ao pedido, ex. pedido de uma trajectória para um voo (*deck flight*);
- pedido/negociação/instrução (Fig. 2.1) - Se a trajectória pedida não for aceite pelo ATC, é iniciada uma negociação, e se houver acordo o diálogo é finalizado com uma instrução.

O diálogo é caracterizado por dois parâmetros que podem ser usados na determinação de QOS: tempo de diálogo e prioridade de diálogo.

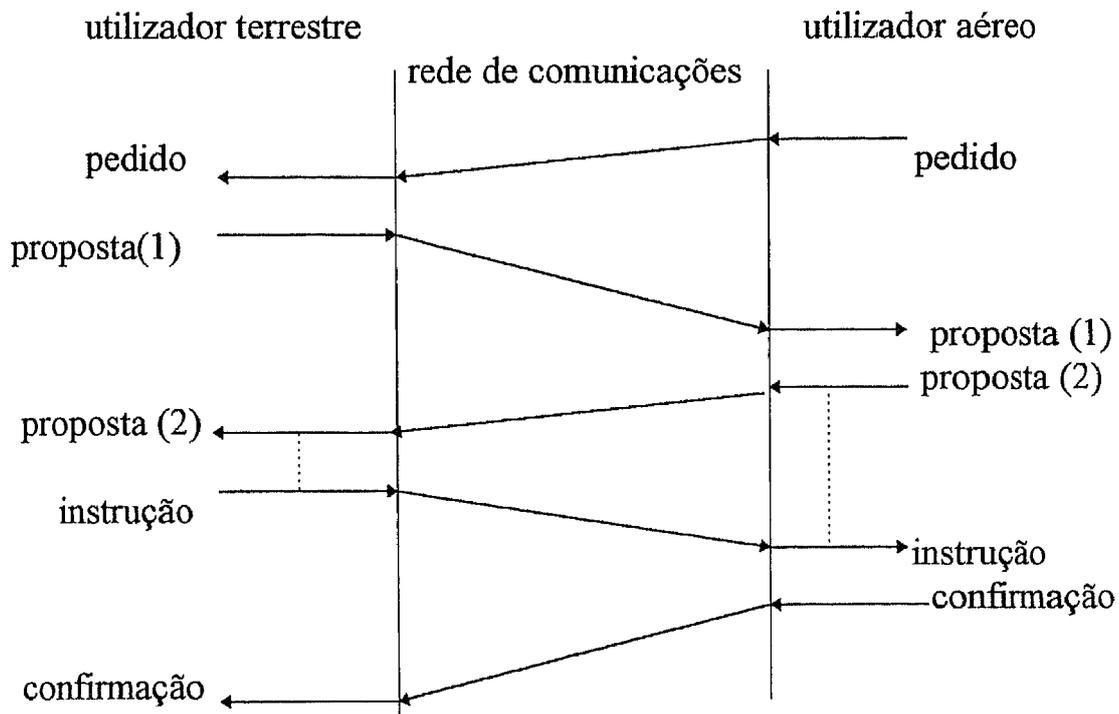


Fig. 2.1 - Diálogo pedido/negociação/instrução

### 2.2.1 Parâmetros de qualidade de serviço (QOS)

#### → Frequência de transferência

A frequência de transferência é definida como o número total de mensagens e ficheiros transferidos por unidade de tempo e por utilizador. É um parâmetro específico do utilizador final e pode estar dependente das seguintes condições:

- densidade de tráfego;
- nível de automatização;
- fase de voo;
- requisitos operacionais locais.

### → Débito de informação (*Throughput*)

É determinado pela transferência e comprimento de mensagens e/ou ficheiros geradas pela função ATS.

### → Prioridade

A rede deve determinar a sequência de mensagens e/ou ficheiros tendo como base a prioridade exigida. A prioridade deve ser indicada durante a fase de estabelecimento da ligação. Existem dois tipos de prioridade:

- prioridade estática: relaciona o tipo de informação que tem de ser transferida por qualquer rede de comunicações. Esta prioridade está definida no artigo 51 da *ITU Radio Regulations*.
- prioridade dinâmica: está relacionada com a situação em que determinada informação tem de ser transferida.

### → Atraso na transferência

É definido como o tempo total necessário para transferência de uma mensagem/ficheiro entre o utilizador emissor e o utilizador receptor. Numa rede este é um valor variável mas, em certas configurações de subredes, é possível determinar o atraso mínimo tendo em conta:

- o tempo de processamento mínimo nas *gateways* e no equipamento de processamento,
- as características da subrede (atraso de acesso ao *link*).

### → Fiabilidade

É definida como sendo a probabilidade de um utilizador final receber uma mensagem/ficheiro correctamente.

### → Distribuição de mensagens

- a ATN pode entregar as mensagens de um comprimento arbitrário, segmentando-as e combinando-as consoante a taxa máxima de transferência de dados usada por cada uma das subredes individuais da ATN;

- a ATN deve distribuir os dados de um modo seguro, devendo o utilizador ser informado se a entrega não for possível;
- o utilizador final não necessita de especificar a rota necessária para chegar ao destino o que implica que a ATN deve manter as tabelas de encaminhamento dinâmico actualizadas;

- a ATN só necessita da informação de endereço, dos dados e dos parâmetros de qualidade de serviço especificados para executar as suas funções.

### 2.2.2 Princípios de ligação

O ambiente de comunicação de dados aeronáuticos é descrito como uma arquitectura de subredes (Fig. 2.2), porque este tipo de arquitectura oferece uma grande flexibilidade na topologia, gestão e controlo de cada subrede independente e permite que cada uma seja optimizada dentro do seu próprio ambiente.

A transferência de dados através de uma *internet* aeronáutica é suportada por três tipos de redes de comunicação de dados:

- 1 - subredes das aeronaves
- 2 - subredes terrestres
- 3 - subredes terra-ar

#### ▪ 1 - Subredes das aeronaves

As aeronaves irão incorporar uma ou mais subredes internas que interligarão os vários processadores necessários para a operação dos sistemas de voo (processadores de visualização de dados, processadores de entrada de dados e computadores de gestão de voo). Quando for necessária uma operação entre redes, cada processo de aplicação da aeronave pode ter acesso a um ou mais processos de comunicação de dados das subredes terrestres e por isso à sua respectiva subrede terra-ar.

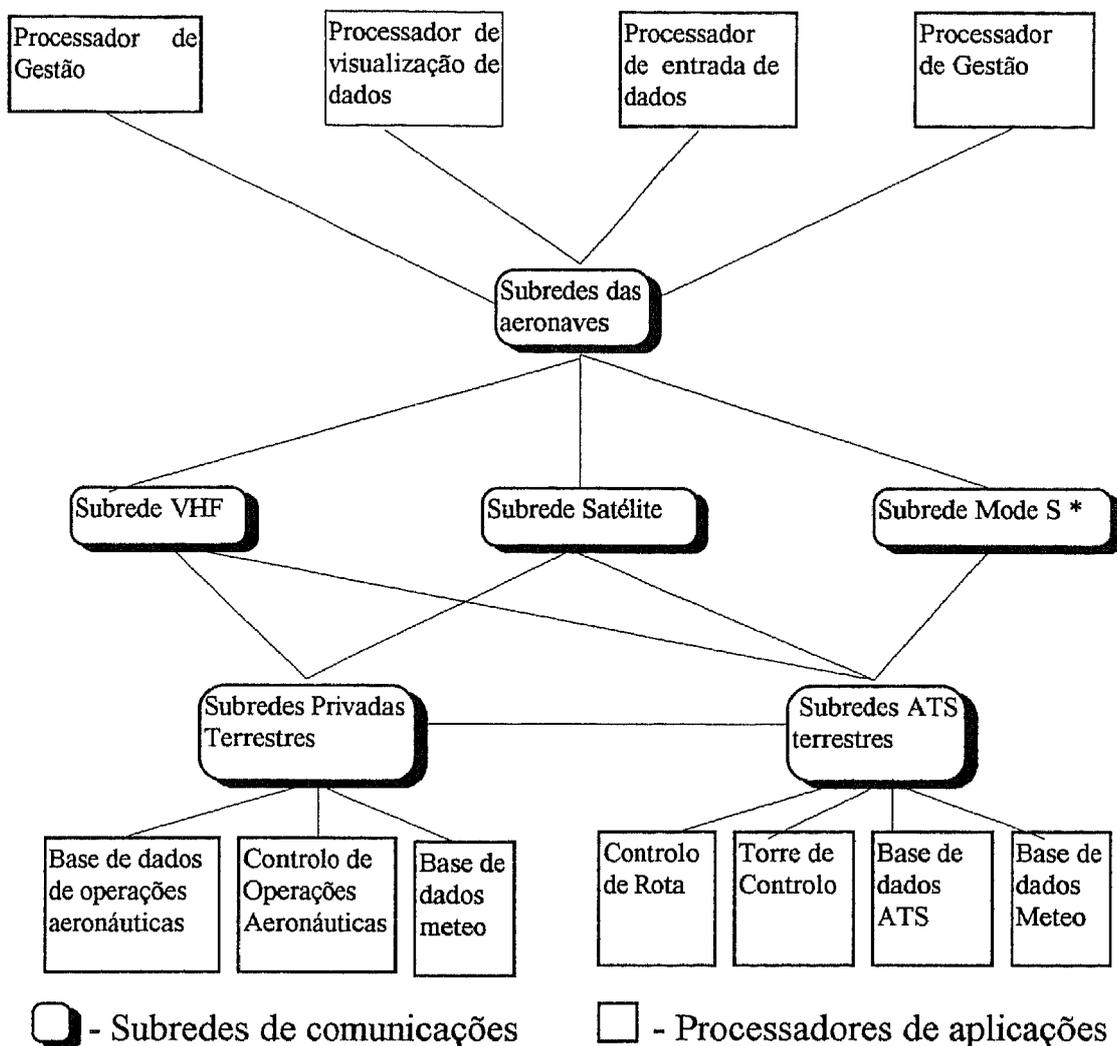


Fig. 2.2 - Ambiente de comunicação de dados aeronáuticos

**\* Mode S**

A interrogação Mode S aumenta o desempenho dos radares secundários em termos de vigilância, que é a função do sensor radar e torna possível a ligação digital de dados entre os computadores de terra e das aeronaves.

**▪ 2 - Subredes terrestres**

Estas subredes fornecem a interligação entre processos de aplicação e comunicação, de modo a aceder a processos de aplicação residentes nas aeronaves. Para os serviços de tráfego aéreo, estas subredes têm características físicas e lógicas diferentes, embora servindo o objectivo comum de interligar os vários processos de aplicação: meteorológicos, controlo de tráfego aéreo de rota, etc.

### ▪ 3 - Subredes terra-ar

As subredes terra-ar servem para transferir mensagens das subredes terrestres para as subredes das aeronaves e vice-versa.

A interligação de subredes, pelo facto de serem entidades físicas, lógicas e administrativas diferentes, é feita através da instalação de *routers*.

## **2.3 Arquitectura de Redes de Telecomunicações Aeronáuticas**

A arquitectura de uma rede de telecomunicações aeronáuticas, baseada no modelo OSI, engloba requisitos de serviço, protocolos e endereçamento, necessários na rede aeronáutica.

O primeiro objectivo é assegurar a interoperação das comunicações nos processos entre computadores principais do meio aeronáutico (em ambientes baseados nas aeronaves - ar e nos centros de controlo de tráfego aéreo - terra). Para isso esta arquitectura define requisitos para a implementação de redes de comunicação e pilhas protocolares nos *routers* e nos computadores hospedeiros (*hosts*).

### **2.3.1. Atributos de uma arquitectura de redes**

As técnicas de transferências de mensagens entre participantes das subredes devem ser independentes do protocolo e dos esquemas de endereçamento próprios de cada subrede participante. Isto implica que todos os participantes devem estar interligados através de *routers* obedecendo a convenções standards comuns:

- todos os *routers* devem utilizar um protocolo standard comum, incluindo uma definição comum dos parâmetros de qualidade de serviço;
- todos os *routers* devem trocar informações sobre rotas usando um protocolo standard comum de troca de informações de rotas;
- todos os *routers* devem utilizar um esquema comum de endereçamento global;
- todas as subredes interligadas devem transportar de forma transparente o protocolo *internet* ATN, o protocolo de encaminhamento e os formatos de endereçamento global.

A Fig. 2.3 mostra a arquitetura baseada no modelo OSI, usando o ambiente entre redes aeronáuticas.

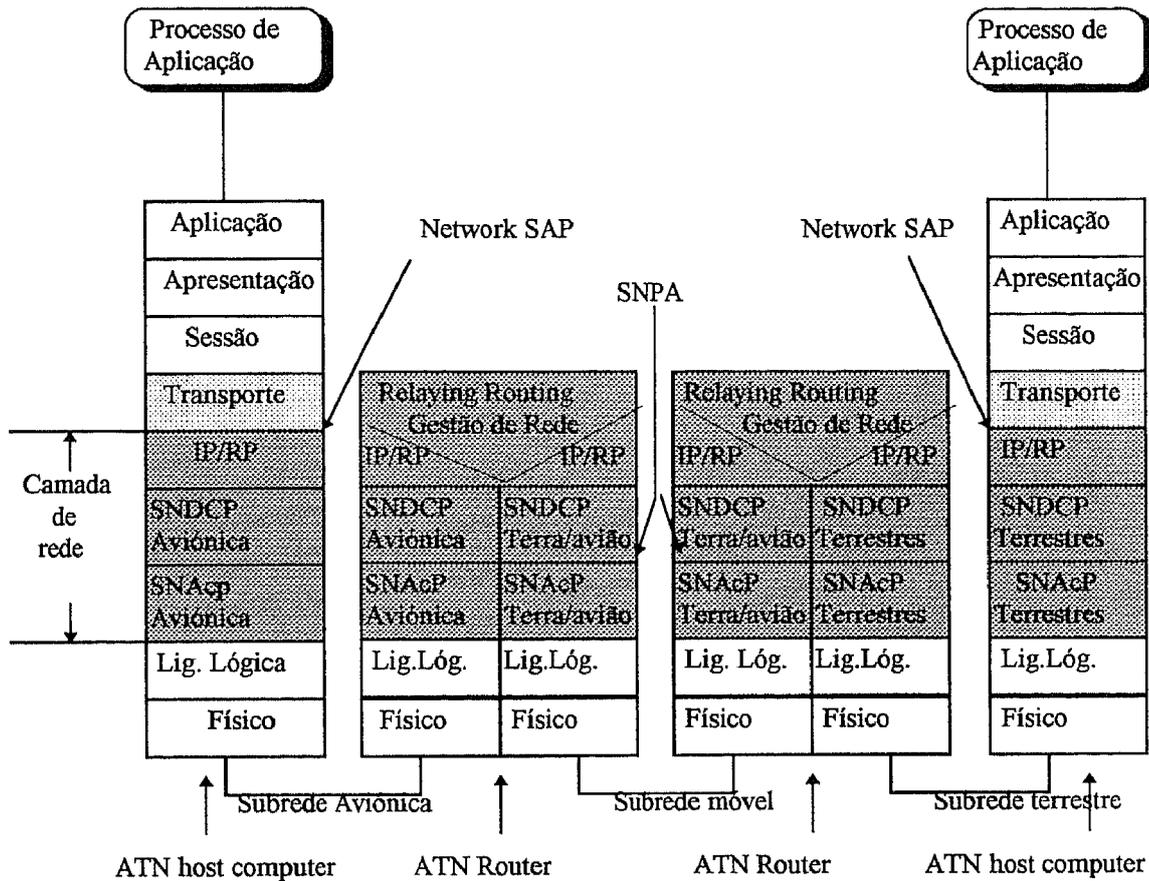


Fig. 2.3 - Arquitetura protocolar da ISO

### 2.3.2 Serviços de Comunicações

Os serviços de comunicações de qualquer das sete camadas podem na generalidade usar uma de duas técnicas para a transfêrencia de SDUs (*Service Data Unit*) entre processos em comunicação:

*connectionless* - não existe associação explícita entre os PDUs utilizados na transferência de dados entre os utilizadores. Cada PDU contém no campo PCI (*protocol control information*) os endereços das entidades de origem e destino e os parâmetros de qualidade de serviço e encapsula o SDU da camada superior (*service data unit* - conteúdo dos dados).

*connection-oriented* - estabelece uma relação entre processos em comunicação associando logicamente a sequência de PDUs contidos em cada mensagem. Necessita apenas de uma transferência dos endereços de origem e destino e dos parâmetros de qualidade de serviço (requer menor largura de banda) para estabelecer a ligação; os PDUs são transferidos usando o identificador de ligação. Este modo de operação implica maior complexidade nos nós de comunicação (para reter os endereços e a QOS, assim como variáveis de estado).

### 2.3.3 Organização da camada de rede

A camada de rede é responsável por fornecer uma interface de serviço uniforme de transferência de dados entre sistemas intermédios e terminais. Para isso a ISO definiu subcamadas referidas na Fig. 2.3:

- Convergência independente da subrede;
- Convergência dependente da subrede;
- Acesso à subrede.

A subcamada de convergência, independente da subrede inclui um protocolo *internetwork* (IP), protocolos de encaminhamento (RP), protocolos de gestão e uma função de relé (*relay*). A subcamada *internetwork* é responsável pela realização de funções de encaminhamento e relé em todas as subredes reais que formam a *internet*.

A subcamada de acesso à subrede engloba o protocolo de acesso à subrede (SNAcP).

Estas duas subcamadas operam em conjunto para fornecer uma interface de serviço de rede uniforme, para os processos da camada de transporte.

Se o protocolo IP não puder operar directamente sobre o protocolo SNAcP disponível, então é necessário um protocolo de convergência SNDCP, que poderá estar associado ao IP ou ao protocolo de acesso à subrede (SNAcP).

Sistemas intermédios são constituídos apenas pelas três camadas protocolares inferiores; são os casos das *gateways* e dos *relay systems*.

Os sistemas terminais contêm as 7 camadas protocolares.

A Fig.2.3 indica dois pontos de acesso a um serviço de rede; um NSAP é um ponto de acesso ao serviço de rede OSI e denota o ponto em que o

serviço de rede ATN *connectionless* é fornecido ao utilizador de serviço ATN (protocolo de transporte).

O SNPA (*Subnetwork Point of Attachment*) é o ponto de acesso a uma subrede constituinte e indica o ponto em que o serviço de subrede é fornecido ao conjunto de protocolos internet ATN (IP, gestão e encaminhamento).

## 2.4 Protocolos de uma *internet* ATN

Uma *internet* ATN inclui um número de *routers* interligados e várias sub-redes de comunicação que suportam comunicação de dados entre os computadores principais que implementam os protocolos *internet* ATN. Estes protocolos operam dentro do nível 3 do modelo OSI (camada de rede). Todos os NPDU's da *internet* ATN (isto é, os pacotes) são encapsulados dentro de PDU's apropriados da subcamada de acesso à subrede para transferência entre entidades da rede ATN. Cada cabeçalho do protocolo *internet* ATN transporta um único código de identificação, permitindo ao *router* ATN receptor ou ao *host computer* processar correctamente o cabeçalho e o conteúdo de dados que possam estar associados.

Todos os protocolos ATN internet são *connectionless*, por isso qualquer informação necessária para ser processada num NPDU é transportada dentro do cabeçalho desse NPDU.

A fiabilidade na transferência de dados extremo a extremo é a função da camada de transporte do modelo OSI; qualquer protocolo de transporte que opere dentro do ambiente ATN deve ser capaz de operar correctamente usando o serviço *connectionless* da camada de rede.

## 2.5 Subredes constituintes da rede ATN

Subredes constituintes são as que interligam *routers* ATN e *host computers* com o objectivo de transportar protocolos *internet* ATN entre eles. A característica mais importante destas subredes é o seu modo de serviço, *connectionless*. Se for um requisito da subrede, o modo *connection oriented* pode ser utilizado através da implementação de uma função de convergência apropriada. Podem considerar-se três tipos de subredes:

- 1- subredes de topologia geral;
- 2 - subredes de difusão (*broadcast*);
- 3 - subredes móveis.

### 2.5.1 Subredes de topologia geral

Topologias gerais (em malha) são tipicamente usadas em WANs, com o objectivo de interligar *routers* e *host computers* geograficamente dispersas. Podem ser internamente constituídas por entidades de comutação de pacotes complexas, ou simplesmente por linhas dedicadas ponto a ponto. Normalmente as redes públicas de dados baseadas na norma X.25 estão inseridas nesta categoria. As redes privadas de dados baseadas no standard CIDIN (*Common ICAO Data Interchange Network*) também pertencem a esta categoria.

### 2.5.2 Subredes de difusão (*broadcast*)

As LANs constituem um exemplo de subredes deste tipo permitindo interligar *routers* ou *host computers* dentro de uma área geográfica pequena, com elevados débitos e com atrasos curtos. Estas redes são tipicamente baseadas em topologias em anel, estrela ou bus fornecendo simples mecanismos de entrega de pacotes simultaneamente a múltiplos endereços locais.

### 2.5.3 Subredes móveis

Normalmente estas subredes são classificadas como sendo de topologia geral ou de difusão, mas na rede ATN são tratadas como uma classe separada por razões de eficiência de protocolo. Estas subredes utilizam como meio de transmissão o espaço (banda UHF/VHF, satélite, SSR- radar secundário de vigilância); mas a largura de banda do meio disponível tende a ser extremamente restrita, o que conduz ao uso de protocolos de conservação de largura de banda tal como é usado nas subredes de topologias gerais. Daqui resulta que as subredes móveis são tratadas como subredes de difusão em termos de cobertura necessitando de protocolos de acesso *connection oriented* para uso eficiente da largura de banda do meio.

## 2.6 Routers ATN

Numa *internet* ATN as subredes constituintes são interligadas por *routers* ATN. Cada *router* ATN é ligado a duas ou mais subredes, aparecendo para cada subrede como uma entidade endereçável localmente dentro dessa subrede. Os *routers* ATN concatenam ligações das subredes de modo a formar um percurso extremo a extremo para pacotes ATN entre ATN *host computers* em comunicação.

A *internet* ATN usa procedimentos de encaminhamento distribuídos e adaptativos, o que significa que cada *router* ATN é capaz de determinar a topologia *internet* ATN sem necessitar da base de dados de encaminhamento, e é capaz de se adaptar rapidamente a qualquer mudança na topologia. A topologia *internet* ATN é representada pela informação na base de informação de encaminhamento (RIB) contida dentro de cada *router* ATN. Esta RIB é inicializada e mantida numa base dinâmica através dos protocolos RP entre os sistemas intermédios e globais. O *router* ATN seguinte reduz o RIB para FIB (*forwarding information base*) que contém o conjunto de percursos seguintes para chegar ao destino.

## 2.7 Descrição das operações do protocolo ATN

A arquitectura protocolar ATN está dividida em módulos lógicos, constituindo uma adaptação do modelo de referência OSI ao ambiente das redes aeronáuticas (Fig.2.4):

- 1 - operações de subrede (ligação física e ligação lógica);
- 2 - operações inter-rede (encaminhamento e *relaying*);
- 3 - operações de transporte;
- 4 - operações das camadas superiores (sessão apresentação e aplicação).

A interface A define a transferência de dados entre a entidade *internetwork* e a subrede aeronáutica desejada.

A interface B define a transferência de dados entre a entidade de transporte e a entidade *internetwork*.

A interface C, interface de transporte, define a transferência de dados entre as entidades das camadas superiores e a entidade de transporte.

A entidade *internetwork* realiza todas as funções de encaminhamento dentro da arquitectura protocolar ATN e é responsável pela determinação do endereço NSAP e pela selecção do percurso na subrede, enquanto que a entidade de subrede realiza a transferência da informação de supervisão e dos pacotes de dados dentro do ambiente de rede local (transportam a informação do endereço NSAP de um modo transparente).

A adopção de normas para as interfaces A, B, e C dentro da arquitectura ATN permite a evolução do sistema de comunicação sem forçar mudanças nas operações de subrede, *internetwork* ou nas camadas superiores.

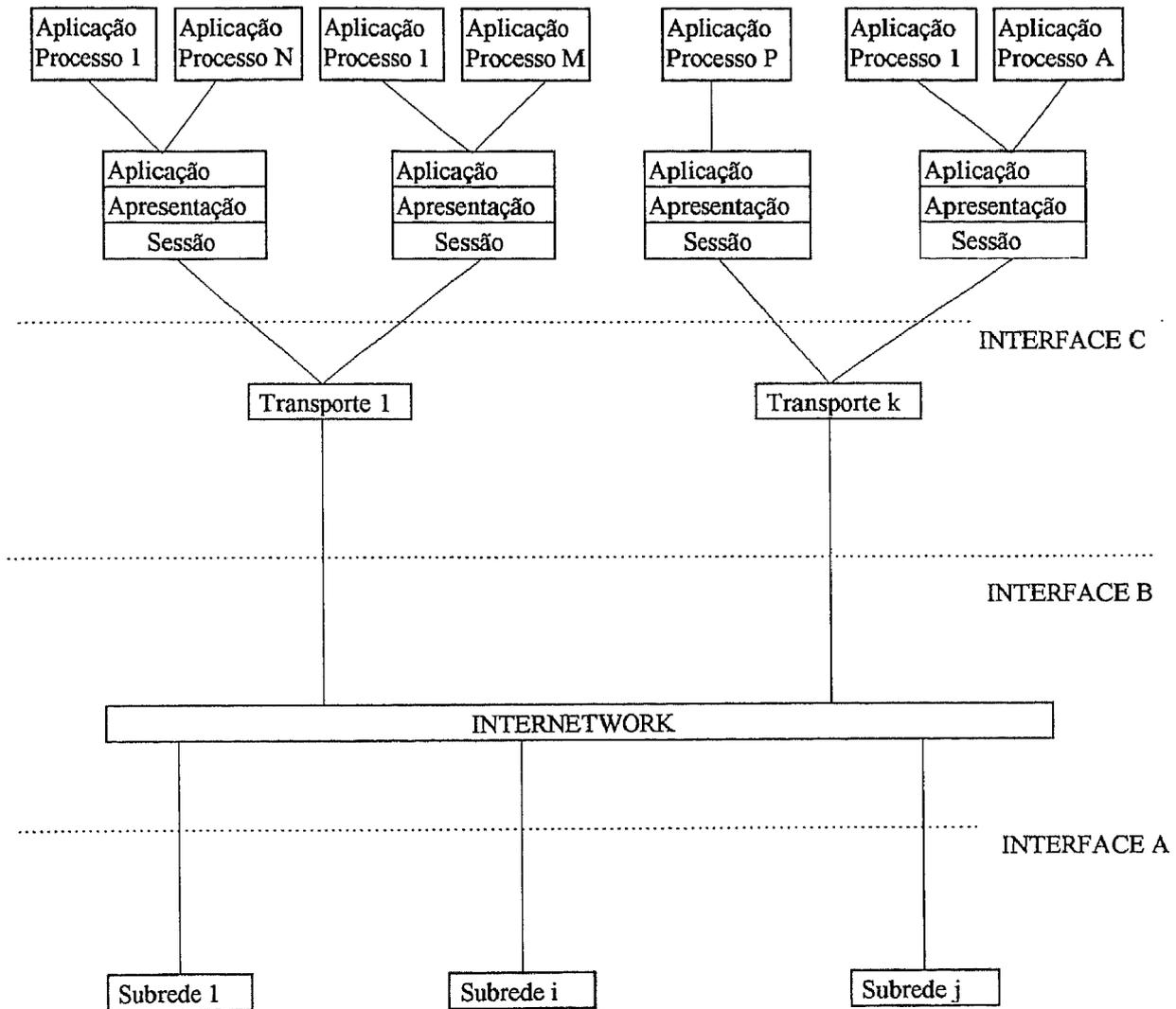


Fig. 2.4 - Arquitectura protocolar ATN

# Capítulo 3

---

## Comunicações de dados aeronáuticos

---

### 3.1 Introdução

Os aspectos mais significativos da evolução dos requisitos de telecomunicações aeronáuticas são:

- infra-estruturas tecnológicas a adoptar,
- padrões de qualidade de serviço adequados às exigências da navegação aérea,
- custos financeiros de investimento e exploração das comunicações,
- ligação à rede ATN (*Aeronautical Telecommunications Network*).

Pelo facto de ainda se utilizarem soluções tradicionais que são obsoletas e onerosas, foi prevista em 1993 a implementação de uma rede de Comunicações de Dados Aeronáuticos por Comutação de Pacotes para satisfazer as necessidades actuais e evoluir de um modo gradual para a futura ATN.

Esse estudo, realizado pela A.N.A. e designado por “Estudo da estratégia de implementação de uma Rede de Comunicações de Dados Aeronáuticos por Comutação de Pacotes em Portugal” (Estudo 1) concluiu que uma Rede Privada Virtual seria a melhor solução.

Em 1994, foi realizado outro estudo designado por “Estudo das necessidades e custos de comunicações da A.N.A.”(Estudo 2), em que foram analisados e caracterizados todos os tipos de informação aeronáutica e respectivos níveis e qualidade de serviços exigidos.

A solução proposta foi a integração dos diversos tipos de comunicações (administrativa e operacional) utilizando canais digitais de 64 kbps com

redundância para o continente e utilizando nas ilhas (Santa-Maria e Funchal) a tecnologia VSAT como forma de garantir redundância.

Actualmente, por estratégia da empresa, existe uma separação entre a informação administrativa e a operacional.

O presente estudo incide apenas sobre a informação operacional (Navegação Aérea).

Os resultados desses estudos, utilizados neste trabalho, são por esta razão referidos a seguir de forma sintética.

### **3.2 Análise do Estudo 1**

As soluções estudadas foram as seguintes:

→ Sistemas de Comunicações Ponto-a-Ponto onde se inclui a situação actual.

→ Sistemas de Comunicações com Circuitos Digitais e Equipamento Multiplexer. Nesta solução estudaram-se 4 opções:

- - Equipamento Multiplexer sem integração em Lisboa e com reduzidas capacidades de gestão e com o circuito satélite.
- - Equipamento Multiplexer sem integração em Lisboa e com reduzidas capacidades de gestão e com a solução VSAT.
- - Equipamento Multiplexer com integração em Lisboa e Sistema de gestão com algum desenvolvimento e com o circuito satélite.
- - Equipamento Multiplexer com integração em Lisboa e Sistema de gestão com algum desenvolvimento e com a solução VSAT.

→ Sistemas de Comunicações com Rede Privada. Nesta solução existem duas hipóteses para o circuito de redundância entre o CCTAL e Funchal, uma implementada por um circuito digital a 64 kbps via satélite e outra através da tecnologia VSAT.

→ Sistemas de Comunicações com Rede Privada Virtual. Neste tipo também existem duas opções: uma utiliza a tecnologia da Rede Pública TELEPAC e a outra, da COMNEXO, utiliza a tecnologia TDM apresentando ao utilizador interfaces X.25.

Também foi realizado um trabalho pela PA Consulting a pedido do EUROCONTROL e no qual foram analisados os seguintes aspectos:

tecnologias disponíveis, soluções para a implementação e gestão e requisitos de serviço para redes ATS.

### **3.2.1. Tecnologias de Suporte**

Foram consideradas várias opções tecnológicas e comparadas de modo a concluir quais são as que melhor satisfazem os requisitos ATS:

- Tecnologia TDM (Time Division Multiplex)
- Tecnologia Fast Packet
- Frame Relay
- X.25
- ISDN
- Rede Telefónica Pública Comutada
- VSAT's
- B-ISDN

Foi considerada que a tecnologia TDM podia ser utilizada directamente pelas administrações ATS para construir as suas Redes Privadas, por ser uma tecnologia suficientemente comprovada e disponível no mercado.

A solução ISDN foi indicada para fornecer caminhos alternativos e permitir uma capacidade de rápida recuperação em casos de interrupções de serviço, em paralelo com os actuais circuitos alugados ATS.

As soluções Fast Packet e B-ISDN foram consideradas como sendo as que oferecem alta capacidade e maior qualidade de funcionamento, mas a longo prazo.

Os serviços de comunicação que suportam voz e dados, só poderiam ser oferecidos pelo Operadores de Redes Públicas ou Entidade Privada Operadora de Redes de Comunicações e não pelas administrações ATS.

O Frame Relay e o X.25 apenas suportavam os serviços de transmissão de dados e não a voz (na altura não era possível a opção de transmitir voz sobre Frame Relay), por isso estas soluções não foram consideradas.

A tecnologia VSAT foi considerada uma solução para fornecer encaminhamentos alternativos ou de reserva, por permitir um rápido restabelecimento de serviço em caso de interrupções e também porque permite comunicações com regiões onde não se encontram infra- estruturas de comunicações adequadas.

As técnicas de transmissão digital oferecem uma melhoria significativa comparada com as técnicas analógicas, em termos de qualidade e custos.

Concluiu-se assim que as tecnologias consideradas apropriadas para suportar os requisitos ATS são as seguintes:

- TDM
- X.25
- Frame Relay
- ISDN
- B-ISDN

### **3.2.2 Método de Implementação da Rede e sua Gestão**

Existem três alternativas para a implementação e gestão de uma rede:

→ Rede Pública: Utilização dos serviços da rede pública fornecidos pelo Operador de Telecomunicações Nacional ao qual a rede pertence e a quem é atribuído a sua gestão.

→ Rede Privada: Utilização de circuitos alugados ao Operador de Telecomunicações Nacional, sendo a gestão feita pelo utilizador.

→ Rede Virtual: Implementação de uma rede privada sendo a gestão entregue a uma entidade externa.

Foi concluído nesse estudo que as opções mais apropriadas para gerir e implementar uma rede ATS são as seguintes, por ordem decrescente:

- Rede Privada baseada em equipamento próprio, linhas alugadas aos Operadores de Telecomunicações e gerida directamente pela entidade ATS utilizadora;
- A mesma solução mas gerida por uma entidade externa à entidade utilizadora.

Esta preferência é devida aos seguintes factores que são considerados como desvantagens para uma rede ATS:

- ausência de controlo directo sobre o fornecimento de serviço,
- risco de redução da integridade de transmissão pela partilha da infraestrutura da rede com outros utilizadores,

- maior dificuldade para especificar os requisitos e encontrar um “operador/fornecedor” único,
- exigir um elevado grau de confiança no fornecedor da rede virtual.

### 3.2.3 Requisitos de serviços

Os requisitos de serviço para uma rede de comunicações foram apresentados nesse estudo e identificados os seguintes aspectos:

#### 1- Suporte de voz e dados numa rede comum

Com as soluções técnicas actuais é possível a partilha de recursos com um melhor aproveitamento da largura de banda da rede existindo soluções económicas, de maior capacidade e qualidade relativamente às existentes.

#### 2- Disponibilidade

Todos os serviços de tráfego aéreo funcionam 24 horas por dia pelo que a disponibilidade da rede deverá ser de 100%.

#### 3- Capacidade de rápido restabelecimento

Alguns dos serviços de tráfego aéreo são essenciais para a segurança aérea por isso a rede deve ter capacidade para um rápido restabelecimento e deverá haver soluções alternativas de encaminhamento.

#### 4- Integridade da informação na transmissão

A rede deve assegurar a integridade da informação de modo que não seja corrompida ou destruída.

#### 5- Capacidade

A capacidade de transmissão de um canal individual deve ser suficientemente elevada de modo a assegurar que o tempo de resposta instantâneo simule a noção de tempo real.

#### 6- Gestão eficiente da largura de banda

Utilizando a atribuição dinâmica da largura de banda os recursos são atribuídos consoante a sua necessidade (“*On Demand*”).

#### 7- Níveis de serviço

Deverá haver acordos com os fornecedores de serviços de modo que satisfaçam o nível exigido para a rede. Esses acordos deverão estar relacionados com a disponibilidade da rede, taxa de erro, tempos de atraso, etc.

#### 8- Gestão da rede

A rede deve incluir a capacidade própria de gestão a fim de melhorar a eficiência na utilização dos meios de transmissão.

#### 9- Flexibilidade

A rede deve ser flexível de modo a permitir a fácil evolução para arquitecturas mais complexas e incorporar novas tecnologias entretanto disponíveis.

#### 10- Custos

Procura-se a melhor relação custo/ benefício, tendo em conta os requisitos de qualidade de serviço.

### 3.2.4 Análise de custos

A análise de custos foi agrupada em três tipos:

- Comparação das diversas taxas de aluguer de circuitos (VSAT, Analógicos e Digitais).
- Apresentação dos custos de cada uma das hipóteses estudadas e sua caracterização.
- Análise comparativa dos custos das soluções estudadas.

Da análise do primeiro tipo foram retiradas as seguintes conclusões:

- Os circuitos digitais apresentam uma taxa de aluguer mais alta (64 kbps) em relação aos circuitos analógicos mas podem tornar-se económicas se for optimizada a utilização da capacidade de transmissão.
- A tecnologia VSAT é uma solução económica para circuitos de reserva porque as suas características não são recomendáveis para circuitos principais nas aplicações ATS (atrasos no tempo de transmissão).

Da análise comparativa dos custos das soluções estudadas (Tabela 3.4), considerando um tempo de vida de 8 anos, utilizando o Valor Líquido Actual (em 1993) e tomando a situação actual como elemento de referência, foram retiradas as seguintes conclusões:

- A Rede Privada Virtual COMNEXO apresentava valores inferiores até um período de 8 anos, crescendo sucessivamente a partir desse período.

- Numa perspectiva de curta duração a opção por uma Rede Virtual era a que apresentava menores custos, para um tempo de vida superior a 10 anos a opção por uma Rede Privada deveria ser considerada.

### 3.2.5 Conclusão

Foram estudadas duas hipóteses para a implementação da rede:

1- Rede Privada constituída com equipamento adquirido pela ANA, E.P. e circuitos digitais a 64 kbps alugados à P.T., com redundância por canal digital a 64 kbps via satélite e com redundância por VSAT a 19,2 kbps na ligação CCTAL- AFU (Tabela 3.1 - Anexo 2).

2- Rede Virtual constituída com equipamento e circuitos digitais a 64 kbps alugados a uma entidade prestadora de serviço de comunicações de valor acrescentado.

Para esta solução existiram duas propostas informais:

- TELEPAC (Tabela 3.2 - Anexo 2)

Solução baseada na tecnologia X.25 e utilizando a Rede Pública de Comutação de Dados por Pacotes.

- COMNEXO (Tabela 3.3 - Anexo 2)

Solução baseada na tecnologia TDM da COMNEXO.

Da análise de todas as soluções, onde foram comparados os custos referentes a 1993 concluiu-se serem as que recorrem ao equipamento Multiplexer as que apresentavam os custos mais moderados.

Relação com o VLA da situação actual	Identificação da Solução
3 a 4 vezes mais cara	Com Multiplexer's
5 vezes mais cara	Rede Privada Virtual COMNEXO
6 vezes mais cara	Rede Privada com VSAT
6,4 a 6,8 vezes mais cara	Rede Privada com Satélite Rede Privada Virtual TELEPAC
8 vezes mais cara	Circuitos Dedicados

Tabela 3.4 - Relação das soluções com o custo

### 3.3 Análise do Estudo 2

Este estudo utilizou dados do Estudo 1, mas teve um âmbito mais alargado: incluiu as comunicações telefónicas e teve em conta os requisitos de qualidade de serviço das aplicações e serviços a integrar na futura rede da ANA, E.P. (Tabela 3.5).

#### 3.3.1 Caracterização das classes de comunicações

Existem quatro classes de tráfego aeronáutico:

- voz operacional,
- voz administrativa,
- dados operacionais,
- dados administrativos.

Na voz operacional consideramos as comunicações ar - terra - ar, comunicações entre órgãos ATC (*Air Traffic Control*) para transferência de responsabilidades (controlador a controlador para o sector aproximação/TWR (*Tower*) e para o sector Rota), comunicações entre aeroportos nacionais.

Na voz administrativa estão integradas todas as comunicações de carácter administrativo, comercial ou de gestão internas.

Os dados operacionais são constituídos por: informação radar, informação multi-radar, transporte e distribuição de mensagens AFTN (*Aeronautical Fixed Telecommunication Network*) e MOTNE (*Meteorological Operational Telecommunication Network*), comunicação em tempo real entre posições de controlo ATS (*Air Traffic Services*).

Os dados administrativos são os referentes aos vários serviços e departamentos da empresa (serviço de pessoal, infraestruturas, aprovisionamento, etc.).

Reproduzem-se a seguir os quadros respeitantes aos requisitos de qualidade dos serviços de voz operacional e administrativo definidos pelo *Eurocontrol* no estudo “*Service Quality Targets for Voice Communications*” e à tipificação de níveis de serviço de comunicação de dados operacional e administrativo (Tabela 3.6) de acordo com o estudo referido (Estudo 2).

Nível de Serviço	Designação	Exemplo de Serviços	Tipicamente implementado por
1	Seguro	Comunicações ar-terra-ar	Tecla dedicada, linha de acesso directo
2	Crítico	Comunicações ATC controlador a controlador para o sector Aproximação/TWR	Tecla dedicada, linha de acesso directo
3	Urgente	Comunicações ATC controlador a controlador para o sector de rota	Tecla dedicada, linha de acesso directo
4	Standard	Comunicações internas	Acesso indirecto através da rede de PABX, com marcação abreviada
5	Público	Acesso à informação meteorológica	Acesso indirecto através da RFN com marcação completa

Tabela 3.5 - Requisitos de Qualidade dos Serviços de Voz

Nível de Serviço	Designação	Exemplo de Serviços	Tipicamente implementado por
1	Interactivo seguro	Comunicações em tempo real entre posições de controlo ATS (OLDI)	Circuitos Directos entre equipamentos
2	Tempo real seguro	Ligação a radar único na zona (monocobertura)	Circuitos directos entre equipamentos
3	Tempo real urgente	Distribuição de sinais radar simples ou processados (zona multicobertura)	Circuitos directos entre equipamentos
4	Transporte urgente	Transporte e Distribuição de Mensagens com elevado grau de urgência (IFPS, AIS, MOTNE)	AFTN, redes de comutação de pacotes
5	Interactivo Standard	Emulação remota de sessões de terminal alfanumérico (SIGAGIP)	Redes de comutação de pacotes
6	Transporte Standard	Aplicações genéricas sem requisitos especiais de tempo de resposta (transferência de ficheiros, correio electrónico)	Redes de comutação de pacotes
7	Interactivo LAN/WAN	Aplicações genéricas com requisitos especiais de tempo de resposta ou desenhadas para ambientes LAN extensíveis a WAN (cliente/servidor; sistemas de ficheiros remotos, acessos a serviços de LAN remotos, teleimpressão, arquivo)	Redes de comutação de pacotes

Tabela 3.6 - Tipificação de Níveis de Serviço de Comunicação de Dados

### 3.3.2 Caracterização das soluções

Foram estudados cinco cenários:

#### Cenário 1

Cenário definido por quatro infraestruturas separadas, uma para cada classe identificada: voz administrativa, voz operacional, dados administrativos e dados operacionais.

→ Vantagens:

- existência de redundância, porque as falhas ocorridas numa infraestrutura não afectam o desempenho das outras.
- a infraestrutura de suporte à voz operacional pode servir de recurso alternativo no caso de falha na infraestrutura de suporte aos dados operacionais.

→ Desvantagens:

- elevados custos de telecomunicações
- dificuldade de monitorização e controlo das redes devido à grande dimensão do parque de telecomunicações instalado.

#### Cenário 2

Cenário definido por duas infraestruturas separadas, uma para a voz operacional e administrativa e outra para os dados operacionais e administrativos.

→ Vantagens e desvantagens:

- idênticas ao cenário 1

#### Cenário 3

Cenário constituído por duas infraestruturas separadas, uma para a voz operacional e outra para os dados operacionais e para voz e dados administrativos.

→ Vantagens:

- a infraestrutura de suporte à voz operacional pode servir de recurso alternativo no caso de falha na infraestrutura de suporte aos dados operacionais.

- Desvantagens:  
- idênticas ao cenário 1

#### **Cenário 4**

Cenário constituído por duas infraestruturas separadas: uma para voz e dados operacionais e outra para voz e dados administrativos.

- Vantagens:  
- as falhas ocorridas numa infraestrutura apenas afecta o desempenho da respectiva classe de tráfego.

- Desvantagens:  
- além das indicadas para o cenário 1, não existe *backup* para o serviço de dados operacionais (que seria feito pela infraestrutura de voz operacional).

#### **Cenário 5**

Uma única estrutura para as quatro classes de tráfego.

- Vantagens:  
- gestão centralizada de uma única infraestrutura integrada  
- minimização de custos.

- Desvantagem:  
- se a infraestrutura falhar todos os serviços ficam inoperativos.

#### **Análise das soluções:**

Um dos requisitos é o de permitir que o serviço de voz operacional sirva como solução de recurso no caso de falha do serviço de dados operacionais. Assim sendo, só os cenários 2 e 3 obedecem a este requisito. Foi considerado que o cenário 3 era o que melhor se aproximava às necessidades existentes e serviu de base à solução escolhida.

#### **3.3.3 Solução proposta para a rede de comunicações**

A solução proposta pelo estudo foi a integração dos diversos tipos de comunicação.

Das várias hipóteses discutidas foi escolhida a solução integrada designada por ITIA (*Infra-Estrutura de Transporte Integrado da ANA*) que engloba dados operacionais e administrativos e voz administrativa, e uma componente independente para o suporte de voz operacional por razões de segurança (Fig. 3.1) Esta infraestrutura foi escolhida pelas seguintes razões:

→ satisfaz os requisitos de disponibilidade das aplicações operacionais mais exigentes;

→ poderá ser realizada com um custo baixo, para fornecer um serviço de *backup* de elevada disponibilidade à rede de voz operacional independente, garantindo uma maior qualidade de serviço (se forem reformuladas as infraestruturas dos PPCAs operacionais de modo que em todos os locais exista capacidade de comutação com detecção de sinalização nas linhas e possibilidade de busca de linhas alternativas).

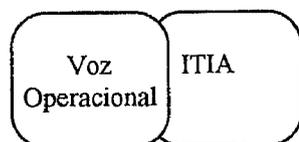


Fig. 3.1 - Solução integrada

A configuração física determinada pelo estudo depois de analisados os fluxos de informação (reproduzido na Tabela 3.7) é baseada numa estrela centrada em Lisboa, concluindo que seriam necessários 2 canais digitais de 64 kbps para Porto e Faro e apenas 1 para Funchal e Santa-Maria (Fig. 3.2).

Serviços	ASC	AFR	AFU	ASM
<b>Operacionais</b>				
Voz Operacional	16,0	16,0	16,0	16,0
OLDI	2,4	2,4	2,4	2,4
Radar	19,2	19,2	9,6	0,0
Multi-Radar	14,4	14,4	0,0	0,0
AFTN/IFPS	1,2	1,2	1,2	1,2
AIS	2,4	2,4	2,4	2,4
<b>Total Parcial</b>	<b>55,6</b>	<b>55,6</b>	<b>31,6</b>	<b>22,0</b>
<b>Administrativos</b>				
Voz adm.	24,0	16,0	8,0	8,0
Dados adm.	24,0	24,0	9,6	24,0
<b>Total Parcial</b>	<b>48,0</b>	<b>40,0</b>	<b>17,6</b>	<b>32,0</b>
<b>TOTAL</b>	<b>103,6</b>	<b>95,6</b>	<b>49,2</b>	<b>54,0</b>

Tabela 3.7 - Fluxos de informação entre Lisboa e restantes locais ANA (em kbps)

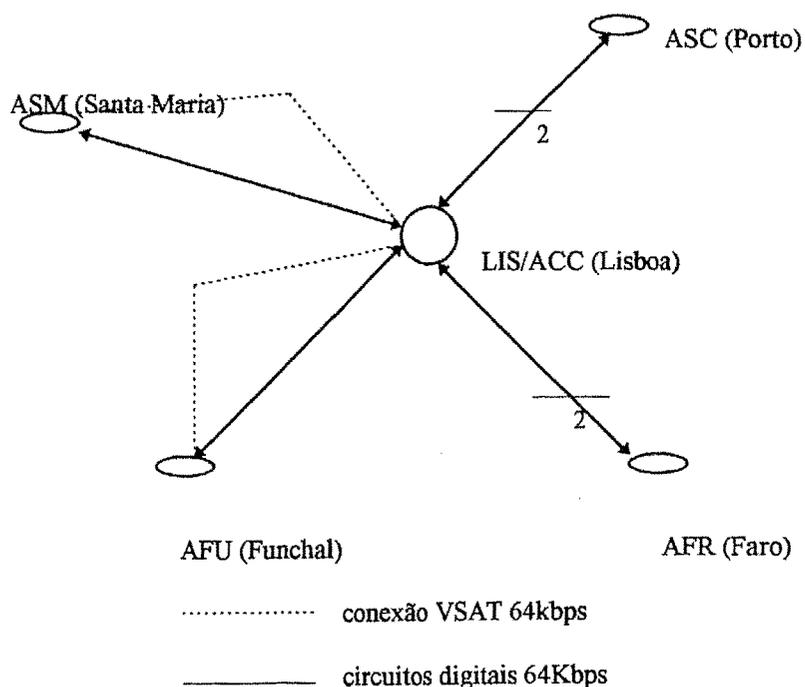


Fig. 3.2 - Configuração Física de Referência

# Capítulo 4

---

## Tecnologias e Serviços de Comunicação

---

### 4.1 Introdução

Os equipamentos relacionados com a navegação aérea estão instalados localmente (na área do respectivo aeroporto) e remotamente (a uma distância de alguns km desse aeroporto).

Para a sua ligação com os respectivos aeroportos, existem instaladas actualmente vários tipos de infraestruturas de comunicações:

- feixes hertzianos proprietários;
- cabos telefónicos proprietários;
- acesso comutado e linhas dedicadas;
- rede X.25.

Também existem equipamentos que não se encontram ligados ao aeroporto. Alguns destes casos (as comunicações que utilizam serviço público e os casos em que ainda não existe comunicação) terão de ser estudados de modo a rentabilizar a utilização satisfazendo os requisitos de qualidade de serviço, capacidade de transmissão, custos e redundância quando necessária.

Com o objectivo de uma avaliação comparativa apresenta-se neste capítulo uma breve descrição de tecnologias e serviços de comunicações de dados que poderão satisfazer os requisitos de comunicação:

- comunicações locais, visto que em cada aeroporto existirá na área operacional, pelo menos uma rede de dados (LAN);
- comunicações remotas, para a ligação entre as estações remotas e o respectivo aeroporto e entre o aeroporto e a hierarquia superior.

## 4.2 Comunicações locais

### 4.2.1 LAN (*Local Area Network*)

As LANs são redes privadas de comunicação de dados; foram introduzidas nos anos 70, para interligar sistemas informáticos de uma empresa, situados num mesmo edifício.

As LANs de 1ª geração (*Ethernet, Token Ring*) caracterizavam-se por suportarem débitos na ordem da dezena de Mbps cobrindo pequenas distâncias (ordem de 1-2 km), enquanto as LANs de 2ª geração (FDDI) permitem débitos mais elevados (100 Mbps) e maiores distâncias (até dezenas de km).

Para a sua implementação são determinantes os seguintes factores: topologia, meio de transmissão e protocolo de acesso ao meio.

#### Meio de transmissão

Os meios de transmissão normalmente usados são: o par entrançado blindado (STP), o par entrançado não blindado (UTP), o cabo coaxial e a fibra óptica. Dependendo da aplicação distinguem-se pelas suas características: técnica de sinalização, máxima taxa de dados suportada (Mbps), máxima cobertura (km) e número de dispositivos a interligar.

#### Topologias

As topologias mais comuns são: estrela, anel e barramento (*bus*) ou árvore (Fig. 4.1). Em qualquer caso é possível de forma fácil a transmissão em *broadcast*.

Na topologia em estrela, todos os nós da rede estão ligados ao elemento de comutação central.

A topologia em anel consiste numa estrutura fechada, em que cada nó está ligado a um repetidor.

As topologias em árvore e barramento caracterizam-se por uma estrutura aberta (isto é, o sinal não circula). Apenas uma estação pode transmitir (1 emissor activo), a informação é difundida no barramento e recebida pelas restantes estações.

### Protocolos de acesso

Nas redes em *bus* são normalmente utilizados os protocolos do tipo contenção [Aloha, CSMA, CSMA/CD] ou Control Token (Token Bus) e nas redes em anel são utilizados os protocolos do tipo *Control Token (Token Ring)* e *Empty Slot*.

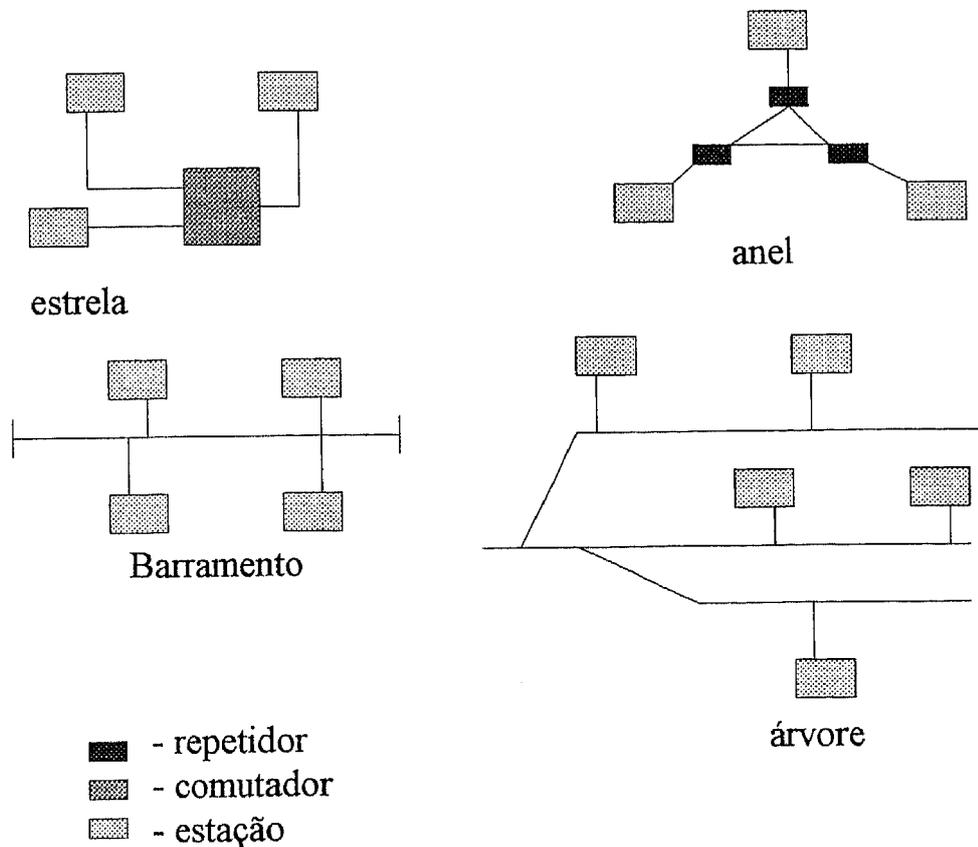


Fig. 4.1 - Topologias das LANs

## 4.2.2 Arquitectura IEEE 802

O comité IEEE 802 propôs uma arquitectura de duas camadas para acesso a redes locais a que correspondem os níveis 1 e 2 do modelo OSI (Fig. 4.2), com a camada 2 subdividida em duas subcamadas.

A sub-camada mais alta, LLC, tem como funções fornecer um serviço homogéneo (independente da tecnologia da sub-rede) e identificar (SSAP/DSAP) um protocolo de alto nível ou encapsulado.

A sub-camada MAC, específica de cada tecnologia, indica o protocolo de acesso ao meio.

A camada mais baixa tem as funções de qualquer camada física, tais como codificação e decodificação de sinais, transmissão e recepção de bits e geração e remoção de bits de sincronismo.

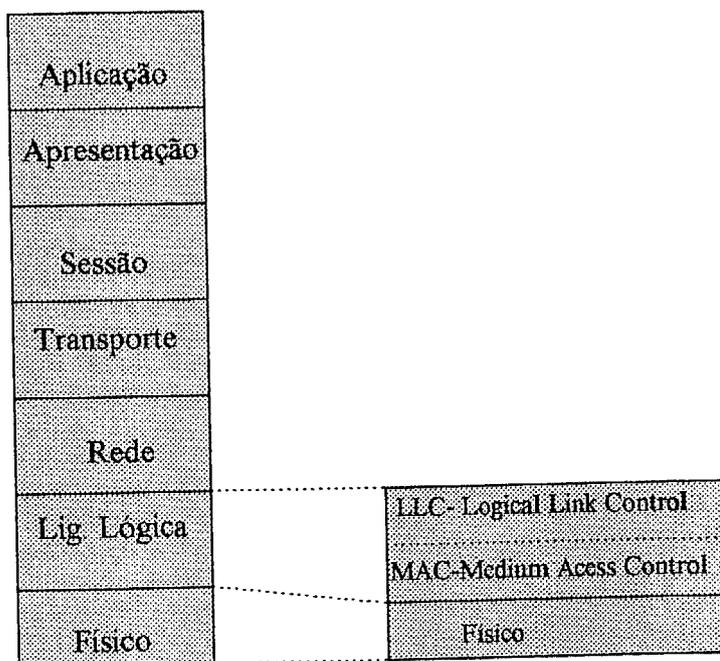


Fig. 4.2 - Relação do modelo IEE 802 com o modelo OSI

Existem definidos vários standards IEEE802 para LANs e MANs; as tecnologias mais amadurecidas são:

802.3 - CSMA/CD; 802.4 - Token Bus; 802.5 - Token Ring; 802.6 - Metropolitan Area Network.

### 4.2.3 Interligação de LANs

Segmentos de LANs podem ser ligados por repetidores, *Bridges*, *Routers* ou *Gateways* (ao nível da aplicação).

Se as redes a interligar forem diferentes em relação ao meio de transmissão, topologia ou protocolo de acesso será necessário uma *Bridge* ou um *Router*.

Uma *Bridge* actua ao nível das tramas (ligação lógica), podendo encaminhar e filtrar o tráfego melhorando assim o desempenho da rede (isolando o tráfego de cada uma das LANs).

Um *Router* realiza as funções das três camadas inferiores do modelo OSI (Fig. 4.3), actua sobre os pacotes (camada de rede) e através das tabelas de encaminhamento encaminha o tráfego e executa algumas tarefas de gestão. Para interligar duas redes pertencentes a sistemas com protocolos e por vezes topologias diferentes utiliza-se uma *gateway* que executa as funções das sete camadas do modelo OSI; por exemplo a interligação de uma rede Ethernet usando TCP/IP com uma rede Token Ring usando SNA (IBM).

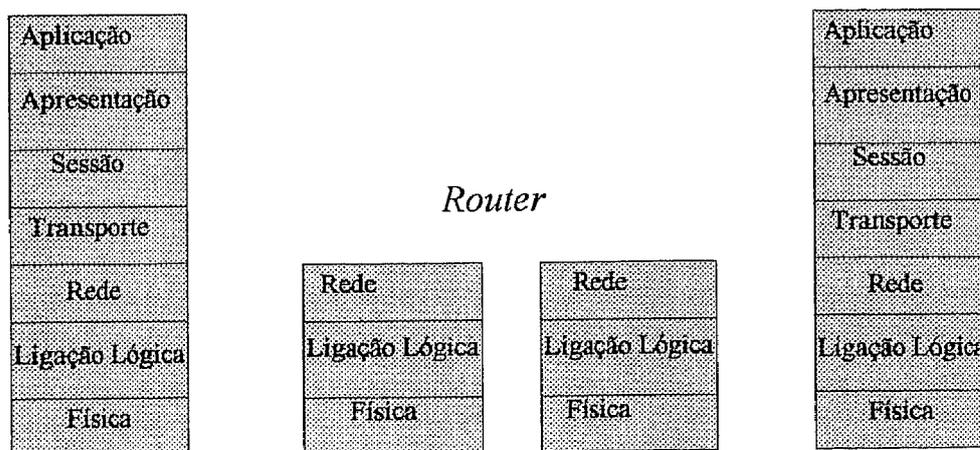


Fig.4.3 - Relação do *Router* com o modelo OSI

## 4.3 Comunicações remotas

### 4.3.1 Rede Telefónica

A rede telefónica constitui a infraestrutura de comunicação mais utilizadas na interligação de equipamentos remotos por ser a mais antiga e de cobertura universal. Existem dois tipos de serviços: acesso comutado e linhas dedicadas. As linhas dedicadas são escolhidas por razões de segurança, disponibilidade (para tráfego em tempo real) ou qualidade. O acesso comutado é preferido pelo seu baixo custo e utilizado para tráfego não prioritário.

#### 4.3.1.1 Linhas dedicadas

- Acessos analógicos: 28.8 kbps, 33.6 kbps e 56 kbps (standard em estudo);
- Linha Digital 64 kbps;
- E1 (capacidade total de 2 048 kbps);
  - um único canal com capacidade de 31x64
  - canais individuais de 64 kbps (até 31 canais)
- E1 fraccionada - 1 canal (Nx64 kbps) em que N (time slots) = 1 a 31

#### 4.3.1.2 Equipamentos de Integração Voz e Dados

A função destes equipamentos é partilhar, pelos serviços e aplicações que necessitam de comunicar com pontos remotos, a largura de banda disponível nos circuitos de Telecomunicações. A tecnologia mais utilizada é a TDM.

### TDM

Múltiplos sinais digitais podem ser transportados numa única via de transmissão por porções intercaladas (que podem ser bits ou blocos de *bytes*) de cada sinal no tempo. O *multiplexer* da Fig. 4.4 tem 6 entradas, se cada uma for de 9,6 kbps, uma única linha de transmissão de pelo menos 57,6 kbps (mais a capacidade associada a *overhead*) pode acomodar todas as 6 fontes.

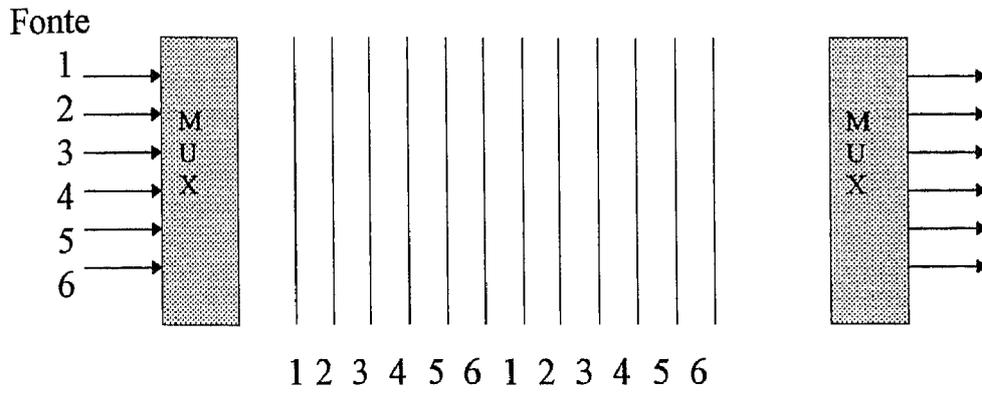


Fig.4.4 Multiplexagem por divisão no tempo

### 4.3.2 Rede X.25

As redes X.25 operam de acordo com uma recomendação, do ITU-T (ex-CCITT), que regula a interface entre Redes Públicas de Dados de Comutação de Pacotes e terminais que operam em modo pacote.

#### 4.3.2.1 Arquitectura X.25

X.25 está estruturada em três níveis protocolares na interface DTE/DCE. Os procedimentos de um nível utilizam os serviços oferecidos pelo nível inferior mas, sem o conhecimento do modo como são implementados, com a excepção de que a falha num deles pode afectar a operação nos níveis superiores. Os níveis funcionam independentemente uns dos outros, podendo substituir-se a implementação de um nível particular por uma outra diferente, mas fornecendo os mesmos serviços.

Os níveis são aproximadamente equivalentes aos três níveis mais baixos do modelo de referência OSI (Fig.4.5):

Nível 2 (trama) - Fornece um serviço de transmissão fiável de informação organizada em tramas.

Nível 3 (pacote) - Oferece o serviço básico de comutação de circuitos virtuais, permanentes (PVC) e comutados (SVC).

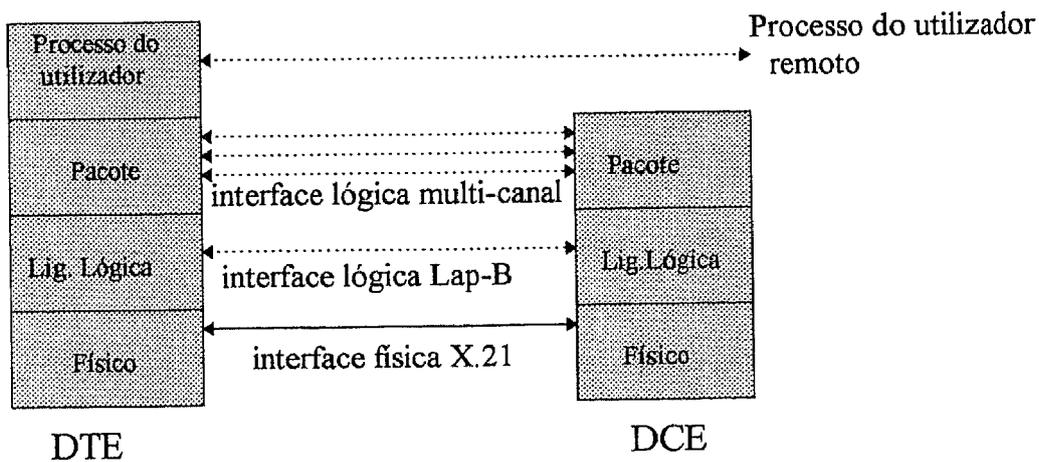


Fig. 4.5 - Arquitectura X.25

### 4.3.2.2 PAD

O PAD (*Packet Assembly/Disassembly*) serve para ligar terminais assíncronos orientados ao carácter a redes de comutação de pacotes. Normalmente estão instalados nos nós de comutação e têm a função de “empacotar/desempacotar” caracteres em/de pacotes.

As recomendações X.3, X.28 e X.29 definem em conjunto as facilidades para que uma rede pública de dados de comutação de pacotes suporte terminais assíncronos “*start-stop*” (Fig. 4.6).

- X.3 especifica as funções básicas do PAD e estabelece um conjunto de parâmetros relacionados com o diálogo entre o PAD e o terminal.
- X.28 define a interface (sinais trocados, procedimentos para estabelecer a ligação de acesso ao PAD, inicializar o serviço, trocar informação de dados ou de controlo, etc.) entre o PAD e o terminal “*start-stop*”.
- X.29 define as mensagens de controlo entre o PAD e o DTE remoto.

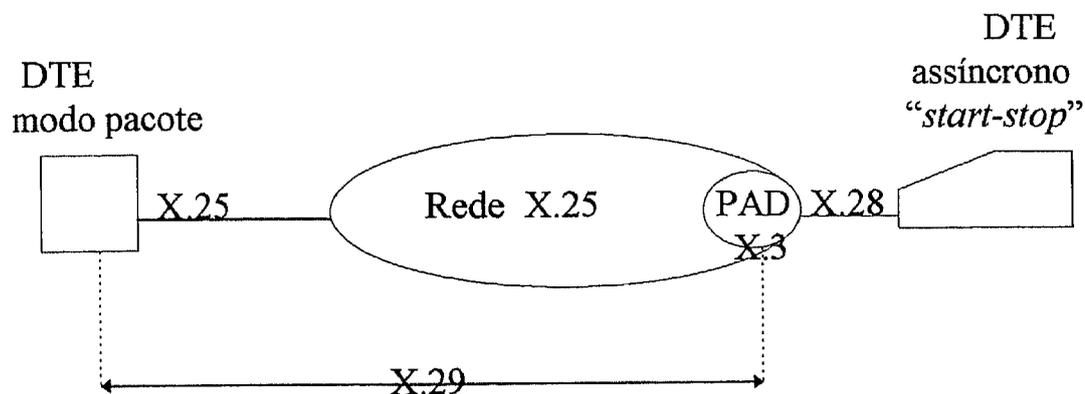


Fig. 4.6 - Lig. de terminal assíncrono a uma rede X.25

### 4.3.2.3 Serviços oferecidos pelos circuitos virtuais X.25

- Controlo de fluxo

O controlo de fluxo é realizado por circuito virtual e é baseado no mecanismo de janela deslizante.

- Sequência de pacotes

X.25 fornece a capacidade de identificar uma sequência contínua de pacotes designada por sequência de pacotes completa. Esta técnica é muitas vezes

utilizada para adaptar os blocos de dados às restrições impostas pela rede (ligação entre redes com diferentes tamanhos de pacotes).

- Multiplexagem de circuitos virtuais numa ligação lógica

Através de uma única ligação física DTE-DCE o DTE pode estabelecer mais de 4095 circuitos virtuais simultâneos com outros DTEs.

- Facilidades Suplementares

X.25 fornece ao utilizador facilidades opcionais definidas pela norma X.2 entre as quais se destacam: negociação do parâmetro de controlo de fluxo, grupo fechado de utilizadores, negociação da classe de *throughput*, etc. Algumas podem ser subscritas por um período de tempo, outras são pedidas no pacote *Call Request*. Essas facilidades apenas são aplicadas a um circuito virtual.

- Facilidade *Fast Select*

Esta facilidade tem de ser previamente negociada e invocada no momento do estabelecimento da chamada (*Call Request*); neste caso, o campo de dados disponível é de 128 octetos (em lugar dos habituais 16 octetos).

### 4.3.3 RDIS

A Rede Digital com Integração de Serviços é uma rede baseada em transmissão e comutação digitais, sendo caracterizada pela integração do acesso dos utilizadores aos diversos serviços e redes actualmente existentes através de interfaces normalizadas, fisicamente suportadas numa única linha digital (SN,92).

Existem duas interfaces de acesso normalizadas: acesso básico e acesso primário. O acesso básico (2B+D) é constituído por dois canais de 64 kbit/s (canais B) e por um canal de 16 kbit/s (canal D). O acesso primário constituído por várias estruturas de que se destaca (30B+D - 30 canais de informação (64 kbps) e por um canal de sinalização (64 kbps)).

A interface de acesso primário é normalmente utilizada nas grandes empresas (PPCAs), para terminar ligações de dados e telefónicas de assinantes de acesso básico; ou para fornecer uma largura de banda flexível (atribuição dinâmica de canais dependendo do fluxo do tráfego).

A interface de acesso básico adapta-se aos requisitos de aplicações residenciais e de pequenas empresas.

Para o transporte de dados, cada canal B pode estar disponível separadamente (64 kbps) ou agrupado para obter uma maior largura de banda (necessária para muitos serviços, actualmente é o equipamento terminal que deve assegurar o sincronismo entre canais (Inverse Multiplexing)). O canal D é utilizado para a sinalização e pode ser partilhado com pacotes de dados porque a sinalização ocupa uma pequena largura de banda.

#### Sinalização

Todas as informações para estabelecer e terminar uma chamada são enviadas digitalmente. O equipamento RDIS do utilizador origina a chamada enviando a mensagem de estabelecimento de chamada, incluindo o endereço do destinatário, através do canal D para a rede. Para indicar que uma chamada está a entrar no equipamento RDIS é enviado pela rede um conjunto de mensagens. Este *stream* de dados inclui, normalmente, a identificação da chamada, a identificação do destinatário (porque podem existir até 8 terminais no acesso básico na mesma interface) e informação sobre o encaminhamento da chamada. O tempo de estabelecimento de chamada é muito curto (quando comparado com a rede telefónica), porque



Na interface S/T existem três tipos de informação: sinalização, dados do utilizador, e dados de gestão. A Fig.4.9 representa o modelo de protocolos com comutação de pacotes, em três planos, relativos a essas informações: plano de controlo (C), plano do utilizador (U) e plano de gestão (M).

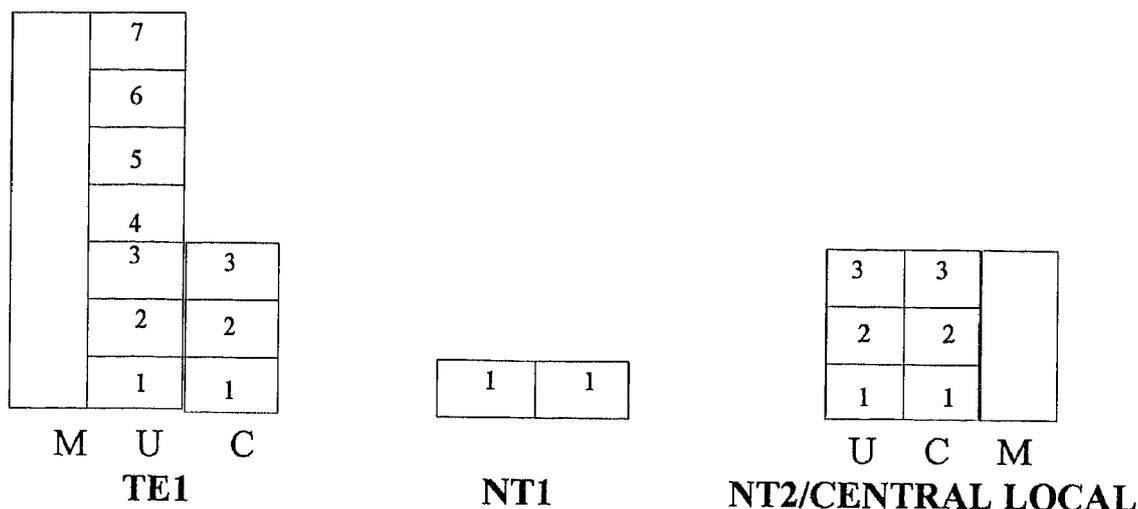


Fig. 4.9 - Modelo de protocolos com comutação de pacotes

O plano de controlo está estruturado em sete camadas, mas só estão definidas na RDIS as três primeiras. Este plano é o plano de sinalização do canal D e cobre o conjunto de protocolos de controlo de chamadas e dos serviços suplementares.

O plano do Utilizador está relacionado com os dados do utilizador nos canais B ou D, também está estruturado em 7 camadas.

O plano M, não está estruturado em camadas, agrupa as funções de gestão. Para o caso de comutação de circuitos, a única diferença é no plano do utilizador do grupo funcional NT2/central local, porque apenas é implementada a camada do nível físico.

#### 4.3.3.2 Serviços suportados pela RDIS

Nas recomendações da Série I do ITU-T os serviços de telecomunicações são classificados em:

- serviços de suporte (*bearer services*);
- tele-serviços (*tele-services*);
- serviços suplementares.

Um serviço de suporte RDIS é um serviço que permite a transferência de informação digital entre utilizadores, entre uma interface de acesso S/T da RDIS e um dos seguintes pontos:

- outra interface S/T;
- um ponto de acesso a uma rede especializada;
- um ponto interno da rede de acesso a uma função de nível superior.

Um tele-serviço é um serviço de comunicação entre um utilizador e outro utilizador ou um servidor de rede. Exemplos deste tipo de serviços são o serviço telefónico, o telex, o teletexto, o videotexto, etc.

Actualmente estão definidos pelo ITU-T os seguintes tele-serviços:

- Telefonia;
- Teletexto;
- Telefax 4;
- Modo Misto;
- Videotexto;
- Telex.

Um serviço suplementar modifica ou complementa um serviço básico de telecomunicações, por isso não tem existência autónoma.

Exemplos deste tipo de serviços são: identificação de número, oferta de chamadas, estabelecimentos de chamadas, multi-utilizador, comunidade de interesses, taxaço, transferência de informação adicional.

#### **4.3.3.3 Comunicação de Pacotes na RDIS**

##### **4.3.3.3.1 Serviços de suporte em modo circuito (Cenário de Integração Mínima)**

A RDIS fornece uma conexão física transparente (comutada ou não comutada) entre o terminal X.25 e uma porta IP (ISDN Port) na rede pública de comutação de pacotes. Os acessos só são possíveis através de canais B.

Para acessos não comutados, apenas é necessário a adaptação de velocidades entre o terminal e a correspondente porta IP.

Para acessos comutados, além da adaptação de velocidades é necessário estabelecer um canal B, através de sinalização no canal D. A transferência de dados é executada no canal B, através dos procedimentos X.25 de nível 2 e 3 entre o terminal e uma porta IP.

#### **4.3.3.3.2 Serviços de suporte em modo pacote (Cenário de Integração Máxima)**

A RDIS oferece uma função de processamento de pacotes (PH “*Packet Handler*”). Os acessos são possíveis através de canais B e D.

Acesso via canal B

É estabelecido pela rede, através de sinalização no canal D, uma conexão B até ao PH, executando-se os procedimentos dos níveis 2 e 3 do X.25 entre o terminal e a porta PH.

Acesso via canal D

O acesso ao PH é suportado pela ligação lógica LAPD sobre a qual se executam os procedimentos de nível 3 de X.25, entre o TE e o PH.

#### **4.3.3.3.3 Serviços de suporte em modo trama ( Frame Relay /Switching)**

Os serviços de suporte em modo trama são baseados no modelo de referência de protocolos RDIS (recomendação I.320).

A Fig. 4.10 representa a arquitectura de protocolos na interface utilizador-rede. O plano C baseia-se nos protocolos das três camadas inferiores da RDIS, para o controlo de chamadas é usado o canal D. O plano do utilizador utiliza qualquer canal (D, B ou H) no qual são implementados no mínimo as funções do núcleo Q.922 que são as seguintes:

- delimitação da trama, alinhamento e transparência da informação;
- multiplexagem/demultiplexagem de trama usando o campo de endereços da trama;
- inspecção da trama para assegurar que ela consiste de um número inteiro de octetos antes da inserção ou após a extracção de bits zero;
- inspecção da trama para verificar que não é demasiado longa ou curta;
- detecção de erros de transmissão.

Estas funções baseiam-se para além da identificação das flags, nos campos de endereço e de FCS das tramas.

Existem dois tipos de serviços de suporte em modo trama:

- 1- *Frame relaying*
- 2- *Frame switching*

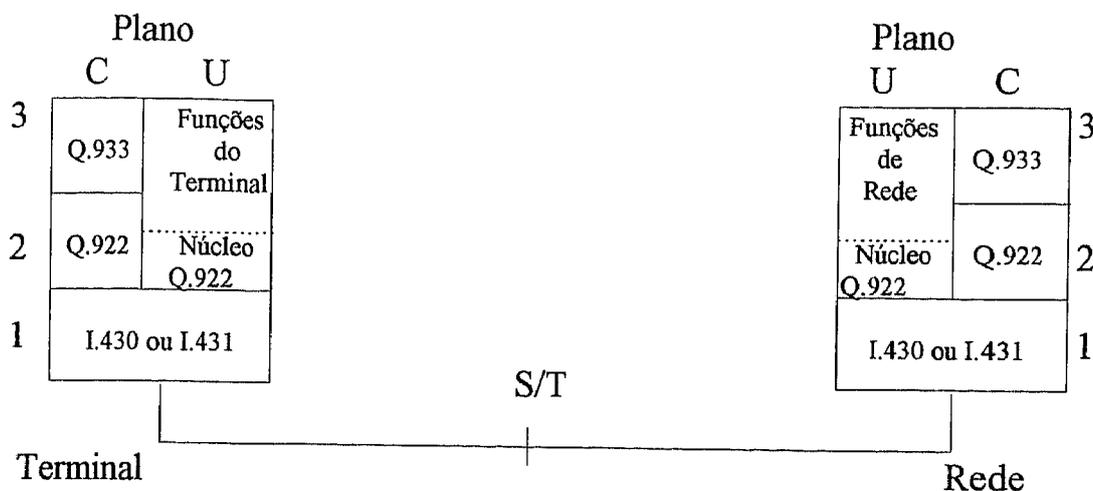


Fig.4.10 - Arquitectura de protocolos na interface utilizador-rede

#### 4.3.3.3.1 *Frame Switching*

No plano U este serviço de suporte implementa as seguintes funções específicas, para além das implementadas no serviço *Frame Relay* (descritas em 4.3.4):

- proporciona transporte de tramas com confirmação;
- detecta e recupera erros de transmissão, formato e operação;
- detecta e recupera tramas perdidas e duplicadas;
- proporciona controlo de fluxo.

#### 4.3.3.4 Exemplos de aplicação da RDIS

##### Interligação de redes locais de comunicação de dados

Utilizando a RDIS como infra-estrutura de telecomunicações é possível, através de *bridges* e/ou *routers*, interligar redes locais de diferentes topologias e protocolos.

##### *Backup / overflow* de circuitos dedicados

É uma solução complementar ao serviço de linhas dedicadas.

Na função *backup*, a linha RDIS permite a continuidade do serviço quando falha o circuito principal;

na função *overflow*, permite escoar o tráfego quando a linha principal está saturada, evitando-se assim a perda de dados.

### 4.3.4 *Frame Relay*

*Frame Relay* é um termo técnico para definir o modo simplificado da transferência e comutação de unidades de dados da camada 2 do modelo OSI (isto é, tramas).

As redes *Frame Relay* simplificam o processo de comutação deslocando os procedimentos de recuperação de erro e congestionamento, do interior da rede para os equipamentos periféricos.

Este conceito teve a sua origem nas especificações do procedimento para a transferência da sinalização e informação do utilizador no canal D (RDIS), através da interface utilizador-rede. Foi definido pelo ITU-T o procedimento de acesso à ligação lógica no canal D (LAPD) para a multiplexagem e transferência das várias informações de controlo e do utilizador (extensão LAPF para serviços de suporte modo trama).

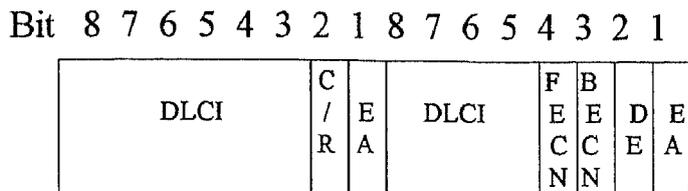
#### 4.3.4.1 Objectivos

Os principais objectivos do *Frame Relay* são os seguintes (DW,93):

- Fornecer uma alternativa às linhas alugadas e ao transporte de circuitos:
  - Maior largura de banda, não limitada pela granularidade de débitos disponíveis na rede pública baseada em circuitos;
  - capacidade para tratar flutuações na largura de banda durante a chamada;
  - capacidade para multiplexar múltiplas chamadas através de um único acesso à linha.
  
- Fornecer uma alternativa ao transporte de pacotes X.25:
  - maior velocidade (pode operar a mais de 45 Mbps enquanto que o X.25 opera a velocidades máximas que vão de 64Kbps até 1,5Mbps);
  - menor atraso visto que a recuperação de erros é da responsabilidade do equipamento terminal do utilizador.
  
- Fácil evolução para a rede ATM. *Frame Relay* fornece o acesso à rede, dentro da rede as tramas podem ser divididas em células compatíveis com o ATM e a comutação pode ser implementada em hardware usando técnicas similares às utilizadas em ATM.
  
- É uma tecnologia normalizada aceite pela maioria dos fabricantes a nível internacional fornecendo por isso compatibilidade entre os equipamentos (multiplexers, comutadores, produtos de interligação de LANs).

### 4.3.4.2 LAPD

Para fornecer o protocolo de acesso de modo a implementar serviços *Frame Relay* na transferência de dados a alta velocidade como por exemplo transferência de ficheiros, tráfego interactivo (videotex, CAD/CAM) e comunicações entre LANs, a ANSI especificou o formato da trama LAPE (LAPD *extended* ou LAPP) (Fig. 4.11)



EA - *Adress Extension Bit*

DE - *Discard Eligibility*

C/R - *Command/Response bit*

DLCI - *Data Link Connection Identifier*

FECN/BECN - *Forward/Backward Explicit Congestion Notification*

Fig.4.11 - Campo de endereços do trama LAPE (pode ser estendido até 4 octetos) para os serviços *Frame Relay*

### 4.3.4.3 Serviços oferecidos

→ *Conection-Oriented*

A rede *Frame Relay* fornece um serviço orientado às conexões (*Conection-Oriented*) implicando por isso o procedimento de *setup* necessário para estabelecer um circuito entre a origem e o destino. Este procedimento envolve a atribuição de DLCI para cada interface de acesso. O campo DLCI distingue o circuito de outros circuitos que estiverem a partilhar o *link*. Depois de logicamente inactivado o circuito, o DLCI fica disponível para outros utilizadores que queiram iniciar o procedimento de *setup*.

Deste modo o *overhead* por trama é menor do que nos circuitos *conectionless* (necessita do endereço de destino completo no cabeçalho), mas, o utilizador tem um atraso maior devido aos procedimentos de *setup* que poderá ser eliminado com a utilização de PVCs.

### → CIR (*Committed Information Rate*)

Representa a máxima largura de banda (média) permitida ao tráfego *bursty* (débito variável) num determinado período de tempo. Este valor e o valor  $B_c$  são negociados pelo utilizador com o operador de rede.

$$T = B_c / CIR$$

$B_c$  (*Committed burst size*) - Volume de dados autorizado pela rede *Frame Relay* durante um intervalo de tempo  $T$

### Bit DE

O bit DE da trama pode ser activado se o CIR for violado. O comutador força o bit DE a 1 sempre que o utilizador excede no fluxo enviado, comparando com o CIR (*Committed Information Rate* - débito médio garantido no circuito virtual) negociado. As tramas continuam o seu percurso e só são abandonadas em caso de congestionamento. Mas existe um valor em excesso permitido, EIR (*Excess Information Rate*), se o fluxo exceder este valor, o comutador abandona as tramas incondicionalmente (Fig. 4.13). Os valores CIR e EIR são definidos durante a assinatura e delimitam o volume de informação e o *burst*. Esta solução serve para melhorar o serviço em termos de fiabilidade e de distribuição de recursos entre os grandes e os pequenos clientes.

$$EIR = (B_c + B_e) / T$$

$$EIR / CIR = (1 + B_e / B_c)$$

$B_e$  (*Excess burst size*) - Volume máximo de dados autorizado como complemento de  $B_c$  durante um intervalo de tempo  $T$

### → Controlo de Congestionamento

O fenómeno da congestionamento manifesta-se numa linha demasiado solicitada ou num comutador saturado; quando acontece, a tecnologia *Frame Relay* abandona as tramas para restabelecer o equilíbrio da rede. Existem várias soluções protocolares para prevenir esta situação:

- activação do campo FECN ou do campo BECN para informar o utilizador de que deve reduzir a taxa de transmissão (Fig.4.12);

- estabelecimento de uma janela de antecipação reduzida (utilizado nos protocolos ponto a ponto (tipo TCP) para abrandar o tráfego na fonte e aliviar a carga na rede);
- protocolo de sinalização CLLM (*Consolidated Link Management*) que consiste no envio de uma mensagem (através de um cv referenciado como DLCI nº 1023) aos equipamentos de acesso ordenando o abrandamento do tráfego, dos circuitos virtuais suspeitos de saturação;
- protocolo de sinalização LMI (*Local Management Interface*) (o equipamento de acesso interroga periodicamente o comutador de *Frame Relay* para conhecer os circuitos virtuais disponíveis).

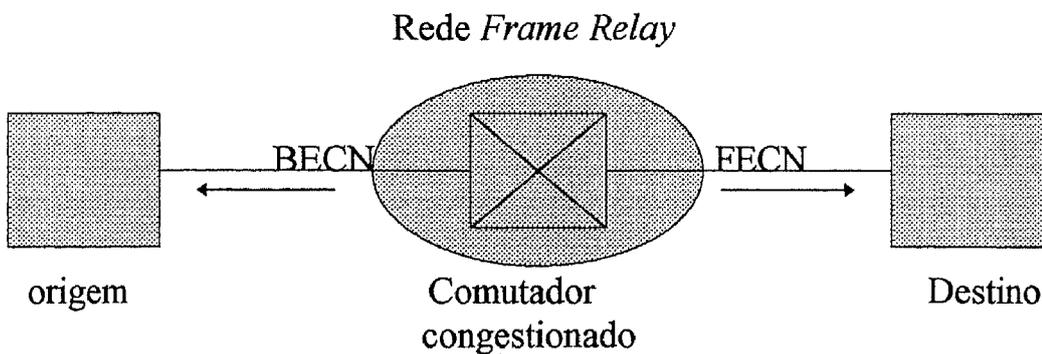


Fig. 4.12 - Notificação de congestão explícita

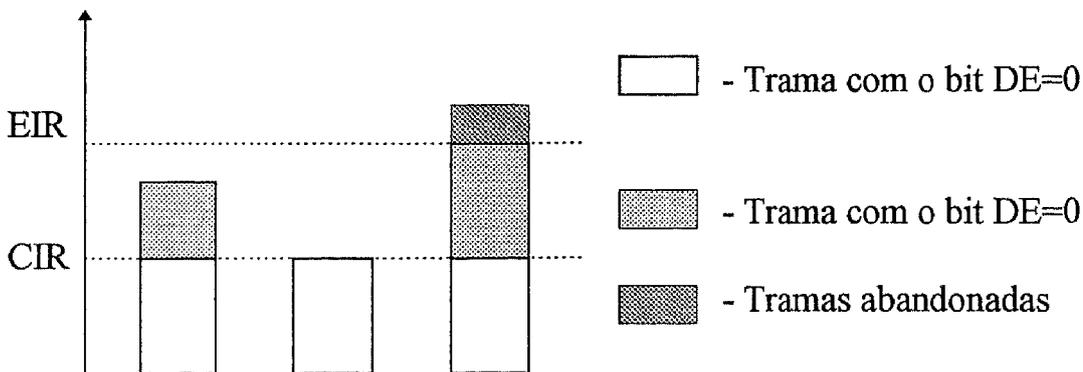


Fig.4.13 - Gestão da banda passante

### 4.3.5 VSAT

São ligações baseadas na utilização de VSATs (*Very Small Aperture Terminals*), isto é, sistemas de terminais de antenas fixas e/ou transportáveis, da ordem dos dois metros de diâmetro, colocados nas instalações dos clientes, que comunicam através de satélites geoestacionários, sendo configurados para exigências específicas de protocolo, velocidade de transmissão e modos de ligação.

Os VSATs podem ser instalados em qualquer ponto de cobertura do satélite, sendo as tarifas independentes da localização das antenas.

Os principais componentes das redes são:

- 1- Estação Central (Hub)
- 2- Estações Remotas (VSATs)
- 3- Satélite

Estas redes podem ser privadas no caso de grandes empresas, ou podem ser exploradas por um operador público de telecomunicações, em regime de *hub* partilhado, fornecendo serviços a várias empresas.

Em Portugal, actualmente, a empresa concessionária deste tipo de ligação é a Marconi que cede à Telepac a sua comercialização. Utilizam dois satélites, Eutelsat e Hispasat, com três tipos de equipamentos:

- Mini-Hub - O *hub* pode ser privado ou partilhado, a sua cobertura restringe-se à Península Ibérica através do Hispasat. Só permite velocidades até 19,2 kbps e apenas transporta tráfego X.25;
- Hub partilhado - Está localizado em Sintra, tem cobertura europeia através do Eutelsat, permite velocidades de 2,4 a 2x64 kbps e pode transportar voz ponto a ponto (ainda não se encontra em exploração), X.25, SDLC, LAN Advantage, HDLC transparente, permitindo também interligação de LANs Ethernet ou Token Ring, difusão de vídeo e as transmissões síncrona e assíncrona transparentes;
- Sem Hub - Interligação de dois pontos ou convergência de dois pontos num terceiro, com cobertura europeia através do Eutelsat, permite velocidades de 64 kbps a 2 Mbps e transmissão transparente.

#### 4.3.5.1 Estação Central (HUB)

É constituído pela estação terrestre, equipamentos de transmissão e sistemas de gestão.

A estação terrestre é constituída por uma antena com um diâmetro entre 6 e 9 metros e o equipamento de RF (rádio frequência) para bandas típicas de satélite.

O equipamento de transmissão é constituído por um equipamento de frequência intermédia (IF), e pelo equipamento de processamento de banda base (BB) que executa as necessárias conversões de protocolo, desmultiplexagem e multiplexagem necessárias para converter os dados do utilizador das portas HUB para formato de transmissão satélite. Este equipamento é do tipo modular possibilitando a adição de novos interfaces, nos dois lados (utilizador e *hub*).

O sistema de gestão está integrado na configuração da rede e deve ser suficientemente flexível para suportar as variações das necessidades dos diferentes utilizadores e as funções operacionais das redes.

#### 4.3.5.2 Estações Remotas (VSATs)

Cada VSAT é constituído por duas unidades distintas:

- Uma antena parabólica com diâmetro entre 1,2 e 2,4 metros e o respectivo equipamento de RF.
- Uma unidade interior, com dimensões semelhantes a um vulgar PC, com equipamento IF e BB, destinada a trabalhar em condições normais de humidade e temperatura, podendo suportar várias interfaces conforme as necessidades do utilizador.

Estas unidades são interligadas por um cabo coaxial que não deverá exceder os 120 metros.

#### 4.3.5.3 Satélite

A ligação entre o HUB e os VSATs é feita através de um satélite geoestacionário, a cerca de 36000 km de altitude.

O *transponder* é o principal elemento do satélite, responsável pela detecção e filtragem de *uplink*, amplificação, conversão e envio do *downlink*.

Embora existam redes VSAT em C-band, a Ku-band oferece uma maior largura de banda permitindo assim uma melhor comunicação a redes de alto débito e redes de comunicações integradas.

Na Europa, a banda de satélite usada para VSATs é a Ku-band com frequências de:

- *Uplink* - 14,0 a 14,5 GHz
- *Downlink* - 11,75 a 12,25 GHz

### 4.3.6 MAN

As MANs são redes que permitem grandes velocidades (mais do que 100 Mbps) no transporte de diferentes tipos de informação tais como: vídeo, voz e dados e fornecem conectividade comutada extremo a extremo, cobrindo distâncias entre 5 a 50 km. O princípio de operação é semelhante ao das LANs, com a diferença do tipo de MAC (*medium access control*) utilizada nas MANs, otimizada para uma maior cobertura geográfica.

A norma IEEE 802.6 especifica a interface de acesso ao serviço, o DQDB (*Distributed Queue Dual Bus*). O comité desta norma incluiu representantes das indústrias de telecomunicações e de computadores porque um dos seus interesses foi o interface entre o DQDB e as redes de telecomunicações de longa distância, concluindo que a estrutura do cabeçalho do DQDB deveria ser idêntica à usada pelo ATM (DW,93).

#### 4.3.6.1 Objectivos do DQDB

##### - Partilha da largura de banda

O DQDB, tal como outros protocolos utilizados na comutação de pacotes, permite a partilha eficiente da largura de banda, por muitos utilizadores, utilizando a multiplexagem estatística em que a informação do utilizador é dividida em pacotes que são transmitidos juntamente com pacotes de outros utilizadores sempre que a largura de banda está disponível.

##### - Cobertura geográfica

O DQDB foi projectado para operar a grandes distâncias oferecendo, por isso, capacidades que não são possíveis noutros protocolos de acesso múltiplo limitados pela distância (Token Ring ou CSMA/CD).

##### - Capacidade Multimédia

O DQDB pode transportar dados e tráfego isócrono. São considerados dois tipos de tráfego: assíncrono que pode tolerar atrasos variáveis e isócrono em que os octetos são gerados em intervalos de tempo regulares, havendo reserva de largura de banda.

##### - Mecanismo de prioridade

Para os diferentes serviços assíncronos o DQDB permite diferentes níveis de prioridade; é importante para a gestão da rede em que poderá ser dada alta prioridade à informação de sinalização e de manutenção.

- Normalização

DQDB é uma norma publicada, IEEE 802.6, desenvolvida dentro das séries IEEE 802 das normas de comunicação.

#### 4.3.6.2 Arquitectura DQDB

Uma rede DQDB é constituída por dois barramentos unidireccionais que operam em direcções opostas (Fig.4.14). Os slots em que os dados são transportados, são gerados no extremo de cada barramento. Para que a informação recebida por um nó de um determinado barramento não seja afectada pela informação de escrita desse mesmo nó, a operação de leitura está localizada a montante da operação de escrita.

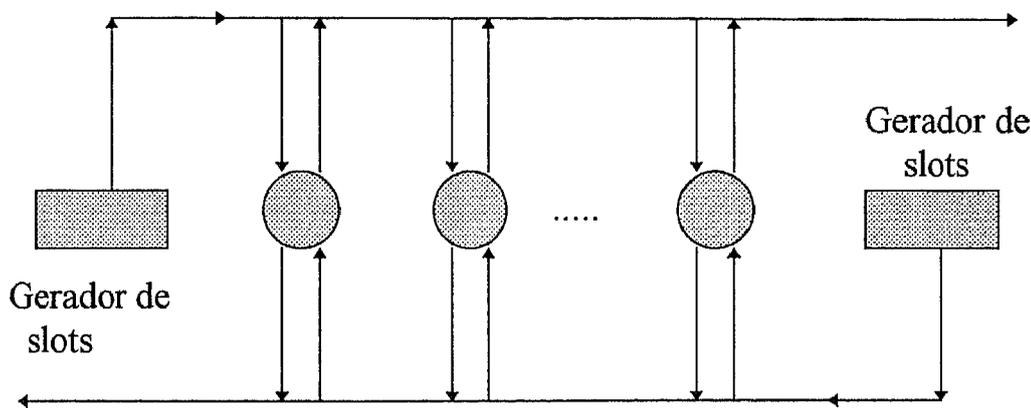


Fig. 4.14 - Arquitectura DQDB

O *slot* tem um comprimento fixo de 53 octetos (Fig. 4.15).

O campo ACF indica: qual o tipo de slot, PA (*pre-arbitrated*) para serviços isócronos ou QA (*queue-arbitrated*) para serviços assíncronos; se o *slot* QA contém dados (*busy=1*) ou não (*busy=0*); três níveis de prioridade que são activos a 1 pelas unidades de acesso que necessitam de largura de banda para transmitir segmentos QA.

O cabeçalho consiste nos seguintes campos:

VCI - *Virtual channel indicator* - podem ser suportados até 1 048 576 canais simultâneos,

*Payload Type* - usado para distinguir os dados do utilizador da informação da rede (gestão e sinalização),

*Segment priority* - reservado para futuros usos,

*Header Check Sequence* - detecção de erro só no cabeçalho visto que o controlo de erro dos dados do utilizador é da responsabilidade do equipamento terminal.

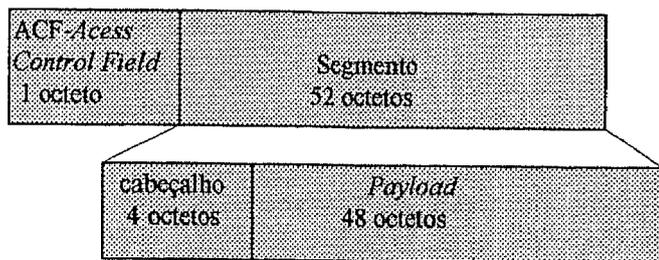


Fig. 4.15 - Estrutura do slot

#### 4.3.6.3 Serviços

DQDB permite serviços *connectionless* e *connection-oriented*. Os serviços *connectionless* são serviços assíncronos e correspondem a datagramas da comutação de pacotes. Os serviços *connection-oriented* requerem o estabelecimento de chamada e correspondem aos circuitos virtuais e existem dois tipos: isócronos e assíncronos.

Os isócronos tratam de octetos separados por intervalos de tempo iguais: PCM para os serviços de voz e taxa de bits fixa para os serviços de vídeo; este tipo de tráfego não permite atrasos enquanto que os assíncronos podem tolerar algum atraso.

### 4.3.7 Fast Packet Switching

Esta tecnologia de comutação de pacotes é apropriada para redes de grandes velocidades, da ordem de centenas de Mbit/s.

A função de comutação é implementada em *hardware*, para suportar elevados débitos de informação, permitindo a utilização da enorme largura de banda disponibilizada pelas fibras ópticas. O *hardware* destes módulos de comutação é conseguido através da tecnologia VLSI (*Very Large-Scale Integration*).

Para facilitar a implementação em *hardware* das funções de comutação é defendida a utilização de pacotes de tamanho fixo, porque aumenta a velocidade de comutação e diminui a complexidade de gestão das filas de espera fornecendo uma estrutura de multiplexagem temporal da informação designada por ATM (*Asynchronous Transfer Mode*).

#### 4.3.7.1 ATM

A informação de múltiplas fontes é multiplexada em células de tamanho fixo que consistem num campo de informação do utilizador (48 octetos) e num cabeçalho (5 octetos) para identificar o canal virtual a que pertence. A frequência de transmissão para cada conexão depende do débito que cada serviço necessita em cada instante. O número máximo de conexões virtuais está limitado pela soma total de débitos que em qualquer instante não pode exceder o débito total disponível.

##### 4.3.7.1.1 Arquitectura ATM

A ITU define as seguintes camadas no seu modelo de referência protocolar (I.321) (Fig. 4.16):

Camada física - subdividida em camada de convergência de transmissão e camada do meio físico. A camada de convergência insere/suprime células nulas de modo a adaptar a taxa de células válidas à capacidade do sistema de transmissão, a camada física realiza as funções típicas de interface com o meio de transmissão: conversão electro-óptica, codificação de linha e sincronização de bit.

Camada ATM - tem como algumas das suas funções multiplexar e desmultiplexar células, gerar e extrair cabeçalhos e fazer o encaminhamento, nos comutadores da rede.

É nesta camada que se distinguem os conceitos de canal virtual (VCI) e trajecto virtual (VPI).

No cabeçalho existem dois sub-campos para identificar uma conexão virtual:  
 VCI - identificador de canal virtual, é atribuído na fase de estabelecimento de chamada,

VPI - identificador de trajecto virtual, constituído por um conjunto de canais virtuais.

Camada AAL (*ATM Adaptation Layer*) - Esta camada isola as camadas superiores das características específicas da camada ATM, é constituída pelas sub-camadas SAR (*Segmentation and Reassembly*) que faz, na emissão, a segmentação da informação vinda da camada superior e o contrário na recepção e a sub-camada CS (*convergence*) que executa funções do tipo recuperação do relógio do serviço, das células perdidas, etc. Existem 4 tipos desta camada dependendo da classe de serviço requerido: AAL1 (classe de serviço A), AAL2 (classe de serviço B), AAL3/4 (classes de serviço A, C, e D) e AAL5 (classe de serviço C). As classes de serviços (A,B,C,D) (Fig. 4.17) dependem do modo de conexão (*connection-oriented*, ou *connectionless*), da *bit rate* (constante ou variável) e do sincronismo entre o emissor e o receptor (necessário ou não).

Camada AAL	Convergence
	Segmentation and Reassembly
Camada ATM	Virtual channel level
	Virtual path level
Camada física	Transmission path level
	Digital section level
	Regenerator section level

Fig. 4.16 - Arquitectura ATM

Classe A	Classe B	Classe C	Classe D
<i>Connection oriented</i>			<i>Connectionless</i>
<i>Bit Rate Constante</i>	<i>Bit Rate variável</i>		
C/Sincronização		S/Sincronização	

Fig. 4.17 - Classes de serviços suportados pela camada AAL

Exemplos das 4 classes de serviços:

Classe A - serviços com *bit rate* constante (voz, vídeo e emulação de circuitos);

Classe B - serviços de voz e vídeo com *bit rate* variável;

Classe C - serviços de dados e imagem *connection-oriented*;

Classe D - serviços *connectionless* para dados e imagem.

#### 4.3.7.1.2 Serviços oferecidos

Esta rede tem as seguintes características:

- operação orientada às conexões - o terminal solicita à rede o estabelecimento de conexões virtuais, através de sinalização; se a rede não tiver recursos suficientes para assegurar a qualidade de serviço pretendida, a ligação é rejeitada; no caso da chamada ser estabelecida, os recursos são libertados quando termina a transferência de informação;
- inexistência de protecção contra erros ou controlo de fluxo - os erros ocorridos só podem ser eliminados através de protocolos extremo a extremo;
- funcionalidade do cabeçalho reduzida - para permitir velocidades elevadas;
- campo de informação pequeno - permite reduzir as filas de espera e limitar os atrasos.

# Capítulo 5

---

## CTS - Centro Técnico de Supervisão e Controlo

---

### 5.1 Introdução

Actualmente a exploração (manutenção e controlo-comando) dos equipamentos relacionados com a navegação aérea é baseada na deslocação de pessoal especializado. Esta situação traduz-se num aumento de tempo de reposição do serviço prejudicando assim a sua continuidade.

O aumento da exigência dos utilizadores (companhias aéreas) sob o ponto de vista da continuidade e qualidade de serviço implicaram o aumento do número de equipamentos e a modernização dos existentes para ajuda à navegação aérea.

Impõe-se por isso a necessidade de aperfeiçoar a exploração no que respeita à sua filosofia, custos e meios a utilizar.

Assim a tendência natural é centralizar, instalando unidades remotas nas estações dependentes do respectivo aeroporto e sistemas informáticos em tempo real nos aeroportos que por sua vez poderão dialogar com a hierarquia superior (Lisboa).

O funcionamento integrado destes sistemas torna possível o conhecimento do estado de funcionamento de todos os equipamentos ligados a um determinado aeroporto e na globalidade em toda a FIR (*Flight Information Region*) de Lisboa (Fig. 5.1).

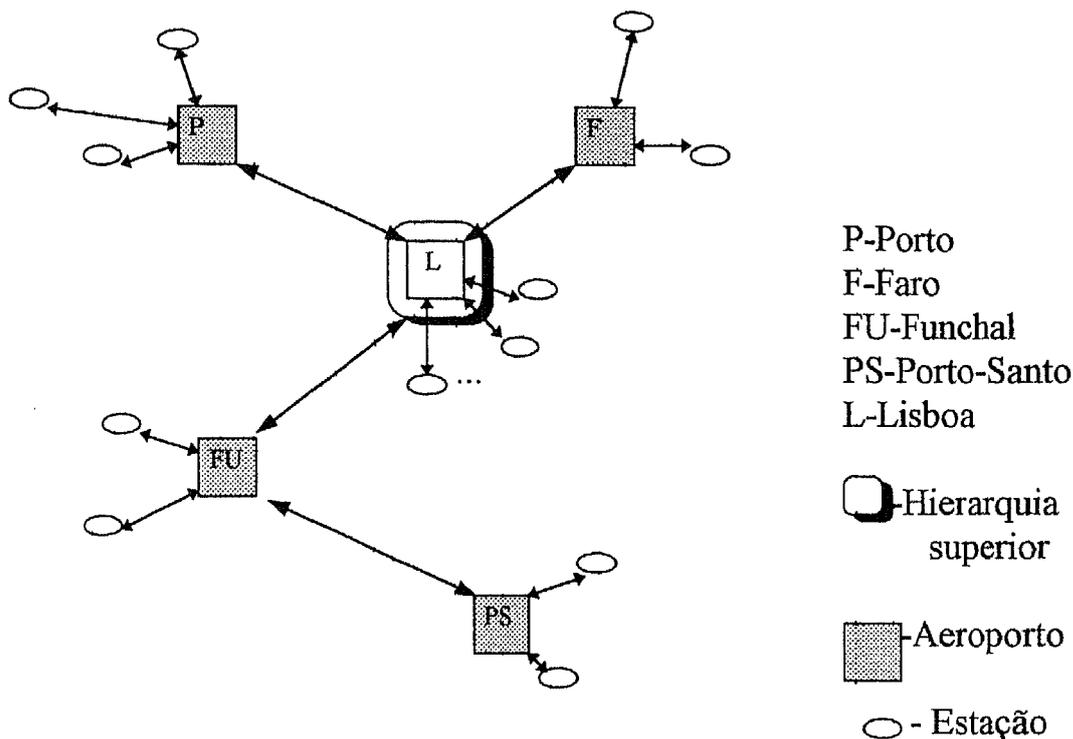
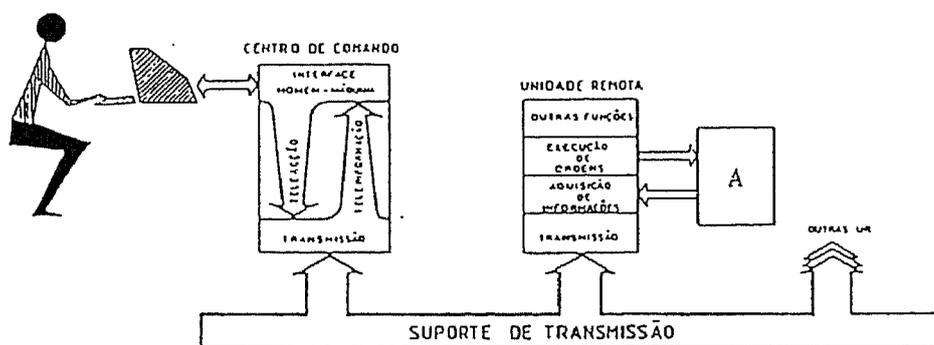


Fig. 5.1 - Interligação das estações e aeroportos da FIR de Lisboa

Os aeroportos necessitam de sistemas informáticos de automatização e telecontrolo - Centros Técnicos de Supervisão e Controlo - que operam segundo o esquema de princípio representado na Fig. 5.2, assentando o seu funcionamento na realização das seguintes funções básicas:

- Teleinformação que consiste na recolha de informação necessária à exploração da estação (estados, medidas, etc.), e na sua transmissão para o CTS (Centro Técnico de Supervisão e Controlo) onde é apresentada aos operadores permitindo o conhecimento em tempo real do estado do equipamento.

- Teleacção que possibilita aos operadores o envio, a partir dos seus postos de operação, dos diferentes tipos de ordens necessárias ao bom funcionamento dos equipamentos, sendo estas encaminhadas através das vias de transmissão até às unidades remotas actuando os respectivos comandos e funções correspondentes.



A - equipamento/processo

Fig.5.2 - Funções de um sistema de automação e telecontrolo

## 5.2 Proposta de uma Especificação Técnica para o CTS

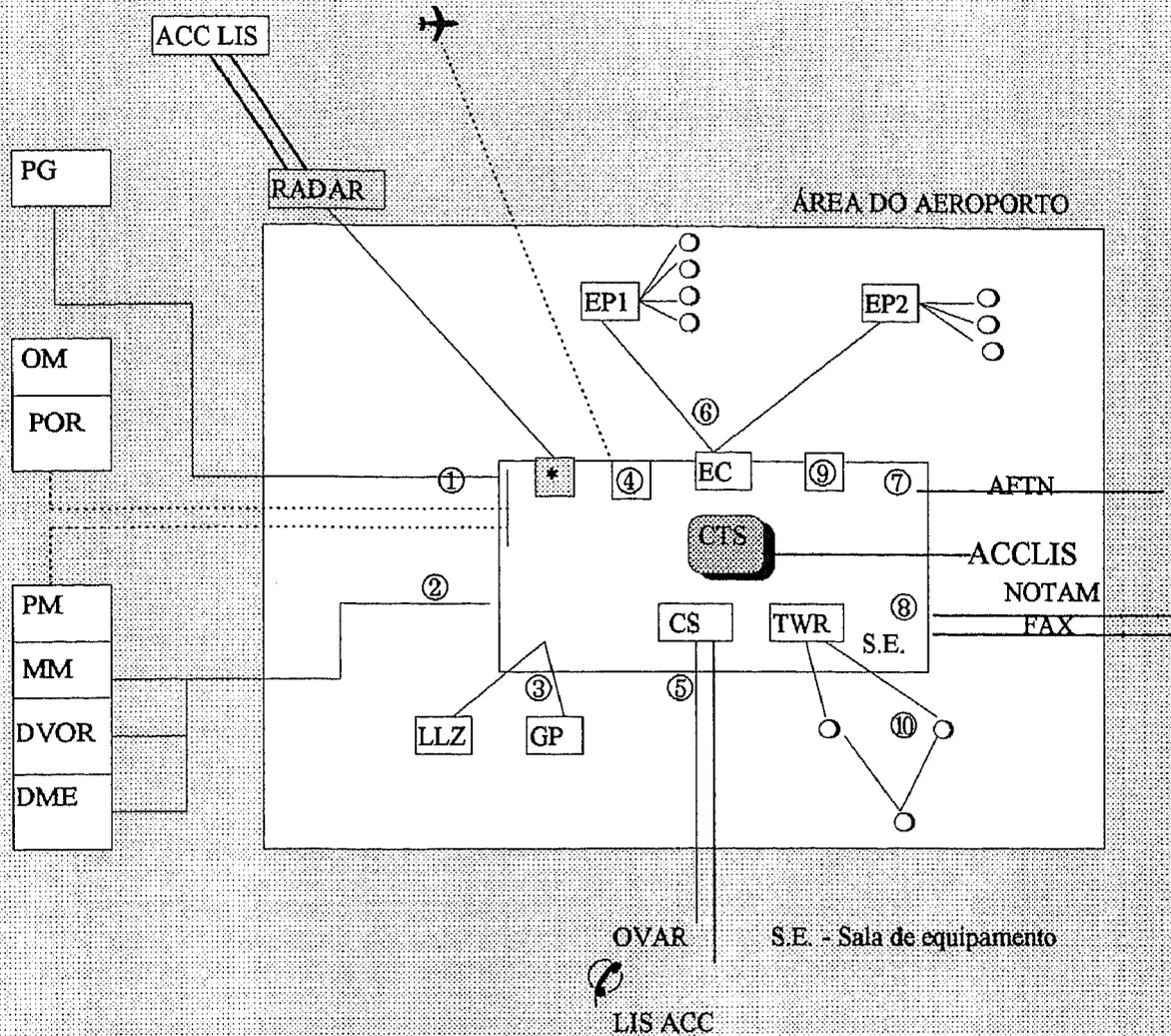
### 5.2.1 -Objectivos Gerais

O Centro Técnico de Supervisão e Controlo (CTS) destina-se a monitorar e comandar um conjunto de equipamentos instalados localmente (na área do aeroporto) e remotamente (exterior à área do aeroporto) (Fig. 5.3) e para isso deve assegurar as seguintes funções (Fig. 5.3):

- a) Aquisição das informações transmitidas pelos equipamentos;
- b) Tratamento das informações e sua apresentação ao operador, de modo automático ou a pedido deste;
- c) Envio de comandos aos equipamentos;
- d) Actualização da base de dados;
- e) Gestão das vias de comunicação com as unidades remotas e com o CTS da hierarquia superior;
- f) Gestão da interface “Homem - Máquina” (conjunto de meios, postos à disposição do operador, para agir e estar informado sobre o sistema e sobre o processo a controlar);
- g) Execução de cálculos, em períodos definidos, utilizando a base de dados e informações arquivadas;
- h) Arquivo magnético;
- i) Envio de mensagens de sincronização horária às unidades remotas.

Os equipamentos devem permitir a fácil evolução para arquitecturas mais complexas (*hardware e software*).

Localmente os sistemas deverão ficar ligados em rede tipo Ethernet e suportar a família de protocolos TCP/IP. Esta rede ficará interligada à rede da hierarquia superior e às dos outros aeroportos da FIR de Lisboa através da Rede Operacional de Interligação de aeroportos.



**CTS** Equipamento de Supervisão e Controlo a adquirir e sua ligação à hierarquia superior

- |       |                 |                                       |
|-------|-----------------|---------------------------------------|
| ..... | lig. via rádio  | ① - MONITOR DE NDBs                   |
| ————— | lig. por cabo   | ② - DVOR/DME + MM (ILS)               |
| ————— | lig. com Lisboa | ③ - ILS                               |
|       |                 | ④ - TX RX AIR/GROUND                  |
|       |                 | ⑤ - PPCA (2 circuitos ded., 6 fios)   |
|       |                 | ⑥ - METEO                             |
|       |                 | ⑦ - LINHA DEDICADA para e de Lisboa   |
|       |                 | ⑧ - LINHAS COMUTADAS para e de Lisboa |
|       |                 | ⑨ - GRAVADORES                        |
|       |                 | ⑩ - SISTEMAS DE VENTOS                |
|       |                 | * - Equipamento RADAR                 |

Fig. 5.3 - Sinóptico dos equipamentos do ASC e respectivas ligações

## 5.2.2 Arquitectura do equipamento do CTS

O equipamento CTS deve permitir a gestão das seguintes ligações (Fig. 5.4):

- com os equipamentos a controlar;
- com o posição de operação;
- com as impressoras e unidades de armazenamento magnético;
- com o equipamento de hierarquia superior (TCD - Lisboa).

Deverá ser constituído por:

**1 - Computador principal e um de reserva** com as seguintes características:

HARDWARE:

processador PENTIUM 133 MHz;  
32 MB RAM (expansível);  
disco Rígido > 1GB;  
CD ROM 8X;  
portas Série (1);  
conectores de ligação à rede local ETHERNET 10BaseT (RJ45).

SOFTWARE:

- o Pacote de desenvolvimento de aplicações para supervisão, controlo e gestão dos equipamentos deverá poder correr em diversas plataformas (MS Windows, OS/2 warp), optando-se por uma em exclusividade;
- deverá ser compatível com diversas redes de computadores (ex: Ethernet) e protocolos (ex: TCP/IP);
- deverá possibilitar a utilização on-line de bases de dados relacionais standards (ex: ORACLE e DBASE IV);

**2 - Posição de operação**, unidade inteligente que assegure a interface Homem-Máquina constituído por:

- monitor policromático gráfico de alta resolução de 21”;
- teclado dedicado e ‘rato’;
- uma impressora para as listagens automáticas (relatórios);
- suporte magnético para arquivo das informações vindas das unidades remotas, geradas pelo sistema, ou resultantes das acções dos operadores.

## ARQUITECTURA DO SISTEMA

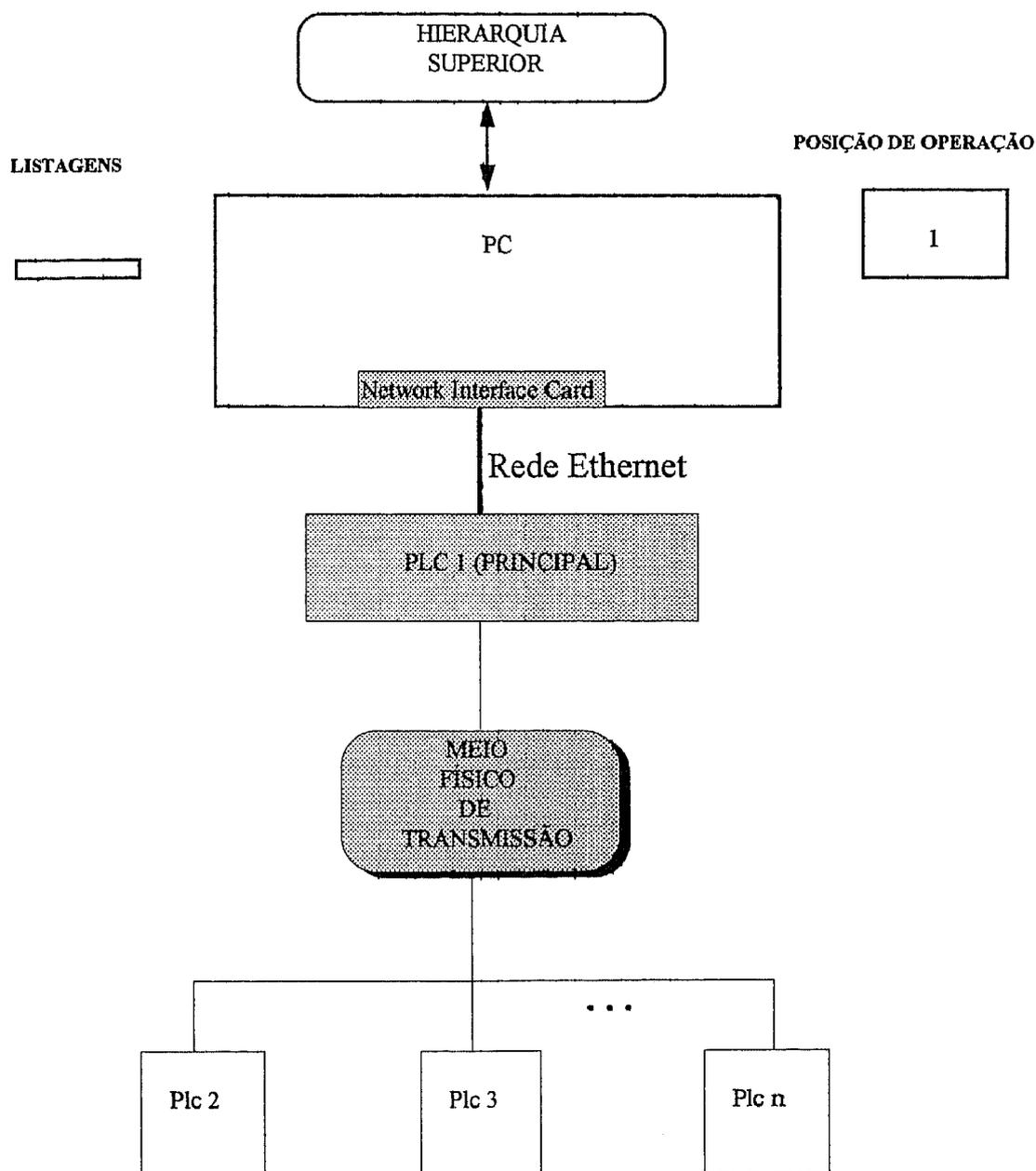


Fig. 5.4 - Arquitectura do sistema

### 5.2.2.1 Diálogo Homem-Máquina:

O diálogo homem-máquina deverá ser simples, amigável e fiável baseado numa filosofia hierarquizada de janelas, na utilização através de teclas dedicadas ou “rato” para acesso às diferentes funcionalidades do sistema.

#### Visualização de Imagens Gráficas:

As imagens gráficas deverão ser imagens gerais representando a globalidade das estações, do sistema informático, das vias de comunicação e respectivas relações com os alarmes aceites e/ou pendentes.

#### Visualização de Imagens Alfanuméricas :

Nas imagens alfanuméricas deverão constar:

- Menú geral.
- Lista com as imagens gráficas das diferentes instalações (unidades) remotas e informações gerais sobre o seu estado (inacessibilidade, estação em comando local, etc.).
- Lista dos alarmes organizados cronologicamente, das instalações (unidades) remotas e do sistema.

Os alarmes serão identificados através da cor do texto como urgentes e menos urgentes, pendentes e aceites.

O aparecimento de um alarme provoca a sua intermitência na imagem. Se for fugitivo a sua aceitação provoca o desaparecimento da imagem, se for permanente o desaparecimento da causa provoca a intermitência na imagem e a aceitação por parte do operador provoca o desaparecimento na imagem.

A Lista de outros acontecimentos, não incluídos na descrição anterior, e a sua aceitação não provoca o seu desaparecimento da imagem.

Os métodos de actuação sobre o sistema e as URs poderão ser: através de teclas dedicadas; uso da bola rolante; validação com a posição do cursor ou digitando os comandos na linha de diálogo do monitor.

Na linha de diálogo deverá existir uma área para a afixação da data (dia da semana / dia do mês / mês / ano) e da hora (hora : minutos : segundos); uma

área para afixar o eco do sistema às acções do operador e uma área com o número total de alarmes aceites e pendentes.

Os alarmes sonoros serão activados sempre que um alarme seja recebido ou gerado no CTS. O cancelamento deverá ser feito por uma tecla funcional.

A execução de comandos deverá passar pela imagem gráfica respectiva e pela utilização do cursor e de teclas funcionais dedicadas. A sequência deverá ser selecção, validação e execução com possibilidade de ser abortada pelo operador.

O acerto da data e hora deverá ser feito através do diálogo operador-sistema.

O CTS deve possuir um relógio interno com uma resolução superior a  $10 \cdot 10^{-5}$  s. A actualização da data deverá ser automática.

### **Arquivo Magnético**

Todas as informações geradas nas URs, as acções dos operadores e os cálculos efectuados pelo CTS devem ser transferidos para um suporte magnético de arquivo (ou área do disco duro) com o objectivo de estar disponível para análise por outras entidades (departamento de gestão ou manutenção). Deve ser sinalizada a eminência do esgotamento do arquivo.

### 5.2.2.2 Cálculos a efectuar pelo sistema

Tendo como objectivos a vigilância dos parâmetros definidos e a utilidade e necessidade do conhecimento dos valores reais, o sistema deverá ter capacidade de efectuar os seguintes cálculos:

- Tratamento estatístico da informação adquirida (médias aritméticas, classificação da sinalização, etc.).

- Tempo de Serviço - tempo durante o qual esteve operacional nas condições especificadas.

- Tempo de Anomalia - tempo de interrupção + tempo de degradação

- Tempo de Degradação - tempo durante o qual o sistema, embora operacional, funcionou fora das condições especificadas.

- Tempo de interrupção - tempo durante o qual houve interrupção do serviço prestado.

- Número de horas de funcionamento do equipamento em serviço

- MTTR (Mean Time To Repair) - Tempo Médio de Reparação

$$\text{MTTR} = \frac{\text{Tempo de Anomalia}}{\text{Número de Anomalias}}$$

- MTBF (Mean Time Between Failures) - Tempo Médio entre Falhas

$$\text{MTBF} = \frac{\text{Tempo de Serviço Total}}{\text{Número de Anomalias} + 1}$$

- Disponibilidade - Operacionalidade do sistema num determinado período de tempo

$$\text{DISP}(\%) = \frac{\text{Tempo de Serviço}}{\text{Tempo de Serviço} + \text{Tempo de Anomalia}}$$

- Fiabilidade (R) - Probabilidade do sistema estar operacional durante um determinado período de tempo (t).

$$R(\%) = 100 e^{-\frac{t}{MTBF}}$$

### 5.2.2.3 Tratamento de sinalizações

As sinalizações deverão ser caracterizadas do seguinte modo:

- Só deve existir mudança de estado para valores superiores a 20 ms (por exemplo) para eliminar os ressaltos dos contactos dos relés permitindo uma leitura de estados estável.
- O equipamento a instalar na UR deve ser concebido de modo a que estados incorrectos não sejam validados (exemplo avaria no módulo de aquisição ou no processo, provocando batimentos - mudanças de estado num curto espaço de tempo).
- Todas as telesinalizações recebidas devem ser memorizadas no PC, com indicação do equipamento emissor e da validação ou não, para tratamento informático.
- Qualquer variável pertencente à base de dados poderá dar origem a alarmes.
- O alarme deverá pertencer a um grupo (local e / ou equipamento ao qual está associada a variável) e a um nível de prioridade (urgência ou não no reconhecimento desse alarme pelos operadores).
- Para a sinalização “comando local” devem existir as seguintes limitações:
  - são interditos os telecomandos,
  - todos os alarmes gerados no CTS a partir das sinalizações associadas devem ser suprimidos.

#### 5.2.2.3.1 Criação de um alarme

A geração de um alarme implica a sua entrada na lista de alarmes que poderá ser consultada pelo utilizador a qualquer momento.

Deverá ser encaminhada para um ficheiro e/ou impressora.

O alarme poderá ser imediato (alteração de qualquer parâmetro do equipamento em serviço) ou diferido (temporizado entre 1 e 60 s, no caso de comutação de equipamento ou do sistema de alimentação).

#### **5.2.2.4 Tratamento dos telecomandos**

Telecomando é a transmissão de uma ordem de comando do CTS para a UR através de uma ligação de telecomunicações. A mensagem de telecomando se estiver correcta origina a execução da ordem.

Uma sequência de telecomando é constituída pelo conjunto de mensagens trocadas entre CTS e UR, pelas acções efectuadas na UR para a execução do comando emitido pelo CTS, pelo controlo da boa execução na UR e pela confirmação ao CTS da execução do comando.

Os comandos podem ser originados por:

- automatismos internos na estação / equipamento,
- ordem de telecomando dada pelo operador do sistema.

#### **5.2.2.5 Pedidos de “Controlo Geral”**

Estes pedidos (dos estados de todas as entradas e saídas) podem ser automáticos ou manuais.

Os pedidos automáticos são gerados pelo PC numa das seguintes situações:

- após uma anomalia na comunicação com a UR é restabelecida a ligação PC-UR;
- reinicialização da UR;
- dependendo do sistema, um número fixo de vezes por dia.

Os pedidos manuais são da iniciativa do operador; sempre que surja alguma dúvida na interpretação da informação o operador poderá pedir um “controlo geral”.

Se surgir alguma anomalia durante a recepção de um controlo geral, é gerado um novo pedido de controlo geral sobre essa UR. Se a anomalia persistir após três tentativas é gerado um alarme tornando a UR inacessível.

#### **5.2.2.6 Configuração dos dados - Parâmetros de funcionamento**

Para alterar a configuração da UR/equipamento deve ser possível recorrer ao software de desenvolvimento. O software de aplicação do CTS deve ser parametrizável. Os parâmetros devem ser introduzidos na configuração do sistema através do diálogo operador - sistema.

Para as telesinalizações deverão ser configurados:

- número de sinalizações,

- endereço da sinalização,
- número de telecomando associado,
- tipo de mudança de estado do sinal a transmitir (permanente ou fugitivo),
- natureza do estado do alarme,
- tipo de alarme (imediato ou diferido).

Para os telecomandos deverão ser configurados:

- número do comando,
- duração do impulso de corrente,
- número de sinalizações associadas,
- tipo de comando (impulsional ou permanente).

### **5.2.2.7 Condições ambientais**

Os equipamentos devem estar preparados para funcionar nas seguintes condições:

Temperaturas extremas entre 0° e 55° C,

Humidade relativa não superior a 90% (25° C),

Os equipamentos deverão estar protegidos contra perturbações electromagnéticas.

Na interligação das UR com o processo deverá existir um painel de isolamento e interface galvânico constituído por relés de sinalização, comando e transdutores de medida.

### 5.2.3 - Gestão da ligação de comunicações entre CTS e os equipamentos

#### 5.2.3.1 Identificação dos requisitos das comunicações entre as unidades remotas e o PLC1

As informações provenientes dos PLCs (Fig. 5.5) são usadas para monitorização, telecontrolo e estatística.

1 - A transmissão deverá ser preferencialmente **full-duplex**, de modo que as estações possam transmitir simultaneamente.

2 - O volume de informações é pequeno, porque o número de sinalizações é pequeno (ver Tabela 5.2). Por isso, a **velocidade** de 2 400 bps é suficiente para o número actual de sinalizações, mas deve ser possível aumentar a velocidade no caso de alguma modificação da estação/equipamento.

3 - Porque a natureza da informação é de grande importância para a segurança da Navegação Aérea, ambas as estações deverão poder transmitir sempre que for necessário, devendo ser por isso, do ponto de vista da ligação lógica, ambas primárias (toma a iniciativa de transmissão sem que para isso seja solicitada) ou secundárias (executa a transmissão de uma mensagem como resposta a um pedido), isto é, **estações combinadas**.

4 - Consultando o mapa de eficiências dos equipamentos verifica-se que para os equipamentos localizados remotamente, Gulpilhares (Gaia) e Retorta (Vila do Conde) não ocorre, em média, mais do que uma alteração de estado por dia. Nesse caso o CTS deverá estabelecer uma **chamada periodicamente** (programável), evitando-se assim anomalias provenientes de interrupções nas vias de comunicação.

5 - No caso do aparecimento de alterações de estado em mais do que uma URT o CTS deve indicar ao operador qual a **acção prioritária** consultando a Tabela 5.1 (Anexo 3).

6 - Deverá existir um **interface de comunicações inteligente** (PLC1) entre o CTS e as unidades remotas para libertar o computador principal das tarefas relacionadas com o tratamento das informações provenientes das linhas de comunicação.

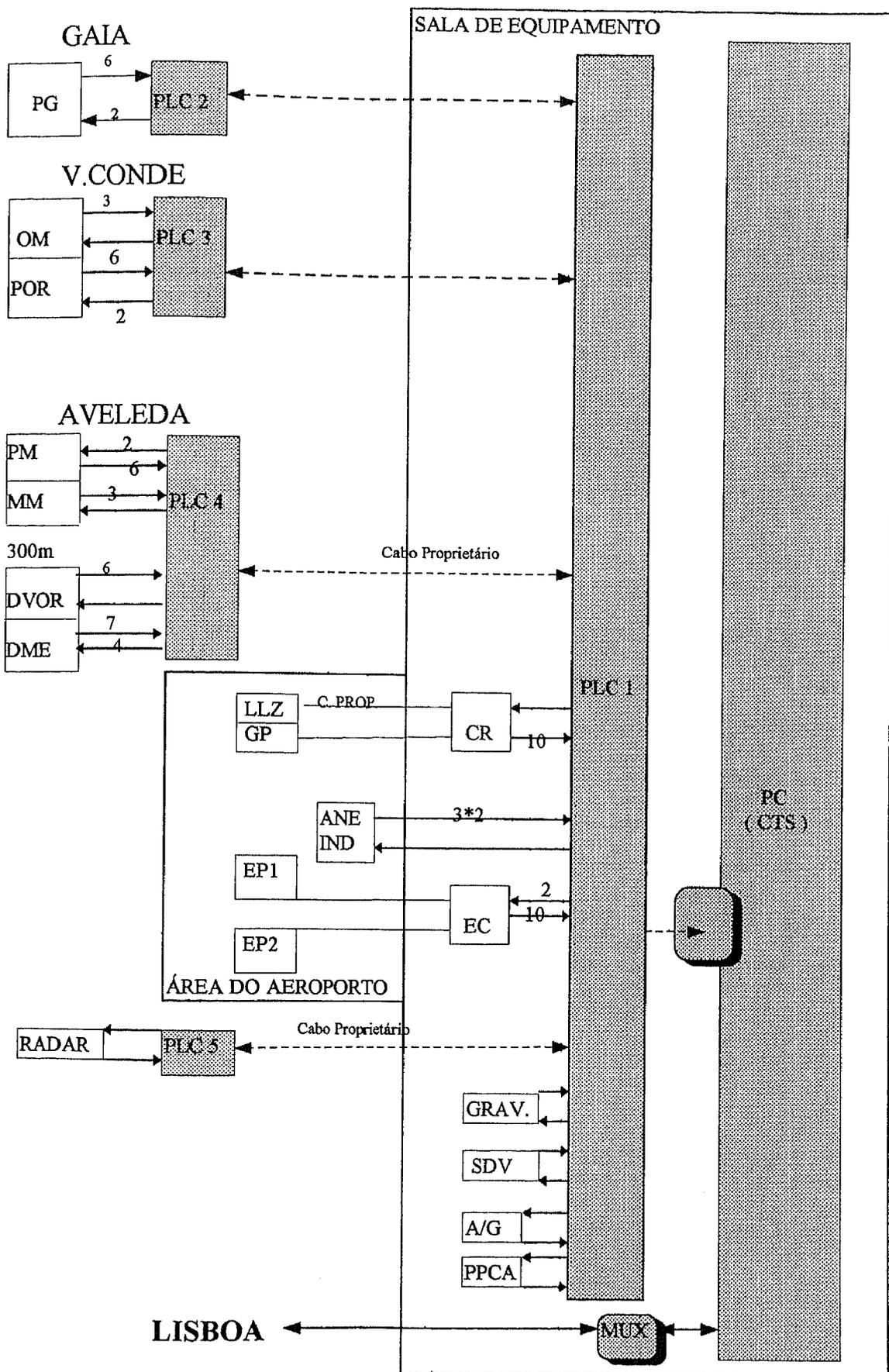


Fig. 5.5 - Proposta de configuração para o sistema CTS - PLCs

### 5.2.3.2- Tipo de ligação

As ligações de comunicações entre o CTS e os equipamentos localizados na área do aeroporto poderão ser ligações ponto a ponto ou multiponto, exploradas em modo série síncrono, ou assíncrono através de cabos proprietários.

Para os equipamentos localizados remotamente existem várias soluções para o meio de transmissão que serão abordadas no ponto 5.3.

O equipamento CTS e as unidades remotas devem apresentar nas suas interfaces de comunicações o máximo de conectividade e a possibilidade de interligação através das várias tecnologias que actualmente existem para o meio de transmissão (rede X.25, RDIS, etc.).

### 5.2.3.3 - Tipo de estação

O tipo de estação onde está inserido o equipamento deverá ser do tipo estação combinada, pois permite a partilha da ligação lógica com outra do mesmo tipo enviando comandos e respostas (Fig.5.6) para o caso da configuração ponto a ponto.

Requisitos para o estabelecimento da ligação lógica:

- Possibilidade de qualquer estação estabelecer a ligação lógica.
- Possibilidade de comunicação *full-duplex*, embora o diálogo possa eventualmente ser *two way alternate* (alternado = pergunta/resposta).

iniciativa do CTS (PLC 1) - faz a interrogação programável (parametrizável), dependendo da importância do equipamento (ver Tabela 5.1);

iniciativa do equipamento - sempre que ocorrer alteração de estado que requeira notificação.

O modo de operação para este tipo de ligação deverá ser ABM (*Asynchronous Balanced Mode*) pois é o modo mais eficiente das ligações ponto a ponto *full-duplex* (Sta97).

Ambas partilham o meio podendo transmitir livremente após o seu estabelecimento (sem receber permissão da outra estação).

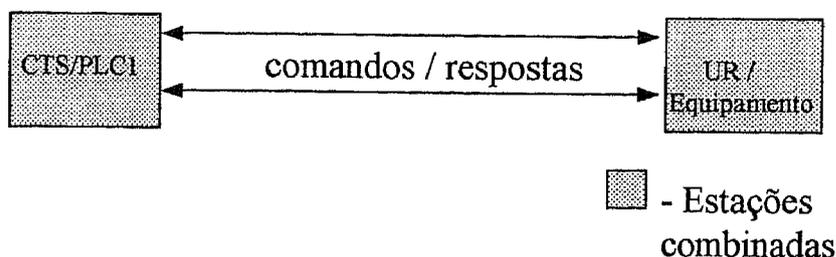


Fig. 5.6 - Ligação ponto a ponto

### 5.2.4 PLCs - Unidades (remotas ou internas) a controlar pelo CTS

Os PLCs devem constituir sistemas autónomos e programáveis que, com processamento próprio, garantem a execução fiável e atempada das tarefas de supervisão, controlo e automação.

Cada PLC deve dispor de duas vias de comunicações na carta de comunicações (principal e reserva). Devem ser possíveis vários suportes de comunicação.

A carta deve assegurar o interface físico RS232 das vias de comunicação, efectuando a ligação lógica entre duas ou mais entidades.

O número máximo de unidades a controlar no caso do aeroporto do Porto é de 10 : 3 remotas (distâncias da ordem de 22, 24 e 8 km), 4 localizadas na área do aeroporto (distâncias até 1,5 km) e as restantes na sala de equipamentos (Fig. 5.5).

	Entradas	Saídas
PLC 2 - GAIA	6 + 4*	2
PLC 3 - V.CONDE	9 + 4*	3
PLC 4 - AVELEDA	22 + 8 *	8
PLC 1 - AEROPORTO	29	7

Tabela 5.2- Número de entradas e saídas dos PLCs

\* entradas idênticas para todas as estações: informações sobre as alimentações, climatização, segurança, unidade de sincronismo / relógio.

Deve considerar-se sempre um valor superior, entradas e saídas de reserva, para alguma futura modificação.

### **5.2.4.1 Características Funcionais**

Os PLCs, central (PLC 1) e das estações remotas (PLC 2,3,n) devem assegurar as seguintes funções:

#### **PLC1**

- comandar os relés locais e remotos;
- pedir o envio do estado das informações a controlar;
- receber periodicamente mensagens das estações;
- efectuar o reset remoto às estações;
- actualizar a tabela existente em memória sempre que ocorra alguma alteração de estado (que será lida pelo software de aplicação).

#### **PLC 2,3,n**

- comandar os relés locais;
- enviar o estado das informações a pedido do PLC 1;
- enviar as alterações de estado.

#### **5.2.4.1.1 Protocolo de Comunicação**

O protocolo entre o PLC 1 (localizado na sala de equipamentos) e os PLCs remotos deve ter as seguintes características de modo a implementar as funções descritas nos PLCs:

- controlo de erro;
- endereçamento;
- encapsulamento;
- entrega Ordenada.

O formato da mensagem entre os PLCs deverá, pois, conter os seguintes campos:

- início;
- tipo de mensagem;
- mensagem;
- teste;
- fim.

O campo *Mensagem* deverá englobar as seguintes informações:

- identificação da estação;
- identificação da informação a controlar;
- estado (activo ou não).

- Se a mensagem não for correctamente recebida pelo PLC1, este deverá pedir a retransmissão.

- Todas as mensagens de alteração de estado enviadas pelos PLCs remotos deverão obter uma confirmação do PLC 1, caso contrário deverá ser enviada novamente a alteração de estado passado o tempo programado (Fig.5.7).

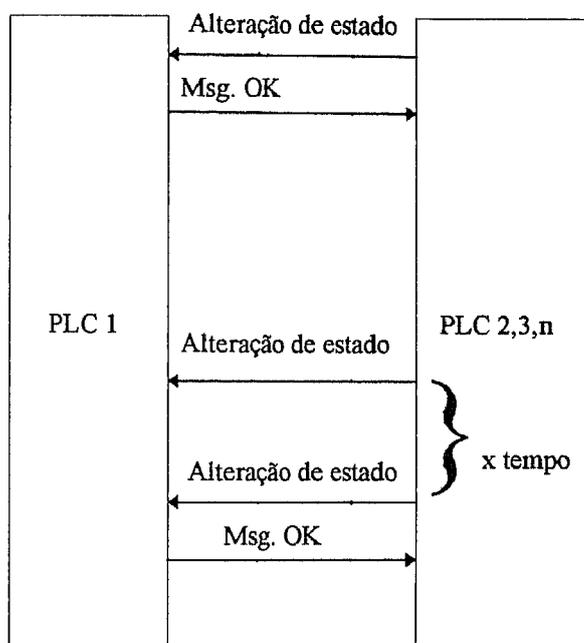


Fig.5.7 - Confirmação das mensagens

Nas comunicações entre o PLC 1 e estações remotas que necessitem de modem deve existir uma temporização para o caso de falta de resposta do modem.

Também deve existir uma mensagem de eco para o caso do autómato estar off-line.

No caso de ligação à rede pública (comutação de circuitos ou pacotes) é necessário implementar a função de estabelecimento de chamada (Fig. 5.8), que ficará a cargo do equipamento terminal da respectiva rede.

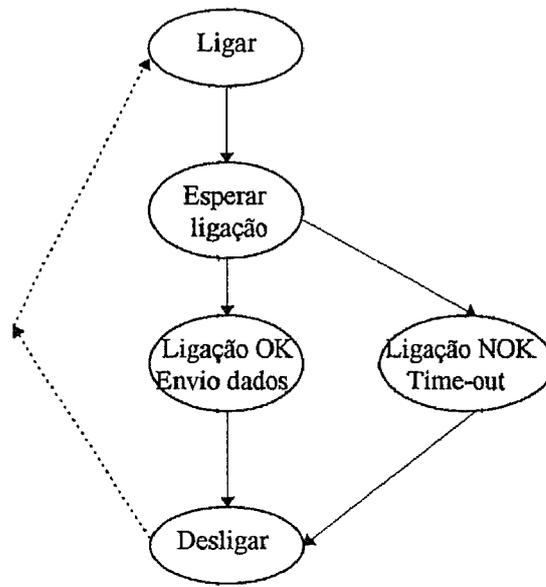


Fig. 5.8 - Função estabelecimento de chamada

### 5.2.5 Prospecção no Mercado/Consulta

No sentido de propor uma solução foi feita uma consulta a algumas empresas fabricantes e/ou representantes de equipamentos tendo como objectivo identificar soluções que satisfizessem os requisitos analisados neste estudo.

Para o **software** foi identificado um produto com as seguintes características:

- sistema de aquisição de dados, monitorização e controlo através de autómatos e outras UR's, em tempo real;
- as aplicações são convertíveis para todas as plataformas em que este software pode correr: Windows, Windows NT, OS/2 Warp, SCO Unix, AIX, HP/UX, OSF/1, VMS e OPEN VMS;
- ambiente multi-utilizador;
- processamento *stand-alone* ou distribuído em rede. São suportadas, de forma transparente, diversas redes (Ethernet, Token Ring e MAP) e diversos protocolos (DECnet, MMS, NetBIOS e TCP/IP). As aplicações configuradas para uma LAN ou WAN correm sem modificação em qualquer das redes suportadas;
- interface *on-line* com diversas bases de dados relacionais ( dBASE IV, IBM DataBase Manager, ORACLE, Ingres, Rdb/VMS e SYBASE);
- suporte para diversos interfaces gráficos, considerados actualmante standards: Microsoft Windows, Windows, IBM OS/2 Presentation Manager, DEC Windows, X Windows e Motif;
- possibilidade de desenvolvimento de novas funcionalidades e outros interfaces através de um conjunto de API's oferecido com o pacote de programação;
- interfaces de comunicações para diversas famílias de unidades remotas: Allen Bradley Data Highway, General Purpose Interface, Modicon Modbus, Omron, Saia, Siemens, Telemecanique, etc.

Para os **autómatos**, existem no mercado vários produtos que satisfazem os requisitos. Foi escolhido um, cujas características são as seguintes:

### **PLC's remotos**

- CPU dedicado;
- Unidades especiais de I/O;
- Elevada velocidade de processamento;
- Instruções mais versáteis;
- Porta RS 232 C incorporada.

### **PLC 1 (Central)**

- Carta de CPU, cujas características gerais são:

125 instruções;

2048 pontos de I/O;

62 kword de memória de dados;

24 kword de memória de dados.

- Carta de ligação à rede Ethernet:

Esta unidade suporta o protocolo TCP/IP ou UDP/IP. Também suporta o *File Transfer Protocol*.

- Carta BSC (Processamento de dados em linguagem BASIC), esta carta faz o interface de comunicação. Tem as seguintes características:

- múltiplas interfaces de I/O (RS 232 C, RS-422, Centronics, ou GP-IB);

- elevada velocidade e processamento multi-tarefa;

- troca de dados com o PC.

## Protocolo de Comunicação

Para o protocolo de comunicação entre o PLC1 e os PLCs remotos existem duas possibilidades:

### 1 - Protocolo proprietário

Este protocolo é do tipo Master-Slave, escrito em linguagem BASIC e carregado na carta BSC (PLC1). O Master envia um comando para a unidade remota e este automaticamente devolve a resposta. as comunicações são concluídas sem a unidade remota estar activamente envolvida.

### 2 - Desenvolvimento de um protocolo pelo utilizador

Neste caso, além de programar a carta BSC, é necessário programar a unidade remota (através da linguagem própria do autómato).

Atendendo às restrições do protocolo proprietário (dificuldade da implementação de estações combinadas) e à previsão de utilização de PLC's provenientes de diferentes fabricantes, a melhor solução será o desenvolvimento de um protocolo.

## Modelo Protocolar

- Na generalidade, nos PLC's encontrados, a comunicação é simples, do tipo assíncrono (carácter a carácter com *start-stop bits*).
- A ligação entre os PLC's é do tipo ponto a ponto. O PLC central deverá ter uma porta dedicada a cada PLC remoto, de modo a garantir a recepção *on-line* das mensagens e actuar (comandar) se necessário.
- Neste autómato, a carta BSC obriga a que o protocolo seja do tipo *stop and wait (half-duplex)*. Não é importante devido à pequena dimensão das mensagens e à pouca solicitação das mesmas.  
Tem a vantagem de ser uma forma simples de ordenação das mensagens.
- A necessidade de comunicação obriga a que os dois extremos tomem a iniciativa de transmitir. Devem existir três tipos de mensagens:
  - ✧ Mensagens activas (envolvem acção do operador):
    - iniciativa do PLC remoto - sempre que haja alteração de estado que necessite de comando,
    - iniciativa do PLC central - envio de comando.

✧ Mensagens de informação, periódicos (com a frequência de, por exemplo, 15 minutos):

A iniciativa deverá ser do PLC remoto, enviando o estado geral da estação (conteúdo do *buffer*). Tem a vantagem de se constatar a operacionalidade do próprio PLC e do meio físico.

✧ Mensagens de informação a pedido:

Iniciativa do PLC central, com o pedido do estado geral da estação. Implica uma resposta do PLC remoto com o envio do conteúdo do *buffer*.

▪ Todas as mensagens deverão ter uma resposta, caso contrário, deverão ser retransmitidas.

Se, após 3 retransmissões, não houver confirmação, a ligação deverá ser abortada avisando o operador (que repetirá ou não a operação) se a iniciativa do envio da mensagem partir do PLC central.

Se a iniciativa partir do PLC remoto, o operador só tomará conhecimento da anomalia se não receber a mensagem de informação periódica.

▪ O protocolo deverá ser independente do meio físico (ligações dedicadas, redes de comutação de circuitos ou pacotes, etc.), por isso, o estabelecimento do canal físico ficará a cargo dos equipamentos terminais da respectiva rede (Modem, TA, PAD, FRAD, etc.).

### **Considerações sobre as características funcionais do protocolo de comunicação**

✧ Com este protocolo o controlo de erro é efectuado através do FCS.

✧ Embora o endereçamento não seja necessário (trata-se de um protocolo ponto a ponto) manteve-se uma lógica de identificação: da estação, do equipamento a controlar e do respectivo contacto; para facilidade de procedimentos a nível superior.

✧ A entrega está ordenada porque a comunicação é do tipo *stop and wait*.

### 5.2.5.1 Exemplo de Aplicação

Considerando o PLC remoto da Aveleda (ver Fig. 5.5) como exemplo, a descrição do sistema é a seguinte:

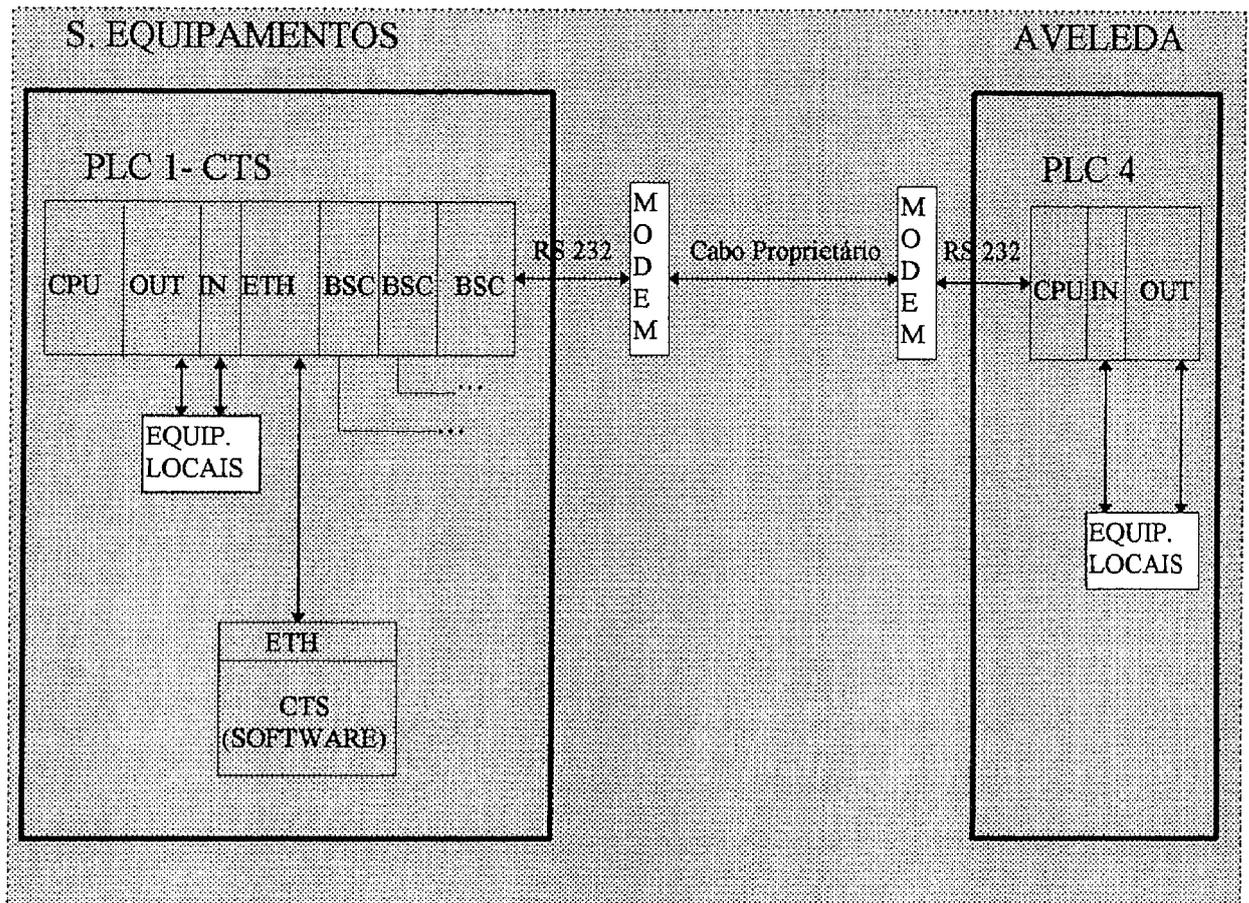


Fig. 5.9 - Exemplo da Aveleda

O PLC 1 deve conter as seguintes cartas:

- CPU;
- carta de entradas (IN);
- carta de saídas (OUT);
- carta de ligação à rede ETH;
- carta de interface de comunicação (BSC) com uma porta RS 232 (considerando apenas a ligação da Aveleda).

As cartas de entradas e saídas são para ligações dos equipamentos existentes na sala de equipamentos, a carta ETH liga ao CTS onde se

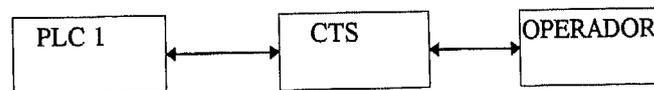
encontra o software instalado e a carta BSC liga a um modem visto que a distância entre o PLC 1 e o PLC 4 é de 8km.

O PLC 4 deve conter as seguintes cartas:

- CPU;
- carta de entradas;
- carta de saídas.

As cartas de entradas e saídas ligam aos equipamentos a controlar; deve existir uma porta RS232 para ligação ao modem e portas para ligações aos periféricos.

O software de aplicação instalado no CTS deve tratar as informações vindas do PLC 1 e do operador.



## 5.3 Comunicação entre o CTS e as unidades remotas

### 5.3.1 Comunicação entre o CTS (aeroporto) e a estação remota da Retorta (V.Conde)

A estação da Retorta é constituída por 2 tipos de equipamentos: o NDB POR (*Non Directional Beacon*, cujo indicativo em código Morse é POR) e o OM (*Outer Marker* - rádio baliza do equipamento ILS).

Actualmente, a única ligação que existe com esta estação é via rádio para a escuta do indicativo Morse do NDB.

As informações (operacionais) que vão ser monitoradas pelo CTS estão descritas no Anexo 1.

Atendendo à importância destes equipamentos (Tabela 5.1 - Anexo 3) e analisados os seus mapas de eficiência conclui-se que a periodicidade das mensagens sobre a operacionalidade dos equipamentos poderá ser de 15 minutos, não se justificando, por isso, uma ligação permanente.

Para estas ligações poderemos optar por acesso comutado, rede X.25, RDIS ou VSAT.

#### RDIS



Considerando 96 chamadas diárias (24h/15m) entre a URT e o CTS (para mensagens de informação periódicas) e 6 chamadas diárias entre a URT e o CTS reportando alterações de estado (a média não atinge uma chamada diária) e mensagens de informação a pedido, e, considerando a duração de um impulso suficiente (Tabela 5.3 - Anexo 4) para a transferência da informação, estima-se que o custo seja de 41 310\$/mês.

$$(24\text{h}/15\text{m} + 6) \times 30\text{d} \times 13,5\$ = 41\ 310\$/\text{mês}$$

24h/15m - mensagens de informação periódicas

6 - mensagens de alterações de estado e de informação a pedido

30 - dias

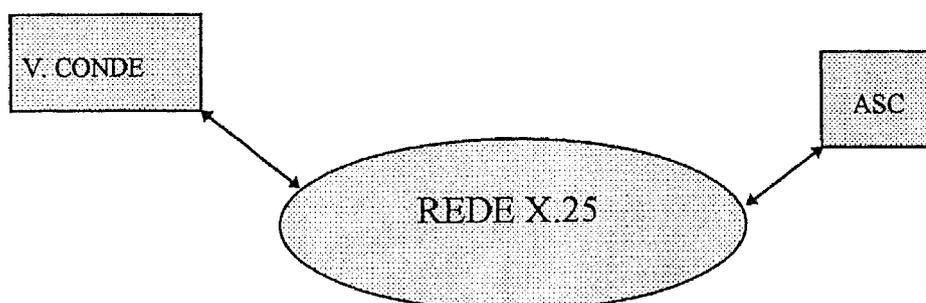
13,5 - custo do impulso

### Acesso comutado (RFN)

- + Custo de instalação - 16 500\$00
- + Custo de exploração - assinatura mensal 2 160\$00/mês + custo de impulsos

O custo do tráfego é igual ao da ligação RDIS - 41 310\$00.

### Ligação X.25



- + Custo da instalação - 55 contos
- + Custo de exploração - 53 350\$00

Devido ao pequeno número de mensagens que poderá circular nesta ligação (alguns bps), o acesso a 2 400 bps é suficiente (e a diferença nos custos para o acesso a 1 200 bps não é significativo). Os valores do preçário para 1997 do serviço de comunicação de dados do operador público (Telepac) encontra-se em anexo.

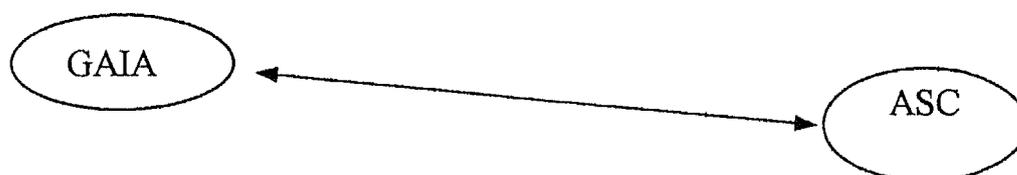
Esses custos incluem as comunicações.

### 5.3.2 Comunicação entre o CTS e a estação remota de Gulpilhares (Gaia)

Na estação de Gulpilhares existe o NDB PG (*Non Directional Beacon*, cujo código em Morse é PG). Este equipamento tem características e funcionalidades idênticas ao NDB POR

A solução implementada actualmente é a linha dedicada a 300 baud e o custo mensal é de 82 510\$.

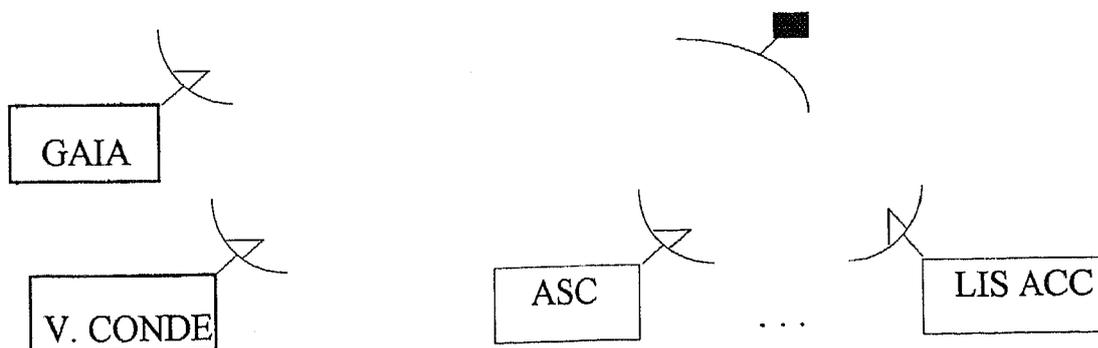
Pelas razões apontadas no caso do NDB POR, mapas de eficiência e importância do equipamento, a solução linha dedicada não se justifica actualmente, porque existem outras alternativas de telecomunicações, menos onerosas e adequadas ao pequeno volume de informação.



#### VSAT

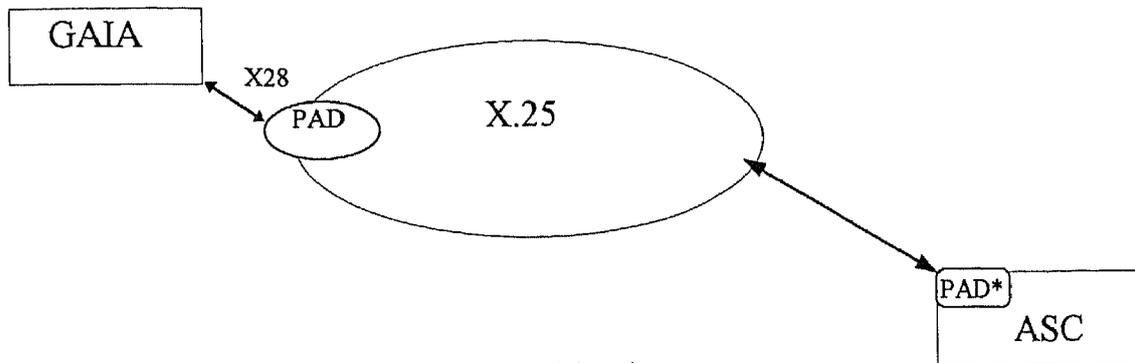
Esta solução só se torna económica considerando todos os pontos remotos da FIR de LISBOA : Porto, Faro, Lisboa, Porto Santo, e Funchal .

A partir de 30 pontos remotos o custo de cada ligação é de aproximadamente 50 contos/mês.



Vantagem: fiabilidade

## Ligação X.25



\*ou outro equipamento com funções idênticas

- Custo da instalação - 55 contos
- Custo de exploração - (Gulpilhares - zona 1) - 43 650\$00

Pelas mesmas razões apontadas no caso do POR, o acesso a 2 400 bps será suficiente.

O custo inclui tráfego e manutenção da linha .

## RDIS



- Custo da instalação - 35 contos
- Custo de exploração - assinatura de linha telefónica 4 700\$00/mês + custo de impulsos.

Custo de exploração estimado - 41 310\$00/mês (concluído para o caso do POR).

## Linha Comutada

→ Custo da instalação - 16 500\$

→ Custo de exploração: assinatura mensal 2 160\$00/mês + custo de impulsos

O custo estimado para o tráfego - 41 300\$ (igual ao da ligação RDIS).

### 5.3.3 Quadro comparativo dos custos das diversas soluções

RETORTA	RDIS	Acesso Comutado	X.25	VSAT 30 pontos
Instalação*	2 x 35	2 x 16,500	2 x 55	400
Exploração mensal	46	43,46	55 (2 400 bps)	50 (2 400 bps)
Assinatura comunicações	4,700 41,300	2,160 41,300		

Tabela 5.4 - Custos (em contos) dos serviços de telecomunicações para a estação da Retorta

GULPILHARES	RDIS	Acesso Comutado	X.25	VSAT 30 pontos
Instalação*	2 x 35	2 x 16,500	2 x 55	400
Exploração mensal	46	43,46	45 (2 400 bps)	50 (2 400 bps)
Assinatura comunicações	4,700 41,300	2,160 41,300		

Tabela 5.5 - Custos (em contos) dos serviços de telecomunicações para a estação de Gulpilhares

\* Se a solução for igual para as duas estações apenas é necessário um acesso no aeroporto.

	RFN	Ponto a Ponto	X.25	Frame Relay	RDIS	VSAT
Disponibilidade	Possibilidade de Bloqueio	Total	Possibilidade de congestionamento	Possibilidade de congestionamento	Possibilidade de Bloqueio	Total
Estabelecimento de Chamada (Tempo)	Elevado	Não tem	Em PVC não tem e em SVC é diminuto	Em PVC não tem e em SVC é diminuto	Pequeno	Não tem
Tempo de Processamento nos nós	Mínimo	Mínimo	Maior que em F.R.	Reduzido	Mínimo	Equivalente ao X:25 (para o caso dos 30 pontos VSAT com X25)
Ruídos /Interferências	Elevado				Mínimo	Nulo
Conectividade	Limitada	Limitada	Elevada	Elevada	Limitada	Elevada
Fiabilidade	Reduzida	Elevada				Elevada
Jitter	Mínimo	Mínimo	> que no FR	> que no ponto a ponto	Mínimo	
Atraso de transmissão	Depende do débito (tempo de transmissão)	Depende do débito (tempo de transmissão)	> FR (tempos de espera)	> ponto a ponto (tempos de espera)	Depende do débito (tempo de transmissão)	Elevado (tempo de propagação)
Integração de Serviços (voz+dados)	Possível	Possível	Impossível	Possível	Possível	Possível
Custo de Tráfego	Tempo de Utilização	Custo fixo	Custo contratual (Depende do Volume de Informação)	Custo fixo (CIR contratado)	Tempo de Utilização	Custo fixo (Depende da Largura de Banda)

Tabela 5.6 - Avaliação das diferentes tecnologias de suporte

## Custos actuais

### **Gulpilhares**

Linha dedicada de dados (300 baud) - 82 510\$00 / mês.

### **Retorta**

Não existe nenhuma ligação.

## 5.3.4 Conclusões

Analisadas as tabelas 5.4 e 5.5 conclui-se que as soluções, em termos económicos e em relação à exploração mensal, são idênticas mas a solução RDIS (Tabela 5.6) é a opção que reúne mais vantagens:

- tempo de estabelecimento de chamada curto (importante porque o volume de informação é muito pequeno);
- comunicação de dados fiável, maior imunidade ao ruído;
- num mesmo acesso, a possibilidade de transmissão de voz e dados (utilização de um dos canais para ligação de voz administrativa);
- maior flexibilidade em termos de evolução.

→ Para a ligação de *backup* a melhor opção seria uma ligação em que o meio físico de transmissão disponibilizado pelo operador público fosse diferente da ligação principal.

→ A redundância completa seria possível através da ligação por VSAT.

# Capítulo 6

---

## Comunicação entre o CTS e a Hierarquia Superior

---

### 6.1 Introdução

Este capítulo analisa as várias soluções para o suporte de transmissão entre o CTS e a hierarquia superior (Fig.6.1).

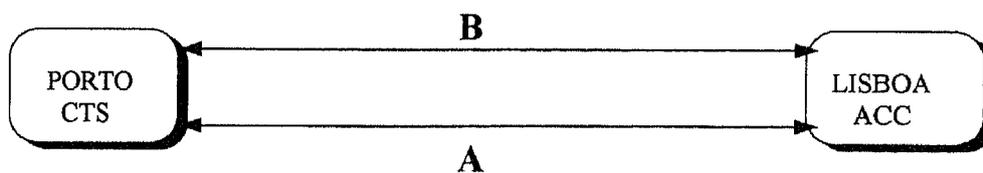


Fig.6.1 - Ligações entre o CTS e a hierarquia superior

A análise é baseada nos fluxos de informação e nos custos associados às várias tecnologias, actualmente disponíveis, para a comunicação.

A comunicação deverá ser redundante visto que as informações são da máxima importância para a segurança da navegação aérea (Ligações A e B).

Este estudo está dividido em duas partes, a primeira engloba apenas a comunicação de dados do equipamento CTS e a segunda estuda a integração de todas as comunicações operacionais (voz e dados).

## 6.2 Comunicação de dados

### 6.2.1 Linha dedicada

Esta linha pode ser analógica ou digital, como o volume de dados é baixo podemos considerar a linha analógica (suporta velocidades < 64 kbps) pelo seu baixo custo.

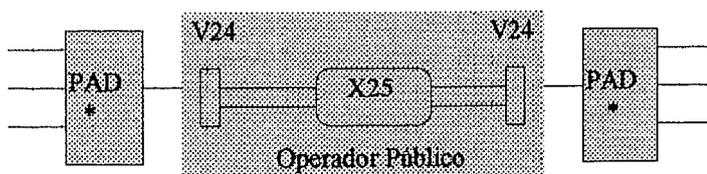
Tem a desvantagem de ser uma solução com um custo fixo.

### 6.2.2 Ligação por *Frame Relay*

A velocidade em *Frame Relay* (disponível no mercado) mais ajustada para esta ligação é de 14 400 bps, com um CIR de 8 kbps.

### 6.2.3 Ligação por X.25

Os locais dos aeroportos do Porto e Lisboa são considerados Zona 1 (Fig.6.2).



\*ou outra solução

Fig. 6.2 - Exemplo da ligação por X.25

Vantagens:

- menores custos,
- conectividade - possibilidade de ligação de outros pontos: para o caso do ASC, permitiria as ligações de Gulpilhares (Gaia) e Retorta (V. Conde).

### 6.2.4 RDIS

Oferece uma velocidade largamente superior à necessária.

São encargos desnecessários tendo em conta o pequeno volume de informação (alguns bps).

### 6.2.5 VSAT com X25

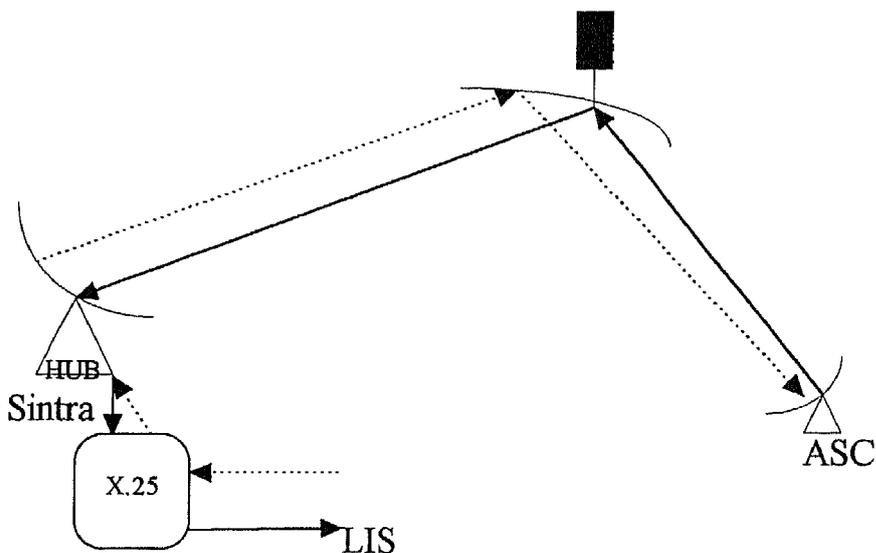


Fig.6.3 - Exemplo da ligação por VSAT com X25

A solução VSAT só se torna económica considerando todos os pontos remotos da FIR de Lisboa (mais de 30), e em alguns casos pode funcionar conjuntamente com a rede X.25, (Fig.6.3) diminuindo assim o *round trip delay*.

### 6.2.6 Comparação das soluções para a comunicação de dados CTS-LIS

LIS-OPO	RDIS	Ponto a ponto 2,4 kbps (Analógico)	Frame Relay CIR 16 kbps	X.25 2,4 kbps	VSAT 30 pontos 2,4 kbps
Instalação (contos)	2 x 35		2 x 55 +5,85 =	2 x 55	2 x 200
	70	53,750	115,85	110	400
Encargo mensal (contos)	4,700 + 194,4 =		41,2 x 2 +21,25 =	2 x 43,65	
	199,1*	268,850	103,65	87,3**	50

Tabela 6.1- Comparação dos custos de comunicações

\*Considerando a actualização com a frequência de 3 minutos e a duração da transferência de informação de um impulso (custo do impulso = 13,5):  $20 \times 24 \times 30 \times 13,5 = 194,400$ .

\*\*Considerando a velocidade de 2 400 bps, e que o aeroporto do Porto e Lisboa se situam na zona 1 (este preço inclui as comunicações). Para a velocidade de 64 kbps o preço da assinatura mensal é de 100 contos e não estão incluídas as comunicações. Existe um protocolo entre a ANA e o operador público TELEPAC onde estão especificados preços e condições para os diversos acessos.

O preçário (pvp) de 1997 das tecnologias X25 e *Frame Relay* encontra-se no Anexo 4 (TELEPAC).

## 6.2.7 Conclusões

### Ligação principal (A)

Analisando a Tabela 6.1 verifica-se que a solução X.25 seria a mais económica, não diferindo muito da solução *Frame Relay*, para a ligação entre o CTS e a hierarquia superior. A curto prazo justificar-se-á a solução *Frame Relay* por razões económicas, técnicas (ver Tabela 5.6) e por ser actualmente uma tecnologia em expansão (ofertas de diversos fabricantes).

### Ligação de backup (B)

Esta ligação entrará em serviço apenas em caso de falha da ligação principal.

Supondo que o CTS verifique o estado desta via diariamente, e consultando as soluções descritas para a ligação principal, constata-se que a solução RDIS é a que melhor se enquadra para esta ligação:

aluguer mensal - 4 700\$

ligação mensal -  $30 \times 13,5$  (considerando que a duração da ligação seja de um impulso)

encargo mensal aproximado - < 10c.

### 6.3 Integração Voz e Dados

#### Solução integrada - Considerando todas as comunicações operacionais entre o ASC (Porto) e o ACC (Lisboa)

Actualmente existem 2 ligações operacionais entre o Porto e Lisboa:

- voz operacional entre o CCTAL (Centro de Controlo de Tráfego Aéreo de Lisboa) e a Torre de Controlo do Porto, cujo custo mensal é de 491 250\$00,
- dados telegráficos a 200 baud cujo custo mensal é de 144 210\$00.

O sistema radar no aeroporto do Porto encontra-se na fase de instalação implicando mais duas ligações operacionais de dados:

- dados radar - troca de mensagens entre o radar do Porto e o ACC (Lisboa)
- dados multiradar - troca de mensagens provenientes dos quatro radares (Porto, Montejunto, Foia e TAR-Lisboa) entre o ACC (Lisboa) e o radar do Porto.

Se considerarmos todas estas comunicações operacionais entre Porto e Lisboa, a melhor solução é a sua integração. A Tabela 6.2 mostra as necessidades de largura de banda entre o aeroporto do Porto e Lisboa.

Serviços	ASC
Voz operacional (compressão)	2 x 8
Dados AFTN	1,2
Dados Radar	9,6
Dados Multiradar	14,4
Dados CTS	4,8
OLDI	2,4
EID	2,4
AIS	9,6
TOTAL	60,4*

Tabela 6.2 - Necessidades de largura de banda (kbps)

\* valores retirados do estudo feito pelo INESC (para o caso Dados CTS foi considerado que o valor 4 800 bps é razoável tendo em conta o pequeno

volume de informação gerado entre o CTS e a hierarquia superior; para a voz operacional foram considerados dois canais com compressão).

Estes valores permitem constatar que a largura de banda de 64 kbps é suficiente para os 6 circuitos.

### 6.3.1 Suporte para integração voz e dados

#### 6.3.1.1. Ligação ponto a ponto ( 64 kbps)

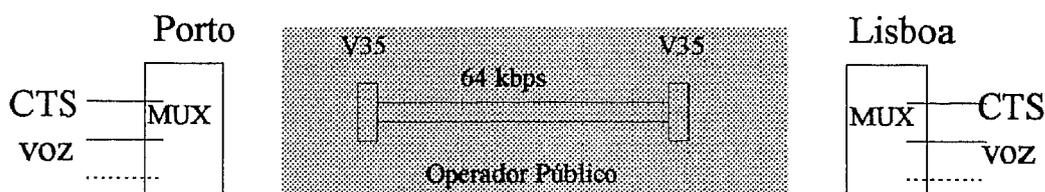


Fig.6.4 - Exemplo da ligação por linha dedicada a 64 kbps

Vantagens: Seguro (não há partilha de informação por outros clientes), disponibilidade total de banda, rentabilização do meio (voz, correio eletrónico, etc.), não necessita de estabelecimento de chamada, não há processamento de informação (porque não há nós de comutação).

#### 6.3.1.2. Ligação por *Frame Relay*

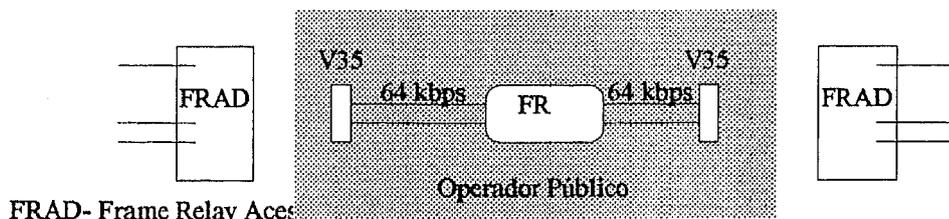


Fig.6.5 - Exemplo da ligação por *Frame Relay*

Vantagens: conectividade, não tem limite de tráfego.

Desvantagens: Tempo de processamento na rede, atrasos variáveis (o que dificulta, mas garante o tráfego de voz), a largura de banda é negociável (CIR) (rentabiliza a largura de banda), só permite PVC.

\* O custo de um PVC para a Madeira é muito elevado (a ter em conta no estudo da ligação MAD-LIS).

### 6.3.1.3. Ligação por RDIS (Acesso Básico 2B+D)

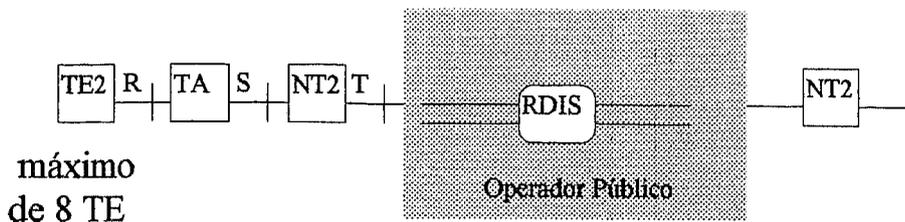


Fig.6.6 - Exemplo de ligação através de um acesso básico RDIS

**Vantagens:** Através de uma única linha, pode-se ter acesso a um conjunto diversificado de informações: voz, dados, texto e imagem; disponibilidade de 2 canais de 64 kbps; possibilidade de ligação de vários terminais (até 8, mas só dois podem estabelecer chamadas em simultâneo nos canais B).

**Desvantagens:** não compensa em termos económicos porque esta ligação deverá ser permanente devido à necessidade de transferência de informação *on line*.

### 6.3.1.4 VSAT (Very Small Aperture Terminal)

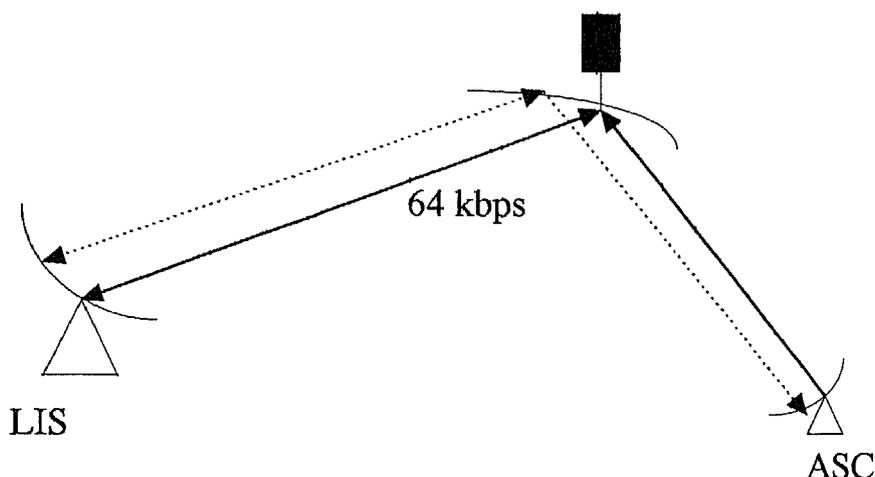


Fig.6.7 - Exemplo da ligação por VSAT

**Vantagens:** grande conectividade, fiabilidade.

**Desvantagens:** encargo mensal muito elevado, maiores custos de instalação do equipamento, grandes atrasos (*round trip delay*):  $d = 4 \times 36000 \text{ km}$  ;  $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$ ;  $t = 480 \text{ ms}$ .

### 6.3.2 Comparação de custos para a ligação operacional

LIS - OPO	Frame Relay (CIR 64 kbps)	VSAT 64 kbps	RDIS (2B+D)	Circuito Dedicado 64 kbps
Instalação (contos)	107,25 x 2	430 x 2 ou 430+750**	2 x 35	
	214,5	1180	70	200
Encargo mensal (contos)	2x83,950+100		2 x 4,700 + *	
	268	1400		300

Tabela 6.3 - Custos das soluções de comunicação a 64 kbps

\* custo normal da linha comutada

\*\* Se a hierarquia superior comunicar apenas com o Porto o valor é de 430 x 2, se comunicar com toda a FIR de Lisboa o valor é de 430 + 750.

### 6.3.3 Equipamentos de Integração Voz e Dados

A função destes equipamentos é partilhar a largura de banda disponível nos suportes de comunicações pelos vários serviços e aplicações.

Para as necessidades de largura de banda apresentadas na Tabela 6.2, este equipamento deverá ter as seguintes características:

- 2 canais de voz com possibilidades de expansão;
- 1 canal de dados de alto débito para interligação de redes locais;
- 7 canais de dados de médio débito;
- Suporte de ligações a PPCA's analógicos com sinalização E&M, lacete, R2 e digitais com E1.
  - Duplicação de cartas de interface, cartas de processamento e de fontes de alimentação, em configuração "hot-standby", possibilidade de troca de cartas com equipamento ligado (*hot-swapping*) para garantir elevados índices de disponibilidade;
  - *Priority bumping* (fecho de um canal lógico para disponibilizar largura de banda para um canal prioritário);
  - unidade de *backup* para efectuar o *backup* por RDIS;
  - *Re-routing* de ligações, para efeitos de *backup*;

- Gestão integrada da infraestrutura.

A tecnologia mais utilizada é a TDM (*Time Division Multiplexing*), abordada no capítulo 4.

Para o caso da rede Frame Relay um dos equipamentos que partilha e gere a largura de banda é o FRAD (*Frame Relay Access Device*). É mais vantajoso que o MUX (TDM) porque gere a largura de banda conforme as solicitações do momento (alocação dinâmica), podendo a largura de banda atribuída aos canais de voz ser utilizada pelos canais de dados durante os períodos de silêncio.

#### 6.3.4 Conclusões

→ Analisando a Tabela 6.3 infere-se que o circuito através da rede Frame Relay com o CIR de 64 kbps é a solução mais económica para a ligação integrada principal, não diferindo muito da linha dedicada.

→ A ligação de *backup* poderá ser RDIS, apesar de não ser completamente redundante, visto que as infraestruturas utilizadas nas linhas de transmissão pelo operador público são as mesmas.

✈ Para a completa redundância, a ligação principal deverá ser ligação VSAT e o *backup*, ligação RDIS.

# Capítulo 7

---

## Conclusões

---

Em sintonia com os crescentes níveis de exigência da actividade da navegação aérea no que respeita à qualidade de serviço e redução de custos, os principais objectivos para a elaboração desta tese foram:

- estudo orientado para a criação dos Centros Técnicos de Supervisão (CTS),
- estudo da ligação dos Centros Técnicos de Supervisão ao sistema de hierarquia superior.

Foi apenas estudado um caso particular da Região de Informação de Voo (RIV) de Lisboa - aeroporto do Porto, que pode ser aplicado aos outros aeroportos.

No início deste trabalho a situação real no terreno revelava-se inadequada às actuais exigências de exploração, uma vez que:

- as facilidades de controlo remoto eram reduzidas;
- os meios de controlo remoto existentes não permitiam a integração num sistema centralizado;
- os suportes de comunicação entre o CCTAL e o aeroporto do Porto eram constituídos por linhas analógicas dedicadas.

A realização deste trabalho foi influenciada pelos seguintes factores:

- resultados de estudos anteriores;
- necessidades identificadas ao nível das comunicações aeronáuticas (ATN);
- necessidade de dispor de um sistema de controlo remoto centralizado.



Através deste estudo e aproveitando os resultados de estudos anteriores fez-se a identificação e a caracterização dos requisitos de comunicações, a partir dos quais foi possível elaborar propostas de solução.

Para a criação do CTS foi feita uma análise pormenorizada de todas as áreas intervenientes do sistema:

- avaliação da situação existente (levantamento dos equipamentos em exploração e da informação relativa aos sensores e actuadores a controlar);
- especificações e condições técnicas, englobando nomeadamente:
  - comunicações
  - autómatos programáveis
  - software de aplicação
- consulta ao mercado;
- análise das soluções apresentadas;
- escolha da melhor solução;
- implementação prática.

No que respeita à escolha do suporte de transmissão foram efectuadas análises comparativas das várias tecnologias e serviços de comunicação actualmente disponíveis e avaliadas em relação ao desempenho, disponibilidade, atrasos de transmissão, custos e redundância, tendo este último critério sido preponderante na definição da solução adoptada.

Em face dos investimentos significativos envolvidos na adopção de uma determinada tecnologia foi imperativo optar por uma arquitectura aberta que permitisse a fácil conexão de sistemas heterogéneos e provenientes de diferentes fabricantes e contemplasse os aspectos relacionados com a sua evolução (crescimento, reconfiguração e/ou migração para novas soluções tecnológicas) a custos reduzidos.

A implementação do projecto actualmente em curso tem sido realizado de acordo com os objectivos identificados e as recomendações desta dissertação.

Houve uma estreita colaboração com a equipa de projecto, o que permitiu obter benefícios mútuos: se por um lado algumas acções que vieram a ser adoptadas foram influenciadas por esta dissertação, por outro lado, novas perspectivas se colocaram no âmbito do presente trabalho à medida que o projecto foi sendo concretizado.

Os objectivos inicialmente previstos estão em via de ser atingidos, uma vez que se encontra numa fase avançada de implementação a comunicação entre o CCTAL e a TWR do Porto, constituída por uma ligação VSAT (64 kbps)

com backup RDIS, e já foram adquiridos o módulo do software de aplicação e os autómatos (PLC) relativos ao CTS.

Este trabalho revelou-se de elevado interesse e motivador, dado a sua natureza multidisciplinar, tendo permitido o conhecimento profundo da actividade operacional da empresa e a especificação de soluções compatíveis com o estado da arte da técnica nestes domínios indo ao encontro dos objectivos e exigências de exploração.

Este projecto constitui um dos interfaces com o sistema GETALIS (Gestão de Tráfego Aéreo para a Região de Informação de Voo de (RIV) Lisboa), cuja implementação (prevista para 1999) permitirá um serviço homogéneo ao longo da rota, aos utilizadores do espaço aéreo europeu, possibilitando a troca de informação de voo entre sectores do CCTAL, entre o CCTAL e as Torres de Controlo da RIV de Lisboa (**Porto**, Faro e Funchal), bem como entre o CCTAL e os sistemas adjacentes de Gestão de Tráfego Aéreo do Atlântico (Sta. Maria), de Marrocos e Espanha.

Uma possível continuação deste trabalho poderá ser o estudo das outras interfaces do GETALIS e a ligação desse sistema à rede ATN.

---

## Bibliografia

---

- (ATN91) ICAO  
Manual of the Aeronautical Telecommunication  
Network, 1st edition, 1991
- (DW93) David Wright  
Broadband: Business Services, Technologies and Strategic  
Impact, Artech House, Inc, 1993
- (Sta97) William Stallings  
Data and Computer Communications. MacMillan, 5th edition,  
1997
- (Tan96) Andrew S. Tanenbaum  
Computer Networks. Prentice - Hall, 3rd edition, 1996
- (Estudo 1) Gualdim Carvalho  
Rede de Comunicações de Dados Aeronáuticos por Comutação  
de Pacotes em Portugal. ANA, E.P.,1993
- (Estudo 2) Estudo das Necessidades e Custos de Comunicações da ANA,  
E.P. INESC,1994
- (Sim88) Simon Haykin  
Digital Communications. Wiley, 1988

(SN92) Serafim Nunes e Júlio Casaca  
Redes Digitais com Integração de Serviços. Presença, 1992

(IEEESpec Spectrum (IEEE)  
Jun95) "ISDN reaches the market", June 1995

# Anexo 1

---

## Levantamento e caracterização do equipamentos a controlar

---

### 1.1 Noções gerais sobre equipamentos de Navegação Aérea

#### Rádio Farol / NDB

Emissor de onda contínua modulada em amplitude que emite energia electromagnética na banda consignada (200 a 400 kHz).

A modulação de identificação é  $1020 \pm 50$  Hz.

Existem dois tipos:

NDB (Rádio Farol) - cobertura média de 200 NM (milhas náuticas).

NDB (locator) - cobertura média de 50 NM.

A sua monitoração incide sobre os seguintes parâmetros:

- 1 - Potência - (Diminuição de potência da portadora em cerca de 50% abaixo do valor necessário para garantir a cobertura prevista).
- 2 - Identificação - (Falha de transmissão da identificação ou transmissão contínua).
- 3 - Falha do próprio sistema.

#### VOR

Sistema de transmissão omnidireccional que irradia energia electromagnética na banda de VHF, permitindo ao utilizador determinar o seu azimute magnético em relação à estação.

A sua monitoração incide sobre os seguintes parâmetros:

- 1 - desvio de azimute ( $\pm 1^\circ$ )
- 2 - percentagem de modulação de 30 Hz REF ( $\pm 2\%$ )
- 3 - percentagem de modulação de 30 Hz VAR
- 4 - identificação constante ou ausente

## **DME**

Este equipamento processa o tempo que decorre entre o instante em que é gerado o impulso de interrogação no equipamento de bordo e a chegada (no receptor de bordo) do impulso de resposta emitido pelo equipamento de terra, indicando deste modo a distância a que a aeronave se encontra da estação.

## **ILS**

Consiste num equipamento VHF (*LLZ-localizer*) para conduzir ao alinhamento na pista, de um equipamento UHF (*GP-glide path*) para o ângulo de descida e '*Markers*' que fornecem indicações precisas da distância em relação à soleira da pista durante a aproximação.

## **Sistema Meteorológico**

Este sistema é constituído por duas estações de pista, uma estação central e três anemómetros e indicadores de vento.

As estações de pista (EP1 e EP2 ) fazem a aquisição e processamento de dados provenientes dos sensores instalados na área da pista (sensor de humidade, sensor de temperatura, luminómetro, pluviómetro, telémetros, transmissómetros).

A estação central (EC), efectua diversos tratamentos sobre os dados meteorológicos, gravando e difundindo estes dados em função do destinatário (torre de controlo, instituto meteorológico, rede telex).

## **AFTN / CIDIN**

### **AFTN**

AFTN é uma rede mundial telegráfica com formato próprio que transporta informação aeronáutica: *notams* (*notice to airmen*), planos de voo, mensagens meteorológicas (*metar*), boletins de aeródromo e de controlo de tráfego aéreo.

Actualmente existe uma central de comutação automática de mensagens (CCAM) em Lisboa interligada por circuitos telegráficos aos aeroportos nacionais.

### CIDIN

Devido a limitações tecnológicas dos suporte físicos da rede AFTN foi decidido normalizar a nível europeu uma rede baseada na tecnologia X.25 com algumas alterações para permitir o multiendereçamento, denominada CIDIN (*Common ICAO Data Interchange*). Funciona neste momento em paralelo com a central de comutação automática de mensagens (CCAM).

### AIS / BRIEFING

Este é o serviço *Briefing* dos aeroportos (informação antes do voo), constituído pelo serviço fax (cartas meteorológicas), informação meteorológica (Meteo) e *NOTAMs*.

As mensagens *NOTAM* são emitidas em Lisboa através da linha telefónica.

A evolução prevista deste serviço é no sentido de o automatizar englobando o seguinte tráfego:

- mensagens *NOTAM* (volume médio - 4 bps);
- mensagens METEO (volume médio - 100 bps);
- cartas meteorológicas (volume médio - 950 bps);
- diálogos pergunta/resposta (volume médio -1200 bps).

### FAX

A informação referente a cartas meteorológicas (gráfico) é recebida através de uma linha dedicada num protocolo proprietário de Inglaterra (Bracknell) e é distribuído para ASC, AFR, AFU, através de fax-A4 (página tipo A4), pela rede telefónica em três sessões directas diárias de 10 minutos de conversação por ligação.

### MOTNE

A rede Motne é do tipo telex e a sua informação é difundida entre os aeródromos Europeus a ela interligados e é recebida em Portugal através de uma linha telegráfica dedicada a 50 baud entre Madrid e Lisboa. Posteriormente é distribuído para os aeroportos de Lisboa (e Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica), Porto e Faro.

## **1.2 LEVANTAMENTO E CARACTERIZAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS E DAS RESPECTIVAS INFORMAÇÕES A CONTROLAR**

### **PORTO**

#### **1.2.1 NDB's (Non Direccional Beacon)**

NDB (RÁDIO FAROL) (Retorta - Vila do Conde )

Frequência da portadora - 327 kHz

Identificação - POR (código Morse)

Localização (Milhas Náuticas ) - 5.35

Cobertura - 250 NM

(ligação para telecomando em estudo)

NDB (LOCATOR) (Aveleda - Vilar do Pinheiro)

Frequência da portadora - 385 kHz

Identificação - PM (código Morse)

Localização (Milhas Náuticas ) - 0.70

Cobertura - 25 NM

Está prevista a substituição do equipamento

NDB (LOCATOR) (Gulpilhares - Gaia)

Frequência da portadora - 367 kHz

Identificação - PG (código Morse)

Localização - 12 MN

Cobertura - 25MN

Ligação com o aeroporto de todos os NDBs - o sinal é recebido por um receptor de banda larga que distribui para outro receptor (monitor) sintonizado à frequência do NDB, reproduzindo o sinal áudio do respectivo código Morse.

Indica : 1-Falha devido à diminuição da portadora em 50% (RF)

2 -Falha de indicativo (BF)

3 -Indicativo contínuo

### **Informação para telecomando:**

- Comutação de equipamento (Tx 1 ou Tx 2)
- Comutação ON/OFF

### **Informação para visualização:**

- Estação operativa ou inoperativa
- Profundidade de modulação (medida)
- Frequência de emissão (OK, NOK)
- Frequência do sinal modulante (OK, NOK)
- Identificação do equipamento em emissão
- Alimentação (rede ou grupo de emergência ou baterias)
- Indicação distante /local

### **1.2.2 ILS (Instrument Landing System )**

Prevê-se a sua substituição em 1998

Este equipamento é constituído pelo *Localizer* (LLZ), *glide path* (GP), e *markers* (OM - *outer marker* e MM - *middle marker* )

#### ***Localizer (LLZ)***

Frequência - 109.9 MHz  
Identificação - PR (código Morse)  
Localização- área do aeroporto

Ligação ao aeroporto- cabo telefónico proprietário de 26 pares, em que são utilizados 9 pares, ligação ponto a ponto, sinalização 24V.

#### ***Glide Path(GP)***

Frequência - 333.8 MHz  
Ângulo de descida - 2.72°  
Localização - área do aeroporto

Ligação ao aeroporto- cabo telefónico proprietário de 26 pares, em que são utilizados 9 pares, ligação ponto a ponto, sinalização 24V.

### **Informações para telecomando:**

- Comutador ON/OFF

### **Informação para visualização:**

- Falha de rede
- Falha do carregador
- Autonomia
- Comutação de equipamento
- Bom funcionamento
- Degradação
- Fora de serviço
- Comando local
- Conjunto 1 em serviço
- Conjunto 2 em serviço  
( informação 'buzzer' )

### ***Outer Marker (OM)***

Frequência - 75MHz

Identificação- Traços

Localização - 5.35MN (Retorta - Vila do Conde)

Não existe ligação ao aeroporto (ligação para telecomando em estudo)

### ***Middle Marker (MM)***

Frequência - 75 MHz

Identificação - Ponto-Traço

Localização- 0.70 MN (Aveleda)

Ligação ao aeroporto- cabo telefónico proprietário de 26 pares em que são utilizados 3 pares, ligação ponto a ponto. (Este cabo também contém a informação do DVOR/DME )

### **Informação para telecomando:**

- Comutação ON/OFF

### **Informação para visualização:**

- Normal
- Reserva
- Paragem

### 1.2.3 VOR/DME

Frequência - 114.10/1175 Mhz

Identificação - PRT

Localização - 0.70 MN (Aveleda - Vilar do Pinheiro)

Cobertura - 200MN

Ligação ao aeroporto por cabo telefónico proprietário de 26 pares em que é utilizado apenas um par para visualização e comando (também tem informação do MM).

#### **Informação de comando DME:**

- Transponder 1 - em serviço
- Transponder 2 - em serviço
- Reset
- Equipamento inoperativo

#### **Informação para visualização DME:**

- Transponder 1 normal / alarme
- Transponder 2 normal / alarme
- Transponder 1 operativo / inoperativo
- Transponder 2 operativo / inoperativo
- Monitor normal / falha
- Alimentação rede / baterias
- Beacon (estação) Normal / off

#### **Informação de comando VOR:**

- DVOR comutação ON/OFF

#### **Informação para visualização:**

- DVOR rack principal ON/OFF
- DVOR carregador de baterias do equipamento principal ON/LOW
- DVOR carregador de baterias do equipamento standby ON/LOW
- DVOR antena para o principal /standby
- DVOR standby rack ON/OFF
- DVOR alimentação da rede ON/OFF

As 14 entradas são varridas sequencialmente para converter os dados paralelo em série. No fim desta série é introduzido um intervalo igual a dois

períodos de entrada - impulso de sincronismo para completar a trama. Para separar as entradas de dados do módulo emissor aplicam-se estados lógicos (0s e 1s) para produzir na saída *mark* e *space* .

Os comandos são recebidos como *mark* e *space* pelo módulo de recepção de dados onde são separados e digitalizados com lógica 1 representando o *mark* numa saída e lógica 0 o *space* na outra saída.

A unidade (RCU) localizada na estação remota transmite continuamente informações de estado para o posto de comando (sala de equipamentos) para visualização e ao mesmo tempo recebe continuamente instruções de controlo do posto de comando.

Capacidade de dados - 14 bits

Velocidade - 50 baud

Taxa de repetição de tramas - 93.75 tramas por minuto

Posto de comando - 540 Hz (Rx)

- 1380 Hz (Tx)

*Mark* -  $f_c + 30$  Hz

*space* -  $f_c - 30$  Hz

## 1.2.4 SISTEMA METEOROLÓGICO

### **Estações de pista 1 e 2 :**

Localização - área da pista

Ligação à estação central (sala de equipamentos ) por cabo telefónico de 14 pares sendo utilizados apenas 2 pares (emissão e recepção) .

Transmissão assíncrona, *full-duplex*, standard RS232C; 8 bits, paridade par, 2 stop bits.

Velocidade - 1200 baud

### **Informação para visualização:**

Estado de funcionamento dos sensores : humidade, temperatura

Estado de funcionamento da estação de pista 1 e 2, transmissómetros (3), telémetros (2), pluviómetro.

### **Informação para telecomando:**

Estado ON/OFF das estações de pista

### **Estação Central :**

Localização - sala de equipamento

### **Anemómetros e indicadores de vento (3)**

Localização - área da pista

Ligação directa à torre de controlo por cabo telefónico de 14 pares, utilizando apenas 1 par.

A WAD 21M (*display*) alimenta o sensor remoto através de um par *current loop*. A mesma linha é também usada para transferir dados entre o sensor e a unidade de *display* por comutação ON/OFF *current loop* de acordo com o formato série de dados. A WAD 21 envia mensagens de *polling* para desinibir só um controlador de cada vez para o envio de dados.

*Data Rate* - 300 bit/s

*Data Frame* - 7/8 data bits, 2 stop bits, sem paridade

Definições do sinal - OFF - *Space*

On - *Mark*

#### **1.2.5 PABX (voz operacional)**

É um PPCA (Central SIEMENS) que distribui localmente (para as posições de trabalho) as chamadas e faculto o acesso às linhas. Suporta ligações exteriores à ANA e a coordenação entre controladores.

As interfaces físicas são do tipo analógico a 4 fios com sinalização por E&M.

1 circuito dedicado (3 linhas - 6 fios) para Lis/ACC.

1 circuito dedicado (3 linhas - 6 fios) para OVAR.

1 linha telefónica TLP (2fios) (pertence ao PABX administrativo).

2 RIA- rede interna de aeroporto- com acesso ao TLP (pertence ao PABX administrativo).

#### **1.2.6 AFTN MINI-SWITCH**

1 linha dedicada para Lisboa (retorno pela terra) (Tx, Rx - 2 fios) H24, 200 baud.

As informações chegam a um sistema de comutação (Mini-Switch) cuja configuração é baseada num PC a que se ligam os terminais ARO (TX, RX) (200 baud), METEO, TWR, SOA (1200 baud) e o sistema Meteo (envia o metar) (200 baud).

Volume de dados Porto =>Lisboa :  
Considerando o número médio de mensagens = 221  
tamanho médio da mensagem = 400 bytes  
 $(221*400*8) / (24*60*60) = 8 \text{ bit/s.}$

## **MOTNE**

Volume de dados Lisboa =>Porto:  
 $(360*400*8)/(24*60*60) = 14 \text{ bps}$

Volume de dados AFTN + MOTNE  
Lisboa => Porto 949 mensagens, 35 bps

### **1.2.7 AIS**

#### *Briefing*

Velocidade dos modems:1200 bps;  
1 circuito comutado (RX).

### **1.2.8 Fax**

Velocidade dos modems:1200 bps;  
1 circuito comutado(RX).

### **1.2.9 Comunicações A/G (Terra/Avião)**

Emissores e Receptores VHF e UHF:

121,1 MHz (aproximação); 118,0 MHz (aeródromo); 121,5 MHz (emergência); 343,6 MHz (militar); serviço móvel terrestre (159,75 e 159,60 MHz).

#### **Informações de visualização**

Operativo e inoperativo.

#### **Informação para telecomando**

Ligar e desligar.

Comutar para o emissor ou receptor de reserva (freq.118.1 MHz e 121.1 MHz).

### 1.2.10 Estação RADAR

A estação é constituída por radar secundário, equipamentos de: processamento local, de visualização de manutenção e de comunicação de dados.

O equipamento é constituído por :

Radar Secundário monopulso (MSSR);

Extractor monopulso;

Processadores de dados radar;

Unidade de sincronismo/relógio;

Monitor e Controlo remoto (RMC);

Equipamento de visualização mista (vídeo bruto e sintético) para a estação (Visualizador de manutenção);

Equipamento para comunicação de dados;

Monitores remotos para SSR.

#### Informação para controlo remoto

- selecção do I/R principal/reserva
- selecção de comutação manual/automática
- ligação do I/R nº 1 e nº 2
- selecção do modo
- selecção do entrelaçamento
- selecção da “*range gate*”
- selecção do *trigger* (interno ou externo)
- “*reset*” ao sistema

Os comandos serão todos do tipo “*one shot*” e serão comunicados aos equipamentos sob a forma de mensagem.

Os comandos rejeitados terão uma mensagem explicativa.

#### Informação para visualização

- I/R local/remoto
- I/R “on”/”off”
- I/R activo
- Falha do I/R
- Comutação automática efectuada entre os I/R operacional e de reserva
- Modo de interrogação seleccionado
- “*reset*” ao monitor
- entrelaçamento utilizado

- unidade de sincronismo/relógio
- sistemas de energia (redes AC e DC, geradores, UPS)
- sistemas de segurança (detecção de incêndio, intrusão)
- sistemas de climatização

As portas ou interfaces disponíveis nos equipamentos remotos de monitoração serão do tipo assíncrono: V24 ou V28 (RS232), com velocidade até 9600 bps, 7 ou 8 bits de informação, 1 ou 2 *stop bits* e um bit de paridade.

O diálogo entre os equipamentos a monitorar e controlar e os terminais de telecomando/monitoração será baseado em mensagens definidas conforme a “*Abstract Syntax Notation One (ASN.1)*” e acordadas em relação à estrutura e conteúdo.

### Mensagens de monitoração

O texto da mensagem terá os seguintes campos:

- Um carácter com indicação do nível de alarme (1 a 5), sendo o nível 5 o de maior severidade.
- Grupo data hora (yy-mm-dd hh:mm: (:ss)).
- Local de origem (5 caracteres).
- Equipamento (5 caracteres).
- Mensagem (até 30 caracteres).
- Identificação numérica da mensagem (5 caracteres, onde os 2 primeiros são fixos por equipamento).

### Apresentação gráfica

Indicará:

- Estados possíveis
- Situação normal
- Situações degradadas
- Significado das mudanças de estado
- Actuação recomendada para cada caso

### 1.3 Resumo das Ligações entre os equipamentos e a Sala de Equipamentos.

#### NDBs

POR ( $\pm 21$  km), PG ( $\pm 24$  km) e PM ( $\pm 8$ km) - Exterior à área do aeroporto, não existe ligação física, apenas a monitoração da portadora e respectivo indicativo em código MORSE para o POR e PM. Para o PG existe uma linha dedicada.

VOR/DME ( $\pm 8$  km) e MM(ILS) ( $\pm 8$  km) - Exterior à área do aeroporto, cabo telefónico proprietário de 26 pares em que são utilizados 5 fios para MM (ligação ponto a ponto, 24V) e um par para o VOR/DME.

ILS (GP  $\pm 2,5$  km) - Dentro da área do aeroporto, cabo telefónico proprietário de 26 pares em que são utilizados 9 pares (fios “shuntados”), ligação ponto a ponto, 24V.

ILS (LLZ $\pm 1$  Km) - Dentro da área do aeroporto, cabo telefónico proprietário de 26 pares em que são utilizados 9 pares (fios “shuntados”), ligação ponto a ponto, 24V.

Sistema Meteorológico EP1 ( $\pm 1,8$  Km) e EP2 ( $\pm 1$ Km) - Dentro da área do aeroporto, cabo telefónico de 14 pares sendo utilizados apenas 2 PARES: TX e RX.

Transmissão assíncrona, velocidade 1200 baud.

Sistema Meteorológico (anemómetros) - Dentro da área do aeroporto, cabo telefónico de 14 pares utilizando apenas 1 par.

#### PPCA ( SIEMENS)

1 circuito dedicado para LIS- ACC - 6 fios

1 circuito dedicado para OVAR - 6 fios

#### AFTN + MOTNE

1 linha dedicada para Lisboa (TX, RX 2 fios ) - 200 baud.

#### Comunicações A/G (Terra/Avião)

Os emissores estão instalados na sala de equipamentos.

#### Gravadores

Equipamento instalado na sala de equipamentos.

## Anexo 2

### Custos associados às redes privadas e virtuais

Sistema/ Circuito	Custo de Investimento	Custos de Exploração (valor mensal)
Equipamento da rede	300 000 000\$	
CCTAL-ASC Circ. dig. 64kbps		414 092\$
CCTAL-AFR Circ. dig. 64kbps		344 352\$
CCTAL-AFU Circ. dig. 64 kbps(cabo sub)		1 281 300\$
Circ. dig. 64 kbps(satélite)	430 000\$	1 281 300\$
Circ.VSAT 19,2 kbps		470 450\$
ASC-AFR Circ. dig. 64 kbps		411 450\$
Total com red. via satélite	300 000 000\$	3 732 284\$
Total com red. via VSAT	300 430 000\$	2 862 224\$

Tabela 3.1 - Custos associados à Rede Privada com redundância via Satélite e VSAT na ligação CCTAL-AFU

Sistema/Circuito	Custo de investimento	Custo de exploração (valor mensal)
Rede Privada virtual CCTAL-ASC-AFR-AFU		
Total	0\$	7 500 000\$

Tabela 3.2 - Custos associados à rede Virtual fornecida pela TELEPAC

Sistema/Circuito	Custo de investimento	Custo de exploração (valor mensal)
Rede Privada Virtual		
-Portas de acesso aos eq. TDM	1 200 000\$	3 560 000\$
-Equipamentos de Comutação	2 800 000\$	1 920 000\$
-Coordenação/Gestão do projecto	1 500 000\$	
-Soluções de Gestão (2 sistemas)	7 200 000\$	
TOTAL	12 700 000\$	5 480 000\$

Tabela 3.3 - Custos associados à Rede Virtual fornecida pela COMNEXO

## Anexo 3

---

### Nível de prioridade dos equipamentos

---

Todos os equipamentos são importantes para a navegação aérea, mas, em caso de necessidade de escolha a tabela 5.1 apresenta uma ordem relativa de prioridade dos equipamentos.

1	2	3	4	5	6
Air/Ground Tx/Rx	- ILS Vor/Dme Sist.	Meteo Gravado r	PPCA	NDBs	AFTN MOTNE

Tabela 5.1  
Nível de prioridade / Tipo de Equipamento

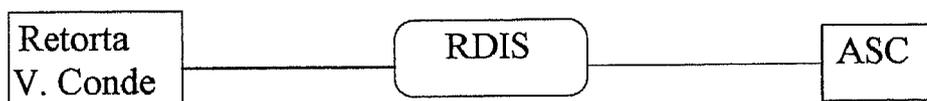
## Anexo 4

---

### Custos dos Serviços de Telecomunicações

---

#### RDIS



→ Custo de instalação - 35 contos

→ Custo de exploração - assinatura de linha telefônica 4 700\$00/mês + custo de impulsos

Tráfego :

Comunicação regional de 3º escalão - distância superior a 20km

Duração de cada período - 60s (21h-08h)

45s (08h-10h, 13h-14h, 18h-21h)

30s (10h-13h, 14h-18h)

Taxa de Comunicação - 13\$50/período

Tabela 5.3 - Custos RDIS

# SERVIÇO DE COMUNICAÇÃO DE DADOS

VALORES DO PRECÁRIO ( em vigor a partir de 1 de Janeiro de 1997 )

“ X.25 ”	“ X.28 ”	“ SNA /SDLC ”
----------	----------	---------------

MENSALIDADES					INSTALAÇÃO	
Assinatura						
ACESSOS veloc. (bps)	Serviço disponível por velocidade		Zona 1	Zona 2	Zona 1	Zona 2
	4 800	X.25	X.28	36 950\$00	58 700\$00	55 000\$00
9 600	36 950\$00			58 700\$00		
14 400	41 200\$00			63 850\$00		
19 200	50 400\$00			75 600\$00		
28 800	52 900\$00			78 100\$00		
64 000	SNA			83 950\$00	104 950\$00	

Comunicações Nacionais		
Estabelecimento de chamada	Duração ( minuto )	Tráfego ( K seg. [*] )
2\$40	1\$40	80\$00

[\*] segmento (unidade de contagem mínima) 1 K seg. = 64 K bytes.

Reduções de Taxa					
Dias úteis		Sábados		Domingos	
0	8 20	0	8 18	0	24
30%	0%	30%	0%	50%	

<b>Canais Lógicos</b>	580\$00 (por canal lógico adicional, para SVC ou PVC) (a mensalidade do acesso apenas inclui 1 (um) canal lógico)	870\$00 (por alteração de nº de canais)
<b>PVC</b>	9 000\$00 (inclui estabelecimento e duração de chamadas)	5 850\$00
<i>SVC</i> - canal lógico para serviço comutado <i>PVC</i> - canal lógico para ligação permanente		
<b>Alteração de Velocidade</b> (excepto para 64 000 bps)		12 000\$00

ACESSOS veloc. (bps)	Zona 1		Zona 2		Zona 1	Zona 2
	X.25	X.28	X.25	X.28	55 000\$00	
1 200	---	35 800\$00	---	38 500\$00		
2 400	43 650\$00	39 800\$00	53 350\$00	45 700\$00		
<b>Comunicações nacionais incluídas.</b> (não permite aceitação de taxa no destinatário)						

Tabela 5.7 - Valores do precário fornecido pelo operador público para o serviço de comunicação de dados (X.25, X.28)

# SERVIÇO DE COMUNICAÇÃO DE DADOS

## VALORES DO PREÇÁRIO

### “FRAME RELAY”

#### MENSALIDADES

#### INSTALAÇÃO

#### Assinatura

ACESSOS veloc. (kbps)	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 1	Zona 2	Zona 3
	14.4	41 200\$00	63 850\$00			
19.2	50 400\$00	75 600\$00	107 250\$00	167 750\$00	212 000\$00	
28.8	52 900\$00	78 100\$00		367 250\$00	510 000\$00	
64	83 950\$00	104 950\$00		377 700\$00		
128	163 700\$00	319 000\$00	377 700\$00			
192	172 100\$00	369 800\$00				
256	180 500\$00	419 700\$00				

#### Comunicações Nacionais

C I R (kbps)	Continente	C A M
8	21 250\$00	40 650\$00
16	32 500\$00	76 250\$00
32	55 000\$00	147 500\$00
48	77 500\$00	218 750\$00
64	100 000\$00	290 000\$00
128	190 000\$00	575 000\$00
192	280 000\$00	860 000\$00
256	370 000\$00	1 145 000\$00

5 850\$00

A comunicação entre dois acessos *Frame Relay* implica a prévia instalação de um PVC.  
Cada PVC definido tem um CIR associado que corresponde à largura de banda mínima média garantida, excedível até ao limite do EIR.  
O valor de EIR considerado é de 16 kbps.

PVC, com CIR associado, entre 2 acessos <=> “tráfego ilimitado”

#### PVC à internet

C I R (kbps)	Continente	C A M
16	58 000\$00	156 000\$00
32	105 000\$00	304 000\$00
48	152 000\$00	453 000\$00
64	199 000\$00	602 000\$00

25 850\$00

C A M - Continente-Açores-Madeira

P V C - *Permanent Virtual Circuit*

C I R - *Committed Information Rate*

E I R - *Exceed Information Rate*

Tabela 5.8 - Valores do precário fornecido pelo operador público para o serviço de comunicação Frame Relay