

# PROJECTO DE INFRA-ESTRUTURAS LOCAIS DE COMUNICAÇÃO DE DADOS (LANs)

Rui Vingada

MEEC 1994-1996

# PROJECTO DE INFRA-ESTRUTURAS LOCAIS DE COMUNICAÇÃO DE DADOS (LANs)

Dissertação no âmbito do Mestrado em Engenharia Electrotécnica  
e de Computadores da Faculdade de Engenharia da Universidade  
do Porto, edição de 1994,

da autoria de

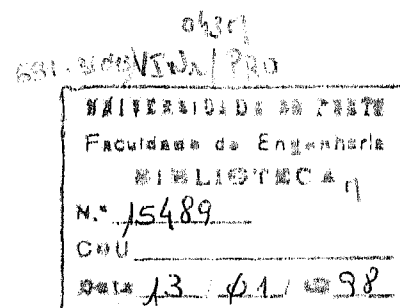
Rui Luís de Sousa Vingada,

orientada pelo

Prof. Dr. José Ruela Fernandes, Professor Associado  
da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Rui Vingada

MEEC 1994-1996



## Índice

|                                                                     |    |
|---------------------------------------------------------------------|----|
| 1. Introdução .....                                                 | 1  |
| 2. Etapas do projecto.....                                          | 2  |
| 2.1 Levantamento das necessidades .....                             | 2  |
| 2.1.1 Identificação e Caracterização dos Fluxos de Informação ..... | 4  |
| 2.2 Levantamento e avaliação da situação actual.....                | 5  |
| 2.2.1 Levantamento e avaliação do sistema actual .....              | 5  |
| 2.3 Pré-selecção de soluções alternativas.....                      | 9  |
| 2.3.1 Fase de evolução das redes de dados .....                     | 9  |
| 2.3.2 Performance e arquitecturas Cliente/Servidor.....             | 10 |
| 2.3.3 Aplicações. Colaboração multi-disciplinar. Simulação.....     | 12 |
| 2.4 Selecção, aquisição e implementação da Solução Final .....      | 13 |
| 3. Infra-estrutura de cablagem.....                                 | 14 |
| 4. Protocolos de LAN .....                                          | 17 |
| 4.1 Introdução .....                                                | 17 |
| 4.2 Lans da 1ª Geração.....                                         | 19 |
| 4.2.1 Ethernet/IEEE802.3 .....                                      | 19 |
| 4.2.1.1 Comparação Ethernet/IEEE802.3 .....                         | 20 |
| 4.2.1.2 Performance da Ethernet.....                                | 22 |
| 4.2.2 Token-Ring/IEEE802.5 .....                                    | 23 |
| 4.3 FDDI/CDDI .....                                                 | 26 |
| 4.3.1 Introdução .....                                              | 26 |
| 4.3.2 Tecnologia .....                                              | 27 |
| 4.3.3 Especificações FDDI .....                                     | 28 |
| 4.3.4 Ligação de dispositivos aos anéis FDDI .....                  | 29 |
| 4.3.5 Tipos de Tráfego.....                                         | 29 |
| 4.3.6 Tolerância a falhas .....                                     | 30 |
| 4.3.7 O CDDI.....                                                   | 30 |
| 4.3.8 Futuro do FFDI .....                                          | 31 |
| 4.4 Redes a 100 Mbps da iniciativa do IEEE 802.....                 | 32 |
| 4.4.1 IEEE 802.3u Fast Ethernet.....                                | 33 |
| 4.4.1.1 Introdução .....                                            | 33 |
| 4.4.1.2 Especificações do Nível Físico .....                        | 34 |
| 4.4.1.2.1 Níveis Físicos 100Base-X .....                            | 34 |
| 4.4.1.2.2 Nível Físico 100Base-T4 .....                             | 35 |
| 4.4.1.2.3 Autonegociação.....                                       | 36 |
| 4.4.1.2.4 Repetidores Fast Ethernet .....                           | 36 |
| 4.4.1.2.5 Infra-estrutura física da Fast Ethernet .....             | 38 |
| 4.4.2 IEEE 802.12 100VG-AnyLAN.....                                 | 41 |
| 4.4.2.1 Protocolo Básico .....                                      | 41 |
| 4.4.2.2 Prioridades .....                                           | 42 |
| 4.4.2.3 Topologias .....                                            | 43 |
| 4.4.2.4 Especificações do Nível Físico .....                        | 44 |
| 4.4.3 Aplicações das LANs IEEE 802.3U e IEEE 802.12.....            | 45 |
| 4.4.4 Comparação entre as LANs IEEE 802.3U e IEEE 802.12.....       | 47 |
| 4.4.4.1 Eficiência .....                                            | 47 |
| 4.4.4.2 Latências da rede.....                                      | 48 |
| 4.4.4.3 Custo .....                                                 | 49 |
| 4.4.4.4 Prioridades .....                                           | 50 |
| 4.4.4.5 Configuração dos dispositivos .....                         | 50 |
| 4.4.4.6 Previsão dos atrasos de acesso ao meio .....                | 50 |
| 4.4.4.7 "Best-Effort Delivery" .....                                | 51 |
| 4.4.4.8 "Fairness".....                                             | 51 |
| 4.4.4.9 Desenvolvimentos nos âmbitos do 802.3u e do 802.12 .....    | 52 |

|                                                                                  |     |
|----------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 4.5 ATM .....                                                                    | 54  |
| 4.5.1 Conceitos básicos do ATM.....                                              | 54  |
| 4.5.1.1 Formatos do cabeçalho da célula ATM.....                                 | 56  |
| 4.5.1.1.1 Cabeçalho UNI.....                                                     | 57  |
| 4.5.1.1.2 Cabeçalho NNI.....                                                     | 58  |
| 4.5.1.2 Virtual Path, Virtual Circuit e roteamento de células.....               | 58  |
| 4.5.1.3 Segmentação e reassemblagem (SAR).....                                   | 59  |
| 4.5.1.4 Resumo das características da rede ATM .....                             | 60  |
| 4.5.2 Arquitectura do ATM .....                                                  | 61  |
| 4.5.2.1 Modelo de Referência ATM .....                                           | 61  |
| 4.5.2.2 AAL 3/4 .....                                                            | 62  |
| 4.5.2.3 AAL 5 ou SEAL (Simple and Efficient Layer) .....                         | 63  |
| 4.5.2.4 Comparação AAL 5 e AAL 3/4 .....                                         | 64  |
| 4.5.2.5 Sinalização .....                                                        | 65  |
| 4.5.2.6 Endereçamento.....                                                       | 65  |
| 4.5.3 Gestão de tráfego nas redes ATM.....                                       | 66  |
| 4.5.3.1 Introdução .....                                                         | 66  |
| 4.5.3.2 Tipos de Serviços e Atributos do Tráfego.....                            | 68  |
| 4.5.4 Roteamento nas redes ATM.....                                              | 70  |
| 4.5.4.1 Introdução .....                                                         | 70  |
| 4.5.4.2 Interim Inter Switch Protocol (IISP) .....                               | 70  |
| 4.5.4.3 P-NNI (Private Network Node Interface) .....                             | 71  |
| 4.5.5 Serviços sobre o ATM .....                                                 | 72  |
| 4.5.5.1 Generalidades.....                                                       | 72  |
| 4.5.5.2 IP sobre ATM .....                                                       | 73  |
| 4.5.5.2.1 Introdução .....                                                       | 73  |
| 4.5.5.2.2 Encapsulamento .....                                                   | 73  |
| 4.5.5.2.3 Servidor ARP.....                                                      | 74  |
| 4.5.5.2.4 Sinalização .....                                                      | 74  |
| 4.5.5.2.5 Next Hop Resolution Protocol .....                                     | 74  |
| 4.5.5.3 LAN Emulation (LANE).....                                                | 75  |
| 4.5.5.3.1 Generalidades.....                                                     | 75  |
| 4.5.5.3.2 Componentes da LANE .....                                              | 76  |
| 4.5.5.3.3 Interfaces LANE .....                                                  | 76  |
| 4.5.5.3.4 Estabelecimento de uma sessão LANE .....                               | 77  |
| 4.5.5.4 MPOA.....                                                                | 79  |
| 4.5.5 Utilização do ATM.....                                                     | 79  |
| 4.6 Outras Tecnologias aplicáveis às LANs.....                                   | 81  |
| 5. Cenários de Evolução .....                                                    | 82  |
| 5.1 Introdução .....                                                             | 82  |
| 5.2 Utilização de Repetidores .....                                              | 82  |
| 5.3 Separação de tráfegos. Bridging e Routing.....                               | 84  |
| 5.3.1 Bridging .....                                                             | 84  |
| 5.3.2 Routing.....                                                               | 85  |
| 5.3.3 Comparação do Bridging e do Routing num ambiente LAN .....                 | 86  |
| 5.4 Introdução de um Backbone .....                                              | 87  |
| 5.5 Acesso a Servidores Comuns. Introdução de Backbones de Alta Velocidade ..... | 88  |
| 5.6 A 10Base-T e a Cablagem Estruturada .....                                    | 90  |
| 5.7 Tecnologias de Switching .....                                               | 91  |
| 5.7.1 Configuration Switching .....                                              | 91  |
| 5.7.2 Switching Dinâmico.....                                                    | 93  |
| 5.7.2.1 Comparação entre Switches, Bridges e Routers.....                        | 95  |
| 5.7.2.2 Exemplos de Utilização de Switching Dinâmico .....                       | 97  |
| 6. Protocolos de Níveis 3 e superiores .....                                     | 100 |

## 1. Introdução

O projecto de uma infra-estrutura de comunicações não é um acto que possa estar alheio ao ambiente em que a referida infra-estrutura vai ser inserida, sob o risco de dar origem a uma implementação desadaptada face às necessidades presentes e a prazo, objectivo primeiro a atingir.

Nesta perspectiva, e antes de avançar com qualquer solução técnica, é necessário:

- Identificar qualitativamente os requisitos presentes e a prazo a que deve obedecer a infra-estrutura de comunicações de dados, tendo em consideração a Organização, os Objectivos Estratégicos de Negócio e os Factores Críticos de Sucesso da Empresa onde vai ser inserida.

Sempre que se trate de uma evolução ou de uma ampliação de uma infra-estrutura já existente, a acção anterior deve ser complementada por outras acções tendo em vista:

- Identificar o actual modelo da infra-estrutura de comunicações de dados
- Determinar, face à Organização, aos Objectivos Estratégicos de Negócio e aos Factores Críticos de Sucesso da Empresa presentes, o desempenho da actual infra-estrutura através de acções de análise e de diagnóstico

Estas duas últimas acções são essenciais no que toca à decisão de reaproveitar ou não equipamentos, cablagens, etc., da actual infra-estrutura.

Tendo presentes os dados recolhidos nas acções anteriores, é possível identificar os cenários alternativos que melhor se ajustem à Organização, aos Objectivos Estratégicos de Negócio e aos Factores Críticos de Sucesso da Empresa presentes e a prazo onde são contemplados aspectos de:

- Arquitectura, através da selecção de Topologias, de Protocolos e de Serviços
- Exploração, através da selecção de aplicações de Gestão e da apresentação de recomendações no tocante à Organização e à Formação

Da análise comparativa dos cenários alternativos, será escolhida a solução a implementar.

## **2. Etapas do projecto**

O projecto de uma rede envolve várias etapas

- Levantamento das necessidades
- Levantamento e avaliação da situação actual
- Pré-selecção de soluções alternativas
- Selecção da solução final,

sistematizadas nos próximos pontos.

### **2.1 Levantamento das necessidades**

A forma como é colocado o problema difere de Empresa para Empresa. Podemos considerar duas situações :

- Empresas sem competência interna na área e que recorrem a Empresas externas para análise das suas necessidades e posterior projecto e implementação de uma infra-estrutura de comunicações
- Empresas com competência interna.

Nas Empresas do 1º tipo as necessidades ainda não se encontram traduzidas em especificações, enquanto que no 2º tipo, já se encontram especificadas com maior ou menor grau de precisão as soluções requeridas.

Os casos que se seguem ilustram duas situações distintas:

#### **CASO 1**

---

Pretende-se interligar em ambiente WAN duas redes locais Ethernet de modo a promover a interoperação entre sistemas informáticos IBM AS/400, DEC e NOVELL.

#### **CASO 2**

---

De modo a promover a interoperação entre sistemas informáticos AS/400, DEC e NOVELL, pretende-se interligar duas redes locais Ethernet através de uma ligação em Frame-Relay com um CIR de 32 kbps. Os protocolos LAN a transportar serão os seguintes: IP, IPX, SNA, DEC LAT e DecNet IV. O protocolo de WAN deverá ser PPP.

O caso 2 resume-se praticamente à apresentação de equipamentos que promovam o roteamento dos protocolos referidos e não propriamente à execução de um projecto. /

No caso 1 está subjacente um problema mais complexo. É conhecida pela parte da Empresa a possibilidade de interoperação entre sistemas mas é desconhecida (ou, pelo menos, não dominada) a forma de a promover, quer ao nível das comunicações WAN, quer ao nível dos restantes recursos de Hardware e Software.

No caso 2, pressupõe-se que a Empresa já percorreu todas as fases do projecto, isto é:

- Identificou qualitativa e quantitativamente os fluxos de informação, face às necessidades sentidas pelas suas áreas de negócios
- Identificou cenários alternativos de evolução
- Seleccionou um cenário que deu origem a um caderno de encargos.

No caso 1, é previsível que todas as etapas do projecto tenham que ser percorridas, não sendo de excluir a necessidade de realização de uma auditoria à infra-estrutura já existente.

É importante, qualquer que seja a forma como é colocado o problema, uma estreita colaboração entre o cliente e os projectistas de modo a que seja possível identificar a melhor solução.

Em última análise, o levantamento das necessidades envolve a tradução dos requisitos pretendidos em termos quantitativos no que se refere a:

- Conectividade e interoperação entre sistemas
- Débitos associados, latências e isocronismo
- Fiabilidade, disponibilidade e redundância,

analisados face às necessidades imediatas e a prazo.

### **2.1.1 Identificação e Caracterização dos Fluxos de Informação**

Uma das questões mais relevantes no projecto de uma infra-estrutura de comunicações de dados é a identificação e a caracterização dos fluxos de informação, sendo para tal necessário conhecer as aplicações que vão ser usadas, assim como a localização dos dispositivos clientes e servidores de cada uma delas.

O conhecimento da organização a que obedece ou a que vai obedecer uma Empresa permite identificar rapidamente os fluxos de informação existentes (em sentido lato e não apenas referentes aos sistemas informáticos e de comunicações).

Este ponto tem importância crucial em Empresas que, não dispondo de pessoal habilitado, recorrem a regimes de *Out-Sourcing* para “traduzir” em soluções técnicas as suas necessidades.

O Anexo I desta publicação apresenta as características do tráfego gerado por diversos tipos de aplicações.

## **2.2 Levantamento e avaliação da situação actual**

### **2.2.1 Levantamento e avaliação do sistema actual**

Tal como na etapa anterior, o grau de intervenção dos projectistas é função da precisão com que foi apresentado o problema.

Esta etapa não é aplicável quando se trata de um sistema novo ou de um sistema que vai substituir outro.

Note-se, no entanto, que a decisão de reaproveitamento, integrando o sistema existente no novo, após as modificações eventualmente necessárias, ou de rejeição completa, é tomada, na maioria dos casos, após o seu levantamento e a avaliação do seu desempenho.

Além dos dados relativos à infra-estrutura de comunicações existente, deverão também ser levantados e avaliados os equipamentos informáticos que partilham os seus recursos através dela.

A necessidade de reutilização de alguns destes equipamentos pode condicionar o projecto, obrigando à introdução de características e facilidades necessárias ao seu bom desempenho.

Como tal, só com uma auditoria prévia cuidadosamente efectuada será possível recolher os dados necessários à tomada de decisões no que se refere à reutilização ou não de recursos já existentes.

Fica também patente, face aos recursos diversificados utilizados pelas comunicações e pela informática das Empresas, a necessidade da auditoria ser efectuada por uma equipa multidisciplinar, em estreita colaboração com o *staff* do cliente.

No levantamento do sistema existente deverão ser considerados:

A)- Energia

- Circuitos de terra
- Circuitos de energia do sector
- Energia socorrida.

B)- *Cabling*, incluindo as ligações WAN

- Encaminhamentos físicos
- Topologias física
- Distâncias entre tomadas ou pontos de utilização e os armários de distribuição/repartição
- Estado de conservação, devendo ser dada ênfase especial aos dispositivos de conectorização
- Tipos e categorias (e/ou fabricantes e *part-numbers*) dos componentes passivos utilizados, tais como:
  - cabos, incluindo os *patch-cables*
  - conectores, incluindo tomadas, fichas e *patch-panels*
  - *media-filters*.

Caso existam dúvidas sobre a categoria ou sobre o estado de conservação da cablagem devem ser efectuadas medidas com equipamentos adequados de modo a recolher as características relevantes, nomeadamente as curvas dos valores da atenuação e do near-end-crosstalk para as frequências de utilização.

NOTE-SE que as estatísticas indicam que entre setenta e oitenta por cento das anomalias detectadas em redes têm origem em problemas de *cabling* e/ou de energia eléctrica e que, nestas últimas, a grande maioria tem a ver com problemas de terras

C)- Topologia Lógica da LAN (protocolos em uso), tais como:

- Ethernet
- Token-Ring
- FDDI, etc.

D)- Equipamentos activos de LAN, tais como:

- Hubs
- Bridges, Switches
- Routers.

E)- Equipamentos activos de WAN

- Remote Bridges
- Routers
- Modems, Multiplexors
- Adaptadores RDIS, NTs, etc..

#### F)- Armários de Distribuição/Repartição

Deverão ser recolhidas todas as ligações entre *patch-panels* e entre estes e os equipamentos activos.

#### G)- Postos de trabalho e Servidores

Deverão ser recolhidas as características e configurações relevantes destas máquinas, nomeadamente as que se referem aos componentes de software e de hardware que promovem a ligação à rede de comunicações.

#### H)- Configurações

Deverão ser recolhidas as configurações de todos os equipamentos activos, nomeadamente as referentes a:

- Protocolos em uso (IP, IPX, SNA, APPLETALK, DEC, etc.)
- Endereços MAC
- Rotas e filtros de protocolos
- Equipamentos de gestão.

Além destas características intrinsecamente ligadas à parte física do sistema, deverão ser levantadas as características presentes da exploração/utilização do sistema.

São relevantes dados que permitam estabelecer volumes e padrões de tráfego (i.e. quem comunica com quem e em que quantidade):

- Grupos de trabalho e sua composição, assim como a localização dos seus servidores principais e dos postos de trabalho. Complementarmente, é importante conhecer a dinâmica das mudanças de composição dos grupos de trabalho.
- Aplicações utilizadas pelos grupos de trabalho e o tráfego que originam. É necessário identificar aplicações e/ou tarefas e/ou dispositivos sujeitos a requisitos especiais ou que ocupem elevadas larguras de banda ou ainda que desempenhem tarefas críticas no âmbito da Empresa.
- Taxa de ocorrência de *Bulk File Transfers* entre servidores ou entre estes e postos de trabalho. É importante conhecer as horas a que ocorrem tarefas em *batch* de consolidação de dados entre servidores, como também a possibilidade de modificar, caso necessário, os instantes em que ocorrem.

Devem ser efectuadas medidas de tráfego, de erros e de colisões durante os picos de utilização normal (i.e. exclusivamente tráfego interactivo). Complementarmente deverão ser efectuadas medidas durante a ocorrência de *Bulk File Transfers* e na ausência de qualquer outro tipo de tráfego.

É também importante o conhecimento do historial de anomalias tais como:

- Situações de congestionamento. É importante (tentar) relacionar as anomalias com outras ocorrências como por exemplo:
  - Fechos de mês ou de ano (actividade acima da média)
  - Introdução de novas aplicações
  - *Bulk File Transfers*
  - Mudanças nas configurações físicas e/ou lógicas dos componentes do sistema, etc..
- Avarias/anomalias por influências externas, nomeadamente cortes de traçados de cabos, avarias por descargas atmosféricas, etc..

## 2.3 Pré-selecção de soluções alternativas

Nesta fase do projecto, são pré-seleccionadas as soluções disponíveis no mercado que respondam cabalmente às necessidades do cliente, que sejam facilmente integráveis numa infra-estrutura já existente e que permitam uma transição suave, onde são minimizados os tempos de interrupção de serviço e o impacto na filosofia de utilização.

O estudo do impacto da introdução de novas soluções numa infra-estrutura de comunicações de dados já existente, reveste-se de uma importância crucial, nomeadamente nas grandes empresas.

Uma mudança radical na filosofia de utilização pode degradar notoriamente a eficiência da exploração se a sua introdução não for precedida de acções de sensibilização e de formação, que se devem prolongar (por exemplo, através de um Help-Desk) até que a nova filosofia de utilização seja dominada pelos utilizadores.

Nas alíneas que se seguem serão apresentados alguns aspectos técnicos e tecnológicos que deverão ser considerados, conjuntamente com os já referidos, na pré-selecção de soluções.

### 2.3.1 Fase de evolução das redes de dados

Podemos considerar que a fase em que o esforço das Empresas se encontrava quase totalmente virado para questões de conectividade e de interoperação entre sistemas está terminada. Tal não significa que estas características não sejam mais necessárias; significa apenas que (finalmente) se atingiu um *state-of-the-art* satisfatório, como demonstra a oferta do mercado para os mais diversos sistemas.

O aparecimento de novos paradigmas como

- Downsizing
- Cliente/Servidor
- Sistemas Distribuídos,

estritamente ligados a questões de produtividade (cada vez mais dependente da eficiência com que se recolhe, trata e distribui a informação) faz com que os esforços se concentrem na introdução de novas aplicações de gestão e de produção e no acesso a estas por parte de um cada vez maior número de utilizadores.

Tudo se conjuga para complicar a tarefa dos projectistas:

- Mais e mais poderosos sistemas informáticos /
- Mais utilizadores
- Mais aplicações
- Mais aplicações críticas
- Novos paradigmas de utilização (p.ex. interfaces gráficos),

o que coloca a evolução das redes de dados na Fase da Performance.

### **2.3.2 Performance e arquitecturas Cliente/Servidor**

O atraso de propagação dos sinais entre a origem e o destino, passando pela cablagem e pelos equipamentos activos da LAN e da WAN pode parecer desprezável face ao tempo de processamento da informação nos servidores.

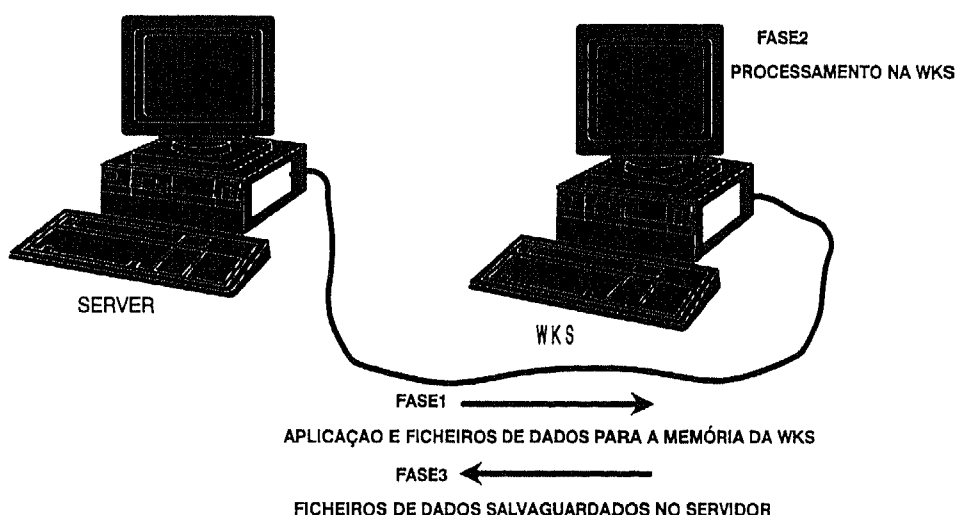
Tomemos como exemplo a ordenação de um ficheiro.

Algumas dezenas ou centenas de milisegundos não têm qualquer influência por exemplo numa consulta efectuada de um terminal 5250 a um AS/400; neste caso é preponderante o tempo de resposta do AS/400. Solicitada a opção de ordenação, os processos informáticos associados correm dentro do AS/400. Após o seu término, o resultado é afixado no terminal.

O atraso de propagação só afecta o trânsito do comando do terminal para o computador e o trânsito dos ecrãs com o(s) resultado(s) em sentido contrário. Situações idênticas ocorrem quando tratamos de sistemas de processamento centralizado.

Numa arquitectura cliente/servidor a influência do tempo de propagação não pode ser desprezada. Retomemos o exemplo da ordenação, mas agora num ambiente NOVELL NETWARE.

A ordenação de um ficheiro, residente no Servidor de Ficheiros NETWARE, é requerida por um aplicação também nele residente cuja execução é solicitada a partir de um posto de trabalho, isto é, um dispositivo informático com recursos de processamento próprios (CPU, RAM, Sistema Operativo, etc.).



Como se encontra descrito na figura anterior, o processo apresenta várias fases:

- FASE 1  
A aplicação de ordenação e o ficheiro a ordenar são carregados na memória do posto de trabalho.
- FASE 2  
É efectuado o processamento no posto de trabalho (i.e. a ordenação)
- FASE 3  
É salvaguardado no servidor o ficheiro já ordenado

Neste exemplo, o tempo de propagação tem que ser considerado nas fases 1 e 3. Quando se trata de ficheiros cujo tamanho é superior à memória disponível no posto de trabalho, as fases 1 (no caso da fase 1 no que se refere à carga de parte do ficheiro a ordenar) a 3 são repetidas tantas mais vezes quanto maior e mais "desordenado" estiver o ficheiro.

Em arquitecturas cliente/servidor, como a do exemplo anterior, pequenas diferenças de tempos de propagação, resultam em diferenças apreciáveis no que se refere à eficiência das aplicações e ao número de utilizadores suportados pela rede em condições pelo menos satisfatórias.

O tempo de propagação torna-se ainda mais importante quando lidamos com ligações WAN, sujeitas tipicamente a maiores atrasos, fundamentalmente consequência de menores débitos associados que os das LANs.

Nestes casos, a simulação pode ter um papel preponderante na escolha da filosofia a utilizar na aplicação.

A título de exemplo, podem ser utilizadas aplicações com bases de dados replicadas ou distribuídas em cada LAN, de modo a minimizar a influência do estrangulamento WAN. Neste caso, a consolidação das bases de dados locais é feita em *background*.

### **2.3.3 Aplicações. Colaboração multi-disciplinar. Simulação**

A Performance é um objectivo não só para a rede de dados mas também para as aplicações que vão ser por ela suportadas. Como tal, o projectista deve conhecer os fluxos de tráfego que cada aplicação vai gerar.

Para aplicações Out-of-Box pouco mais se pode fazer do que avaliar a quantidade de tráfego gerada pelas transacções e planear a rede de modo a que a banda (e as outras variáveis) atribuída aos utilizadores seja a suficiente.

É importante que a avaliação das aplicações antes da sua aquisição tenha em consideração os condicionalismos impostos pela rede existente e/ou projectada. Por outro lado, a colocação ao serviço de novas aplicações deve ser conhecida atempadamente, de modo a que se possa avaliar o seu impacto. Tal evitará situações, infelizmente muito frequentes, em que novas aplicações não apresentam o rendimento esperado como, ainda por cima, degradam o rendimento de outras já em plena exploração.

Para as aplicações verticais o caso pode mudar de figura através da colaboração entre os elementos associados ao projecto da rede e ao desenvolvimento das aplicações.

Para que tal colaboração seja possível é frequentemente necessário vencer barreiras impostas pela organização das Empresas. Numa grande parte das Empresas são diferentes os departamentos que superintendem as partes referidas. Tudo se complica quando as aplicações, embora "por medida", são desenvolvidas em Empresas de terceiros e/ou o projecto da rede se encontra na mesma situação.

A colaboração entre as partes deve começar logo no momento da análise, de modo a que as soluções rede e aplicação possam convergir para uma solução equilibrada. Se tal se tornar necessário, deve-se recorrer a simulações ou à instalação de protótipos que permitam denunciar estrangulamentos ou outras anomalias.

Do exposto nos parágrafos anteriores, mais uma vez se realça o carácter multi-disciplinar de um projecto de uma rede de dados.

## **2.4 Selecção, aquisição e implementação da Solução Final**

A selecção da solução final passa pela discussão e comparação dos aspectos técnicos e económicos de todas as soluções pré-seleccionadas.

Dentro dos aspectos técnicos é importante verificar a conformidade dos equipamentos com os standards relevantes, assim como analisar o envolvimento dos fabricantes no estudo de novas tecnologias e na consolidação de novos standards, assim como a sua capacidade de produzir/fornecer upgrades para os equipamentos seleccionados que permitam tirar proveito dessas novas tecnologias e standards, evitando uma obsolescência prematura dos equipamentos.

Devem ser evitadas soluções, que embora standardizadas, não sejam “multi-vendor”.

Complementarmente, devem ser privilegiados, sempre que a relação custo/benefício o justifique, os equipamentos modulares (ampliáveis por inserção de placas ou empilháveis).

Além destes aspectos, devem ser analisados os circuitos comerciais e de assistência disponibilizados pelos fabricantes e/ou fornecedores, assim como a competência e a certificação das entidades que vão proceder à sua instalação.

Sempre que possível, a solução escolhida deve ser experimentada num ambiente tão próximo quanto possível do ambiente real, permitindo que sejam efectuados ajustes de pormenor à solução preconizada.

### 3. Infra-estrutura de cablagem

A infra-estrutura de cablagem é considerada actualmente a base de um sistema de comunicações bem sucedido.

Do total de investimentos iniciais num sistema de comunicações, a cablagem absorve uma fatia importante, tanto maior quanto maior forem as folgas do seu dimensionamento face às necessidades iniciais.

Face aos valores que atinge, a tentação imediata é a de reduzir ao mínimo imprescindível o número de pontos de utilização.

Esta poupança inicial degenera, na grande maioria dos casos, em despesas suplementares sempre que sejam necessárias ampliações, cujo valor é notoriamente superior àquele que teria sido gasto se a implementação inicial tivesse contemplado as já referidas folgas. Outra tentação são as ampliações “à medida” que enfermam de males idênticos à situação anterior:

- A implementação inicial é feita, numa grande maioria dos casos, com as instalações ainda não ocupadas por pessoas, mobiliário, etc., permitindo o lançamento da cablagem sem obstáculos, além dos inerentes às instalações, e em horário de expediente.  
Nos outros casos, as ampliações obrigam ao apeamento de sistemas e de aparelhagem de comunicações, à deslocação de mobiliário, à realização de eventuais pequenos trabalhos de construção civil, etc., que perturbam a exploração, mesmo quando feitos em horários complementares.
- Outro dos factores a considerar é a urgência com que tipicamente estes trabalhos são solicitados aos fornecedores (com os inconvenientes que para estes trazem os trabalhos não planeados atempadamente), geradora de encargos adicionais.
- Finalmente, muitas vezes por falta de resposta imediata dos fornecedores, a tendência para se arranjam soluções provisórias de recurso, que acabam por se tornar definitivas até ao dia em que uma avaria nelas localizadas coloque fora de serviço dispositivos cruciais para o funcionamento da empresa.

Como tal, o projecto de uma infra-estrutura de cablagem e comunicações deve contemplar um número de pontos de utilização que satisfaça as necessidades imediatas e a prazo, sendo estas ditadas pelas projecções da evolução da empresa.

Complementarmente, a parte da infra-estrutura de suporte à cablagem onde as ampliações são mais problemáticas (p.ex. os caminhos de cabos e as salas de equipamentos) deve ser dimensionada de forma a assegurar a interligação de um número de pontos de utilização superior ao máximo inicialmente previsto.

Uma infra-estrutura de cablagem tem, sob o ponto de vista das características mecânicas e eléctricas, uma durabilidade superior a uma dezena de anos. Esta durabilidade é, pelo menos, o dobro da esperada para os sistemas informáticos ou de telecomunicações que se tornam obsoletos (ou pelo menos ineficientes) num período de 2 a 5 anos. Face a esta situação, são possíveis duas opções:

- Escolher um sistema de cablagem dimensionado de acordo com as necessidades imediatas e a curto prazo (2 a 5 anos) que suporte as tecnologias de comunicações actualmente de uso corrente.
- Escolher um sistema de cablagem dimensionado para um prazo mais dilatado, que suporte as tecnologias actualmente de uso corrente e as tecnologias cuja utilização se prevê num futuro mais ou menos próximo.

A primeira opção deve, a todo o custo, ser evitada, pois só será capaz de suportar uma evolução, mesmo que gradual, para as tecnologias de telecomunicações emergentes, através de novos investimentos necessários à substituição da cablagem inicial.

A segunda opção deve ser preferida, embora resulte num maior investimento inicial que o da primeira.

Os sistemas de cablagem podem ser específicos de uma aplicação (p.ex. uma rede em cabo Twinax para interligação de terminais 5250 a um AS400) ou podem ser genéricos.

Um sistema de cablagem específico de uma aplicação é, na grande maioria das vezes, proprietário, o que implica que pelo menos alguns dos seus componentes só possam ser adquiridos num e num só fornecedor. Por outro lado, uma cablagem específica não permite a interligação de outros equipamentos para além daqueles para a qual foi prevista.

Como tal, e dado que o tempo de vida dos sistemas informáticos é cada vez mais curto, a utilização de uma cablagem específica de uma aplicação apresenta um risco semelhante ao de um sistema de cablagem dimensionado a curto prazo.

A melhor opção é então um sistema genérico de cablagem que possa suportar todas as aplicações standardizadas ou não. Uma cablagem genérica é, para um mesmo número de pontos de utilização, tipicamente mais barata que uma cablagem específica, embora necessite que sejam utilizados dispositivos que promovam em alguns casos a adaptação mecânica e eléctrica entre as tomadas de telecomunicações e os interfaces de acesso de alguns tipos de equipamentos.

Alguns tipos de placas Token Ring ilustram bem o problema da adaptação referido no parágrafo anterior: dado que apresentam uma impedância característica de 150 Ohm, contra os 100 Ohm típicos da cablagem genérica, obrigam à utilização de *media filters* que promovam a adaptação de impedâncias.

O atrás afirmado não significa que não exista lugar à implementação de cablagens com fins específicos. Por exemplo, não existe nada melhor que uma pequena rede em Twinax para interligar as consolas de sistema (5250) a um AS400. Significa apenas que deve ser dada preferência a um sistema genérico de cablagem como infra-estrutura de base de um sistema de comunicações.

O ANEXO II desta publicação refere aspectos diversos dos sistemas genéricos de cablagens, nomeadamente a Norma Europeia EN 50173 a eles aplicável.

São também afloradas questões relacionadas com a compatibilidade electromagnética.

## 4. Protocolos de LAN

### 4.1 Introdução

Como já foi referido, a produtividade das empresas está estreitamente ligada à eficiência com que se recolhe, trata e distribui a informação.

O cumprimento dos objectivos negociais obriga a um reforço permanente da capacidade dos sistemas associados às tecnologias da informação, onde se inserem as infra-estruturas de comunicações de dados.

Até ao momento, a grande maioria das aplicações informáticas utilizadas são aplicações de dados (i.e. texto codificado).

Face ao tipo de aplicações, os requisitos reduzem-se às características de largura de banda e de latência, não requerendo esta qualquer tipo de isocronismo ou invariabilidade.

Note-se que os valores pretendidos para as características largura de banda e latência não são imposições das aplicações de dados, mas sim valores, muitas vezes empíricos, que permitem uma utilização confortável das aplicações.

De acordo com ANEXO I, "Caracterização do Tráfego de Dados", as LANs da primeira geração, nomeadamente a Ethernet (10 MBps) e a Token-Ring (16 MBps), disponibilizam larguras de banda capazes de suportar concorrentemente múltiplas sessões da grande maioria dos serviços apresentados.

Considerando que o parque nacional de LANs instaladas é constituído na quase totalidade por Ethernet/IEEE802.3 e por Token-Ring/IEEE802.5, quais são as suas características, face ao afirmado nos parágrafos anteriores, que contribuem para a degradação da largura de banda e da latência:

- A primeira, e talvez a mais importante, é o conceito associado de meio partilhado.  
O meio disponibiliza uma determinada largura de banda agregada que é partilhada concorrentemente pelos utilizadores; quanto maior for o número de utilizadores "simultâneos" menor a fatia de largura de banda que cabe a cada um.
- A segunda característica é a variabilidade do tamanho dos pacotes de dados associados às aplicações de dados; quanto maior for um pacote transmitido por um utilizador, maior é o tempo que os restantes utilizadores têm que esperar para aceder ao meio partilhado.
- Deve também ser considerada eficiência do protocolo em uso e a sua variabilidade com o número de utilizadores e com o tamanho dos pacotes.

Face ao exposto, levanta-se a seguinte questão:

Qual a largura de banda que deve ser /  
disponibilizada para cada cliente ?

face a estes pressupostos:

1. A grande maioria das aplicações empresariais não necessita mais do que alguns Mbps.
2. Em média, cada utilizador usa uma ou duas aplicações que requerem comunicações.
3. As aplicações multimédia, que se esperam vulgarizadas num futuro mais ou menos próximo no desktop de cada utilizador, não necessitam de larguras de banda superiores a 3 MBps.

## **4.2 Lans da 1ª Geração**

### **4.2.1 Ethernet/IEEE802.3**

A primeira especificação Ethernet foi desenvolvida pela Xerox Corporation nos anos 70 e serviu de base à especificação IEEE802.3 publicada em 1980. Pouco tempo depois, a Digital, a Intel e a Xerox publicaram em conjunto a especificação Ethernet versão 2.0, muito semelhante à especificação IEEE802.3 .

Embora de forma menos correcta, os dois protocolos são designados habitualmente pelo termo Ethernet, que utilizaremos ao longo desta publicação.

Os protocolos Ethernet/IEEE802.3 detêm a maior fatia do mercado de LANs a nível mundial, tendo sido o seu objectivo a implementação de uma rede com um débito agregado de 10 Mbps, capaz de suportar tráfegos médios/elevados a pequenas e médias distâncias.

Uma das grandes vantagens da Ethernet é o facto de ser simples de implementar.

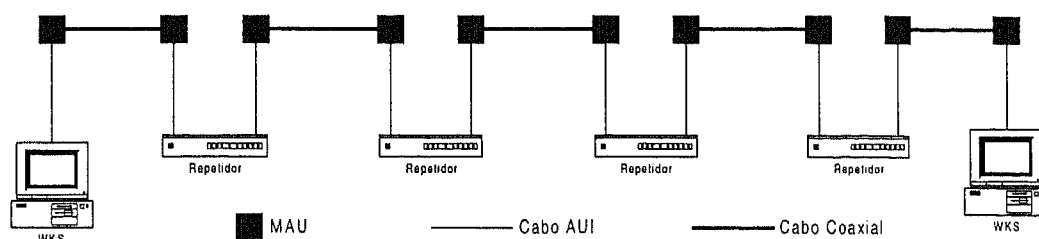
O projecto de uma LAN em Ethernet pode ser feito utilizando um conjunto de regras muito simples. Os limites impostos por essas regras podem ser ultrapassados, embora tal exija a realização de cálculos que se encontram descritos no ANEXO III desta publicação. São também apresentados neste anexo, os meios físicos e as distâncias máximas suportados, assim como outras características que devem ser consideradas no projecto.

A Ethernet permite um comprimento máximo entre dois postos de trabalho nas suas extremidades bastante elevado (considerando o comprimento dos cabos), como se pode ver pelo **exemplo** que se segue, baseado na aplicação das regras simplificadas:

Nº máximo de repetidores que podem ser usados - 4

Comprimento máximo de um segmento em cabo coaxial grosso de 50 Ohm - 500 metros

Comprimento máximo de um cabo AUI - 50 metros



Comprimento máximo de cabos entre Postos de Trabalho é:

$$10 \times 50 + 5 \times 500 = 3000 \text{ metros}$$

O exemplo anterior apresenta uma implementação em cobre, com uma estrutura física em Bus. Usando outros tipos de suportes físicos, poderão ser obtidas outras distâncias máximas (ver ANEXO III).

Uma extensão à norma original, o standard 10Base-T, introduziu uma topologia física em estrela em que os clientes são alimentados individualmente por Links derivados a partir de um Hub (MultiPort Repeater).

Esta topologia, além de ser muito flexível, quando comparada com a topologia em Bus (o que a torna mais indicada para a interligação de equipamentos em rede num ambiente de escritório) permite uma mais fácil detecção e resolução de avarias.

#### 4.2.1.1 Comparação Ethernet/IEEE802.3

As recomendações Ethernet e IEEE802.3 especificam tecnologias semelhantes que se distinguem em alguns pormenores, suficientes, no entanto, para que a interoperação não seja directamente possível.

No caso da Ethernet, são definidas na totalidade as camadas 1 (Física) e 2 (Data Link) do modelo OSI. No caso da especificação IEEE802.3, além da camada 1, é apenas especificada a subcamada MAC (Medium Access Control) da camada 2. A subcamada LLC (Logical Link Control) é especificada numa outra norma (IEEE802.2).

A recomendação IEEE802.3 especifica vários meios físicos, enquanto que a especificação Ethernet apenas especifica um cabo coaxial grosso de 50 Ohm (Yellow Cable); paralelamente, o vocabulário associado aos componentes de cada uma delas é diferente.

Na realidade, o que impede a interoperação das duas especificações (considerando uma comparação entre Ethernet e o conjunto de normas IEEE802.3 e IEEE802.2) é a diferença entre as suas tramas ao nível da camada 1.

Embora praticamente iguais, a trama Ethernet apresenta um campo de 2 octetos designado por "Type" que indica qual o protocolo da camada 3 que vai receber a informação contida na trama; no caso do IEEE802.3, os mesmos octetos constituem o campo "Length" que contém o comprimento (em octetos) do campo de dados da trama.

Os valores que o campo "Type" pode tomar são geridos e atribuídos pela Xerox. A menos de algumas excepções (valores 0101<sub>h</sub> a 01FF<sub>h</sub>, 0200<sub>h</sub> e 0201<sub>h</sub>), os valores possíveis são maiores ou iguais a 0600<sub>h</sub> (1536 em decimal). Como, por definição, o campo de dados IEEE 802.3 pode ter no máximo 1500 octetos, só existirão conflitos para os "Types" já referidos (que correspondem a protocolos praticamente sem utilização), o que permite a coexistência de tramas Ethernet e IEEE802.3 na mesma rede.

Tecnicamente, e de forma a distinguir o encapsulamento da informação na linha, utilizam-se as designações Ethernet\_802.3 e Ethernet\_II.

Note-se que também existem encapsulamentos que são referidos como Ethernet\_SNAP (de SubNetwork Access Protocol) e Ethernet\_802.2. Nenhum deles tem a ver com a utilização dos 2 octetos atrás referidos.

O Ethernet\_SNAP, é uma extensão do cabeçalho definido na camada LLC (IEEE802.2), introduzindo características semelhantes às conseguidas pelo campo "Type" numa trama Ethernet\_II.

O encapsulamento Ethernet\_802.2 está estreitamente relacionado com o protocolo IPX, proprietário da Novell. O protocolo IPX é uma implementação monolítica das camadas 3 e 4 do modelo OSI (Network e Transport, respectivamente) que pode dialogar directamente com a subcamada MAC da camada 2, dizendo-se que o encapsulamento do IPX é Ethernet\_802.3, ou indirectamente, através da subcamada LLC, dizendo-se que o encapsulamento do IPX é Ethernet\_802.2.

A questão dos encapsulamentos é crítica na parametrização de equipamentos activos, nomeadamente os de Routing. As designações utilizadas pelos fabricantes para um mesmo encapsulamento diferem muitas vezes ou, ainda mais grave, é utilizada a mesma designação por dois fabricantes diferentes para designar dois encapsulamentos diferentes.

#### 4.2.1.2 Performance da Ethernet

As redes Ethernet utilizam um método de acesso ao canal designado por CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection) que opera da seguinte forma:

- Qualquer dispositivo é livre de tentar a transmissão em qualquer instante, isto é: a emissão não está vinculada a qualquer variável temporal ou a qualquer método de acesso ordenado.
- Uma tentativa de transmissão é precedida de um período de monitorização do canal (Carrier Sense). Se o canal estiver livre, é efectuada a transmissão; se estiver ocupado, é efectuada uma nova tentativa de transmissão, logo que esgotado um intervalo de tempo determinado pela aplicação de um algoritmo previsto pelas normas (Backoff).

Dado que o tempo de propagação dos sinais no meio partilhado não é nulo, podem ocorrer transmissões sobrepostas, gerando colisões.

As colisões são detectadas por monitorização do nível de sinal no meio.

Sempre que ocorre uma colisão, os dados transmitidos são considerados inválidos, havendo lugar a novas tentativas de transmissão, de acordo com o método já referido.

Com esta descrição, ficam patentes os pontos fracos da Ethernet:

1. Quanto maior for o número de dispositivos com informação pendente para transmissão, maior é o tempo de espera médio para aceder ao meio (situação agravada pelo facto de não ser possível determinar a sequência de transmissão).
2. Quanto maior for o número de dispositivos activos ligados ao canal partilhado, maior a probabilidade de ocorrência de colisões. A probabilidade de ocorrência de colisões aumenta com o aumento do número de dispositivos com informação pendente para transmissão (i.e., aumenta como o aumento do tráfego oferecido à rede).

Note-se que uma colisão é, para todos os efeitos, uma fonte de overhead com características regenerativas, pois ocorrem com mais probabilidade em situações de tráfego elevado, contribuindo para aumentar o congestionamento do canal.

É consensual aceitar um valor de 30 a 40 % da velocidade agregada como a máxima taxa de ocupação suportada pela Ethernet que permite o acesso dos dispositivos ao meio em tempos médios razoáveis, com uma probabilidade de ocorrência de colisões baixa.

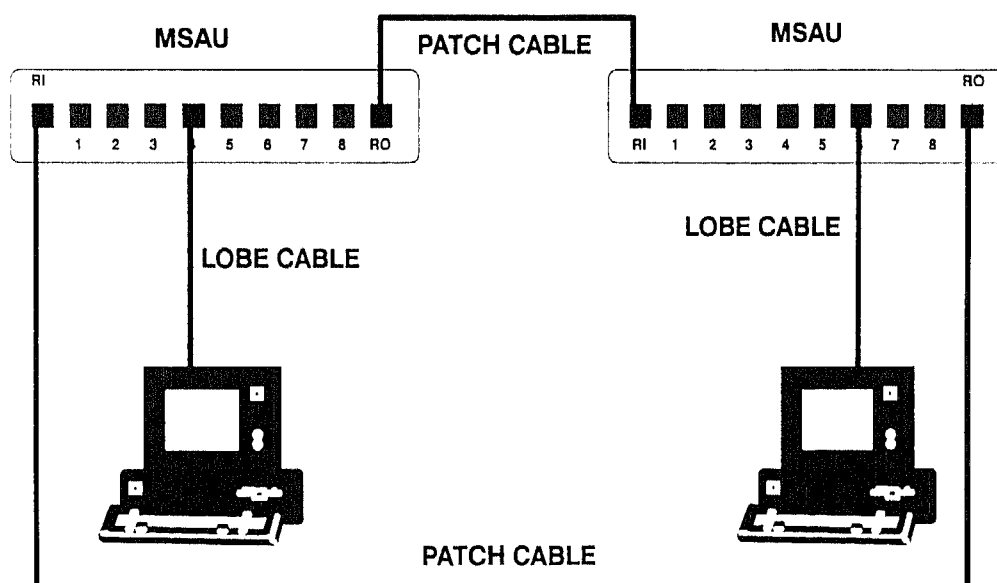
#### 4.2.2 Token-Ring/IEEE802.5

A Token-Ring foi desenvolvida na década de 70 pela IBM, sendo a segunda tecnologia de LANs a nível mundial em termos de implantação.

Ao nível nacional, é reduzido o número de empresas que a utilizam, embora o número de postos de trabalho em Token-Ring seja elevado, fundamentalmente graças a uma boa implantação na Banca.

A especificação IEEE802.5 foi modelada a partir da especificação IBM. O termo Token-Ring é utilizado para designar indiferentemente as especificações IBM e IEEE, embora existam algumas diferenças que passam a ser apresentadas.

No caso da especificação IBM, é definida uma topologia física em estrela, derivada a partir de MSAUs (Multistation Access Units). As MSAUs permitem a inserção/desinserção de postos de trabalho no anel, sem por em causa a sua continuidade.



No caso da especificação IEEE802.5 não é definida qualquer topologia, nem equipamentos que permitam garantir a continuidade do anel quando da desinserção de postos de trabalho.

No caso da IBM são especificados os tipos de cabos a utilizar, enquanto que a recomendação 802.5 não o faz.

A estrutura das tramas, embora semelhante, apresenta diferenças no tamanho máximo permitido para o campo RIF (Routing Information Field). O campo RIF contém os endereços MAC dos dispositivos de internetworking (Bridges Source Rounting) que a trama deve ultrapassar para atingir um determinado destino.

A tabela que se segue resume as semelhanças e as diferenças entre as implementações.

| Característica                  | IBM TOKEN RING                                      | IEEE 802.5             |
|---------------------------------|-----------------------------------------------------|------------------------|
| Débitos                         | 4/16 MBps                                           | 4/16 MBps              |
| Postos de trabalho por segmento | 250 (STP) <sup>(1)</sup><br>75 (UTP) <sup>(2)</sup> | 250                    |
| Topologia                       | Estrela                                             | Não especificada       |
| Meios físicos                   | STP<br>UTP                                          | Não especificados      |
| Tipo de sinal na linha          | Banda Base                                          | Banda Base             |
| Método de acesso                | Token Passing                                       | Token Passing          |
| Codificação de linha            | Manchester diferencial                              | Manchester diferencial |

(1) Muitas vezes designada por "Large Unmovable Token-Ring"

(2) Muitas vezes designada por "Small Movable Token-Ring"

A Token-Ring tem alguns argumentos a seu favor:

- apresenta um carácter determinístico, o que permite, quando conhecidas variáveis como o tamanho dos pacotes, tempo de propagação, etc., determinar com bastante exactidão o instante em que cada posto acede ao meio
- tem mecanismos intrínsecos de "Acknowledge"
- tem mecanismos de recuperação de erros ao nível lógico e ao nível físico
- permite implementar diversos graus de prioridade de acesso ao meio.

A Token-Ring está disponível em versões de 4 e 16 MBps de débito agregado. A versão a 16 MBps permite ainda a utilização de uma variante do Token Passing conhecida por Multiple Token ou Early Token Release, que permite aumentar a eficiência do sistema.

Apesar de algumas vantagens face à concorrente Ethernet, a Token Ring é uma solução bastante mais cara do que a primeira, para um mesmo número de utilizadores, considerando o somatório dos equipamentos activos e das placas de rede para os postos de trabalho. Complementarmente, e supondo que se pretende utilizar uma cablagem genérica como a preconizada na alínea 3, há que ter em linha de conta que as placas de rede apresentam impedâncias características de 150 Ohm, o que obriga à utilização de "media filters" para promover a adaptação de impedâncias para 100 ou 120 Ohm.

Por outro lado, o projecto de uma rede Token Ring não é tão simples como o de uma rede Ethernet (se considerarmos as regras simplificadas), requerendo algum estudo e fundamentalmente muita experiência. Embora no caso IBM seja de raiz uma implementação física em estrela (Star-Wired), a dispersão máxima de postos de trabalho permitida pela sua topologia lógica em anel é relativamente reduzida; esta limitação é agravada pelo facto do método de acesso não permitir o uso de repetidores (i.e. de dispositivos que funcionem ao nível da camada física do modelo OSI), obrigando o uso de Bridges Source Rounting.

Embora seja uma rede incondicionalmente estável em qualquer regime de utilização, o método de acesso por passagem de testemunho não se tem mostrado muito propício, sob os pontos de vista técnico e económico, à introdução de inovações que permitam reforçar a largura de banda disponibilizada a cada utilizador ou melhorar os tempos de latência.

Além das ampliações de redes já existentes, a procura de soluções Token-Ring no mercado nacional tem-se praticamente limitado a empresas controladas por empresas-mãe internacionais que impõe o uso daquele protocolo.

Embora a Token-Ring ainda seja a tecnologia preferida pela IBM, tem-se assistido a uma mudança gradual de estratégia, passando a IBM a oferecer as configurações base de algumas das suas máquinas com interfaces Ethernet, considerando o interface Token-Ring como opção (p.ex. no RISC 6000).

## 4.3 FDDI/CDDI

### 4.3.1 Introdução

Há quem considere que o FDDI nunca foi uma tecnologia com grande sucesso comercial.

Uma das razões apontadas é o seu preço elevado, consequência dos custos elevados da fibra óptica e dos componentes optoelectrónicos necessários.

Na opinião do autor, embora o factor preço também deva ser considerado, a principal razão do insucesso deve-se ao facto da Tecnologia do FDDI disponibilizar características (largura de banda, majoração de tempos de acesso, redundância, etc.) que, até há relativamente pouco tempo, não faziam parte dos requisitos da grande maioria das empresas. Note-se que, como já foi referido, a banda disponibilizada pela Ethernet e pela Token-Ring é suficiente para a grande maioria das utilizações.

Exceptuam-se as instituições com necessidades especiais de largura de banda ou residentes em campus de elevadas dimensões; nestas instituições a implantação do FDDI é bastante boa (em Portugal os Campus da Sonae, do Centro de Estudos de Telecomunicações/PT e de algumas Faculdades são exemplos dessa implantação).

Por outro lado, há quem considere que o reinado (se é que existiu) do FDDI terminou com o aparecimento de soluções de LAN a 100 Mbps.

Neste caso, a opinião do autor divide-se, pois dificilmente terá cabimento a implementação de um FDDI num edifício de 10 andares com um "foot-print" de uma centena de m<sup>2</sup>; neste caso uma Fast Ethernet ou uma 100VG-AnyLAN serão provavelmente as soluções mais indicadas para um backbone. Mas se o objectivo for a interligação de LANs dispersas por um campus de vários milhares de m<sup>2</sup>, concerteza que a escolha da solução FDDI será ponderada.

Projeções para os próximos anos, indicam a preferência por soluções FDDI em detrimento de outras, nomeadamente as soluções Fast Ethernet e 100VG.

Em termos absolutos, a procura de soluções FDDI está a aumentar de ano para ano, fundamentalmente porque (só agora) os requisitos de largura de banda nos backbones já não permitem a utilização das soluções LAN tradicionais. A este aumento de procura, também não é estranha a diminuição dos custos da fibra óptica e dos componentes. Para estes últimos, a actual diferença de custos entre os "line drivers" para cobre e para fibra óptica é mínima.

Como exemplo de outras aplicações, foi noticiada recentemente a opção de alguns operadores (Bell Atlantic e British Telecom) pelo FDDI para criar infra-estruturas de comunicações de dados (MAN) em algumas cidades (Note-se que o FDDI é considerado uma LAN, embora a sua dispersão, nomeadamente quando se usam fibras monomodo, seja idêntica à de algumas MANs)

A especificação FDDI (Fiber Distributed Data Interface) foi produzida, em meados da década de 80, pelo ANSI X3T9.5, tendo sido adoptada posteriormente pelo ISO.

#### **4.3.2 Tecnologia**

O FDDI especifica um meio a 100 Mbps, implementado sobre um anel duplo de fibra óptica, utilizando um método Token Passing de acesso ao canal partilhado.

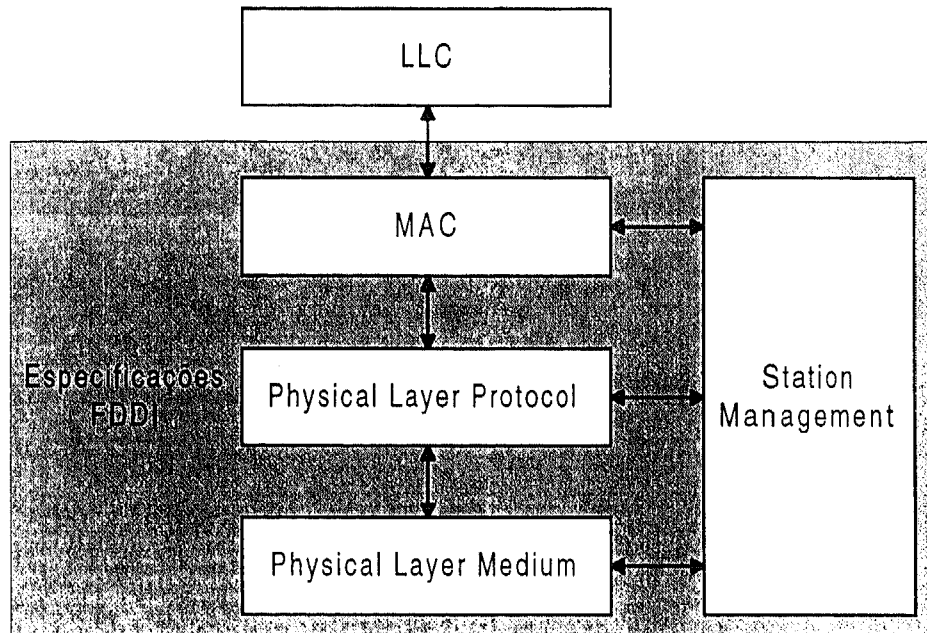
A influência do Token-Ring no FDDI é visível, nomeadamente ao nível da topologia (anel), da redundância (anel duplo, opção avançada no caso do Token-Ring) e do método de acesso.

Uma das principais diferenças é que o FDDI foi concebido de raiz para suportar a fibra óptica como meio físico, meio que oferece um largo número de vantagens quando comparado com o suporte cobre.

A especificação FDDI contempla dois tipos de fibras ópticas: Multimodo e monomodo. Graças a uma menor dispersão modal, as fibras monomodo permitem maiores distâncias entre equipamentos sem recurso a repetidores.

### 4.3.3 Especificações FDDI

O FDDI é definido em 4 grupos de especificações, ilustradas na figura que se segue.



- MAC (Medium Access Control), onde são definidas as características do protocolo de acesso ao canal, tais como o formato das tramas, a gestão do Token, o endereçamento, os procedimentos de recuperação em caso de erro, etc.
- Physical Layer Protocol (PHY), onde são definidos a codificação de linha, os procedimentos de sincronização entre relógios e outros requisitos físicos, não dependentes do meio que vai ser utilizado
- Physical Layer Medium (PMD), onde são definidas as características físicas do meio de transmissão, do hardware de conectorização, etc.
- Station Management (SMT), onde são definidas as configurações das estações e dos anéis, e onde se encontram os mecanismos de inserção e de remoção da estação dos anéis, de inicialização, de isolamento de falhas e de recuperação após falha. Além destas funções, o SMT é responsável pela coleção de dados estatísticos referentes ao funcionamento da estação e do anel.

#### 4.3.4 Ligação de dispositivos aos anéis FDDI

O FFDI especifica 2 anéis, em que o tráfego circula em direcções opostas. Fisicamente, os anéis consistem em ligações ponto-a-ponto entre dispositivos vizinhos, estando o último e o primeiro dispositivos ligados entre si de forma semelhante.

Um dos anéis é designado por Primário e o outro por secundário. Os dados circulam pelo anel Primário. O anel secundário é usado como backup (adendas à especificação inicial reutilizaram este anel de modo a ser possível uma operação em modo Full-Duplex).

São previstos dois tipos de ligação aos anéis, definindo-se, assim dois tipos de estações:

- A estação DAS (Dual Attachment Station), ligada a ambos os anéis
- A estação SAS (Single Attachment Station), ligada ao anel Principal. Note-se que a ligação não é directa, mas sim através de um concentrador que é um dispositivo do tipo DAS (caso contrário, ficaria comprometida a eficiência da redundância do anel).

#### 4.3.5 Tipos de Tráfego

O FDDI suporta dois tipos de atribuição de largura de banda, correspondentes à definição de dois tipos de tráfego: Tráfego Síncrono e Tráfego Assíncrono.

Os termos síncrono e assíncrono têm uma interpretação no contexto da FDDI diferente da mais usual.

Entende-se por tráfego síncrono aquele que é oriundo de um dispositivo que negociou com a rede a atribuição, em regime permanente, ou negociada por sessão, de uma determinada fracção da banda disponível, o que faz com que a rede lhe garanta o acesso ao meio com uma frequência necessária ao cumprimento do negociado.

Tráfego assíncrono será aquele que é oriundo de dispositivos que não procederam a uma negociação prévia da banda a ocupar, indo utilizar a banda não ocupada pelo tráfego síncrono.

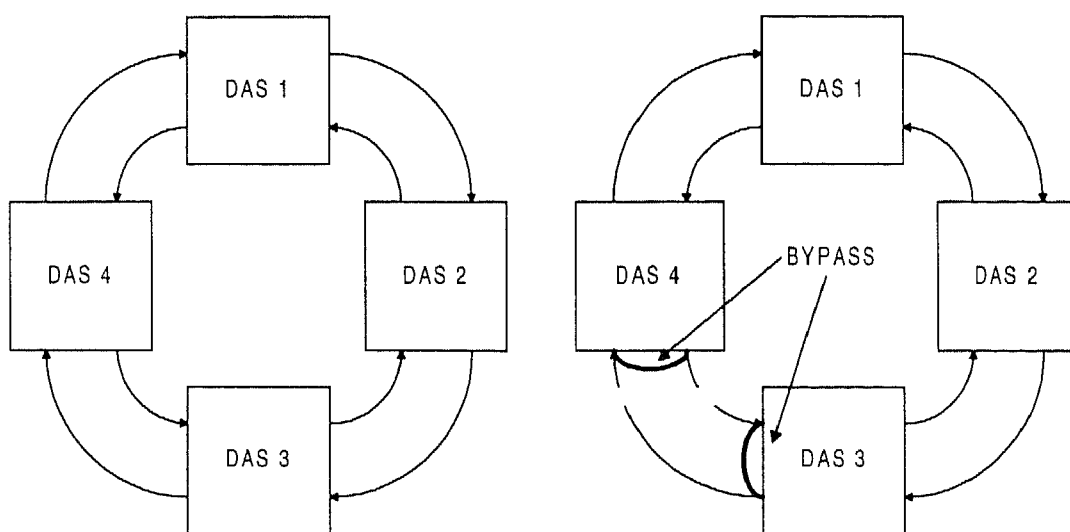
O tráfego síncrono tem prioridade sobre o tráfego assíncrono, ao qual não são dadas quaisquer garantias em relação à banda que em cada instante poderão ocupar.

Graças à característica referida no parágrafo anterior, o FDDI foi a primeira tecnologia de LAN a contemplar um mecanismo de negociação de qualidade de serviço, que poderá ser utilizado por serviços que exijam atrasos majorados no acesso ao meio.

Dentro do tráfego assíncrono, o FFDI contempla ainda a possibilidade de definir 8 graus de prioridade.

#### 4.3.6 Tolerância a falhas

Graças aos dispositivos DAS e ao anel duplo, o FDDI pode, através da cooperação entre os protocolos PMD e SMT, recuperar de situações de avaria física (e mesmo lógica). A figura que se segue ilustra uma rede de 4 DAS em funcionamento normal e a mesma rede reconfigurada, após uma ruptura da ligação ponto-a-ponto entre o DAS 3 e o DAS 4, conseguida pela actuação automática de Bypasses ópticos.



#### 4.3.7 O CDDI

O custo da fibra óptica e dos componentes associados (incluindo os equipamentos activos) despoletaram o desenvolvimento de especificações que permitissem a utilização de cabos de cobre, dando origem ao CDDI (Copper Distributed Data Interface).

Em Junho de 1990, foi formado sob os auspícios do ANSI o comité TP-PMD que em 1994 apresentou a especificação final do CDDI, onde são suportados cabos UTP categoria 5 e STP tipo 1. Embora o FDDI tenha sido aprovado pelos organismos normalizadores europeus, o mesmo não se passa com o CDDI que ainda não se encontra aprovado, devido a questões relacionadas com a compatibilidade electromagnética.

Aliás, as razões da demora na elaboração das especificações CDDI deveram-se em parte à EMC, pois foi necessário desenvolver algoritmos de scrambling, de codificação de linha e de equalização, capazes de reduzir para valores dentro das normas as radiações electromagnéticas emitidas.

#### 4.3.8 Futuro do FDDI

Como foi referido na Introdução, as projecções a nível internacional indicam uma procura elevada de soluções FDDI para os próximos anos.

No que se refere ao mercado nacional, não abundam as empresas que requeiram grandes extensões de backbone, o que faz com que a Fast Ethernet, aliada a técnicas de switching, tenha mais probabilidades de ser a opção escolhida para a grande maioria dos casos. Note-se que os principais fabricantes de equipamento de switching oferecem interfaces de alta velocidade (100Mbps, 2 x 100 Mbps [Full-Duplex] e mesmo 2 x 200 Mbps [Full-Duplex]) para interligação dos seus equipamentos. Embora com o senão de alguns utilizarem protocolos proprietários, são opções que apresentam quase sempre boas relações custo/benefício quando comparadas com a alternativa FDDI.

No que se refere a clientes com requisitos especiais de latências e de isocronismo, o ATM privado apresenta-se como uma solução cada vez mais consolidada, o que poderá, graças também às suas potencialidades latentes, relegar para segundo plano o FDDI.

#### 4.4 Redes a 100 Mbps da iniciativa do IEEE 802

Durante algum tempo após a sua apresentação (1990), supôs-se que o FDDI seria, por bastantes anos, o único standard de LAN com velocidade agregada de 100 Mbps. No entanto, o seu custo elevado à data da sua introdução, que levou inclusivamente ao desenvolvimento de um standard idêntico sobre cobre, em vez de fibra óptica, motivou a procura de novas soluções que, de uma forma mais económica, disponibilizassem larguras de banda semelhantes.

Os estudos iniciais apontaram desde logo para a necessidade de desenvolver uma Ethernet mais rápida, mas que mantivesse a compatibilidade com a Ethernet tradicional a 10 Mbps. Desta forma, seria possível integrar a nova tecnologia com a já existente, conduzindo a uma migração sem sobressaltos, feita gradualmente à medida das necessidades, preservando por tanto tempo quanto possível os investimentos feitos com os equipamentos e interfaces a 10 Mbps.

Baseado no pressuposto do parágrafo anterior, a solução mais óbvia seria o desenvolvimento de uma tecnologia em tudo idêntica à da Ethernet, utilizando o CSMA/CD como método de acesso ao canal, com uma topologia física em estrela, como o previsto na recomendação 10Base-T, mas com uma velocidade agregada de 100 Mbps.

Esta solução, que vingou com os nomes 100Base-T ou IEEE 802.3 Fast Ethernet, sofre de um constrangimento grave:

Para preservar a compatibilidade, nomeadamente o tamanho mínimo da trama ao nível físico, o Round Trip Collision Delay de 575 Bit Time passa a corresponder, à velocidade de 100 Mbps, a 5,75  $\mu$ seg ou seja 10 vezes menor que o da rede tradicional a 10 Mbps, o que origina que os comprimentos máximos permitidos extremo a extremo na Fast Ethernet sejam, para os mesmos tipos de suportes físicos, 10 vezes menores do que os conseguidos na Ethernet.

O pressuposto utilizado para minimizar a importância das (pequenas) distâncias cobertas pela Fast Ethernet é o facto de as redes Ethernet a substituir já se encontrarem bastante segmentadas em consequência das necessidades de largura de banda, de segurança e de facilidade de gestão.

As recomendações Fast Ethernet foram publicadas numa adenda à recomendação 802.3, referida como IEEE802.3u

Uma segunda opção, que vingou com os nomes de IEEE 802.12, 100VG-AnyLan ou 100VG, baseada em estudos da Hewlett-Packard, optou pelo desenvolvimento de um novo método de acesso ao canal partilhado, que permitisse distâncias de cobertura idênticas às da Ethernet a 10 Mbps.

O novo método, designado por Demand Priority, preconiza um acesso ordenado dos equipamentos ao meio partilhado que possibilita a definição de 2 níveis de prioridade, não estando sujeito aos constrangimentos temporais que o CSMA/CD apresenta.

O grupo de estudos IEEE 802.12 escolheu inicialmente um formato de trama idêntico ao da Ethernet/IEEE 802.3. Mais tarde, e de modo a servir o parque instalado de Token-Ring, optou pela inclusão de tramas do tipo 802.5, permitindo que uma rede 100VG possa utilizar qualquer dos formatos mas não simultaneamente.

As especificações iniciais do Demand Priority foram apresentadas ao IEEE em 1992, tendo sido publicada em 1995 a recomendação IEEE 803.12 onde são apresentadas as especificações desse protocolo, dos níveis físicos suportados e dos repetidores utilizados.

#### **4.4.1 IEEE 802.3u Fast Ethernet**

##### **4.4.1.1 Introdução**

Como já foi referido, a Fast Ethernet é uma evolução da Ethernet a 10 Mbps, utilizando uma velocidade agregada de 100 Mbps.

Esta aproximação é, sob o ponto de vista do autor, excelente pois reutiliza uma tecnologia perfeitamente dominada e testada, embora, por força dessa mesma tecnologia, as distâncias que pode cobrir sejam fortemente penalizadas (1:10) quando comparadas com a implementação original.

Numa rede Ethernet a 10 Mbps, implementada em torno de repetidores, as limitações de distâncias impostas pela Fast Ethernet tornam impossível uma migração para esta tecnologia que não passe pela segmentação da infraestrutura física.

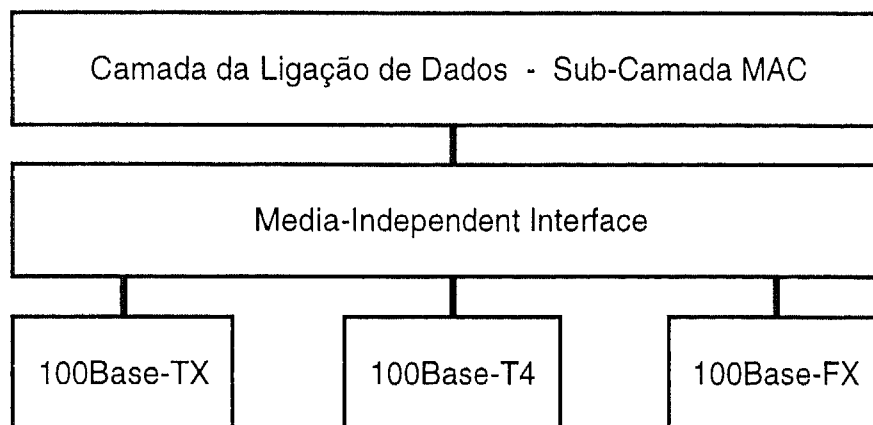
No entanto, o impacto na migração causado pelas limitadas distâncias cobertas pela Fast Ethernet é reduzido, pois as redes originais já se encontram, na maioria dos casos, segmentadas, como resposta a questões de disponibilização de largura de banda, de organização de grupos de trabalho, de segurança, etc..

Por outro lado, se consideramos uma distribuição horizontal, a distância de 100 metros entre Hub e cliente, conseguida na Fast Ethernet, responde cabalmente ao articulado na norma EN50173 (ISO/IEC 11801), regulamentadora dos Sistemas Genéricos de Cablagem aplicáveis às tecnologias da informação.

#### 4.4.1.2 Especificações do Nível Físico

A adenda 802.3u contempla várias especificações do Nível Físico, duas para suportes em cobre, uma para fibra óptica.

Para que o standard fosse idêntico, a partir da sub-camada MAC, para qualquer suporte ao Nível Físico utilizado ou a utilizar, foi introduzida uma sub-camada adicional entre este último Nível e a sub-camada MAC, designada por MII (Media-Independent Interface).



A sub-camada MII especifica um standard que suporta meios físicos intermutáveis, semelhante, em concepção, à camada FDDI-PMD, o que permite que um dispositivo Fast Ethernet seja universal, a menos do interface com o meio, para qualquer meio físico utilizado.

##### 4.4.1.2.1 Níveis Físicos 100Base-X

A família 100Base-X reutiliza os standards já definidos para o FDDI, adaptando-os à Fast Ethernet.

A especificação 100Base-FX contempla um suporte com duas fibras ópticas multimodo 62,5/125  $\mu\text{m}$ , terminadas em conectores ST ou SC (ambos previstos na norma EN 50173).

A especificação 100Base-TX contempla suportes físicos em cobre, usando 2 pares de cabos UTP categoria 5 ou de cabos STP tipo 1.

A família de protocolos 100Base-X utiliza, tal como no FDDI, uma codificação de linha 4B/5B, sujeita a scrambling para melhorar a distribuição espectral dos sinais.

Pelo facto de os circuitos de emissão e de recepção serem independentes (tal como no caso do 10Base-T), é fácil, no caso de uma ligação Half-Duplex, a detecção de colisões. Permite também, pela mesma razão, a implementação de serviços Full-Duplex.

Outra característica herdada do FDDI é a presença de um sinal de IDLE quando não há informação a transmitir, o que simplifica não só o hardware de detecção de colisões, como também a detecção de tramas de informação (No caso do 10Base-T, o preâmbulo da trama serve para sincronizar os relógios dos receptores com o do emissor, constituindo overhead. No caso da 100Base-X, os relógios estão permanentemente sincronizados, o que permite simplificar a estrutura da trama em 7 octetos).

#### **4.4.1.2.2 Nível Físico 100Base-T4**

O nível físico especificado na recomendação 100Base-T4 foi, contrariamente aos da família 100Base-X, desenvolvido de raiz, tendo como objectivo principal a (re)utilização de cabos UTP de categoria 3, embora também possa ser utilizado com cabos de categoria superior.

O 100Base-T4 utiliza um esquema de ligação a 4 pares (daí o nome T4); note-se que não é contemplada a utilização de cabos STP, pois estes apresentam tipicamente apenas 2 pares.

Se por um lado é vantajosa a possibilidade de utilização de cabos UTP de categoria 3 (Voice-grade), o número requerido de pares não permite a reutilização de cablagens a 2 pares, caso das cablagens de categoria 3 com alguns anos, preparadas fundamentalmente para serviços de voz e para 10Base-T (que só utiliza 2 pares).

Para que a banda disponibilizada pelos cabos de categoria 3 permita o suporte de débitos de 100 Mbps, é utilizada uma codificação de linha 8B/6T, sendo a emissão dos símbolos ternários feita "em paralelo", isto é: cada bloco de 3 símbolos consecutivos é enviado por 3 dos 4 pares do cabo, um símbolo por cada par. A distribuição dos pares é a seguinte:

- Par 1 - Emissão Primária
- Par 2 - Bidireccional
- Par 3 - Recepção Primária
- Par 4 - Bidireccional.

Como existem pares fixamente atribuídos à emissão e à recepção, é fácil implementar a detecção de colisões. Pelo facto de existirem canais bidireccionais, não é possível a implementação de serviços Full-Duplex.

Contrariamente ao que acontece no 100Base-X, no 100Base-T4 não há qualquer sinal de IDLE, resultando daí a necessidade de as tramas serem precedidas de preâmbulos necessários à sincronização de relógios.

#### **4.4.1.2.3 Autonegociação**

Os dispositivos Fast Ethernet dispõem de um mecanismo que lhes permite difundir as suas capacidades, permitindo a negociação de um modo de interoperação comum.

Na Fast Ethernet, o impulso utilizado na 10Base-T para testar a integridade do Link, é substituído por um trem de impulsos codificados que descreve o conjunto de modos de operação que cada dispositivo disponibiliza, tais como: 100Base-TX, 100Base-T4 ou 10Base-T, Half ou Full-Duplex, etc..

Esta capacidade de autonegociação permite desenvolver produtos que, abrangendo todos os modos de funcionamento, não necessitam de qualquer tipo de parametrização.

Note-se que esta autonegociação não contempla quaisquer mecanismos de negociação que permitam verificar a qualidade do Link ou a conformidade das ligações (importante no caso da 100Base-T4).

#### **4.4.1.2.4 Repetidores Fast Ethernet**

Enquanto que no caso da Ethernet a 10 Mbps os repetidores apenas promovem a regeneração dos sinais na linha e geram sequências de jamming em caso de colisão, os repetidores Fast Ethernet podem ter que realizar tarefas adicionais.

No caso de repetidores que suportem simultaneamente 100Base-X e 100Base-T4 tem que ser promovida a conversão de codificações de linha. Tal como no caso da Ethernet, os repetidores devem incluir mecanismos de protecção tais como:

- Controlo de Jabber, necessário para terminar tramas de comprimento anormal.
- Partição de Links, isolando segmentos sujeitos a situações anómalas sistemáticas.

A adenda 802.3u contempla dois tipos de repetidores:

- Tipo I, também designados por “repetidores de tradução”,/que suportam os dois esquemas de sinalização (i.e. TX e T4). Dado o atraso imposto pelas tarefas de conversão, só é possível a utilização de um único repetidor no mesmo domínio de colisões.
- Tipo II, também designados por “repetidores transparentes”, por não estarem dotados de mecanismos de tradução entre os dois esquemas de sinalização. Embora possam trabalhar com qualquer dos esquemas de sinalização, todas as portas do repetidor têm que funcionar no mesmo modo.

É possível a utilização de 2 repetidores no mesmo domínio de colisões, dada a menor latência que apresentam entre portas. A distância máxima em cabo UTP entre os dois repetidores é de 10 metros.

Mesmo utilizando repetidores do Tipo II, não se conseguem grandes melhorias nas distâncias máximas que a rede pode atingir entre extremidades. Uma solução com repetidores deste tipo poderá ser utilizada, quando muito, para aumentar o número de portas a 100 Mbps disponíveis para a ligação de DTEs. São raros os fabricantes que produzem repetidores do Tipo II.

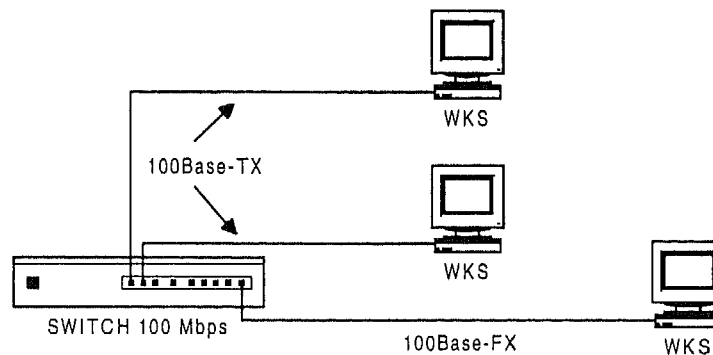
Como resposta ao problema das ampliações, a grande maioria dos fabricantes opta ou pela implementação de Hubs (repetidores com múltiplas portas) modulares ou pela implementação de Hubs que, embora não ampliáveis no seu chassis, podem ser interligados em pilha (stack). Um stack de Hubs tem comportamento idêntico ao de um Hub isolado, isto é, oferece um e um só salto de repetição entre quaisquer duas das suas portas. Esta filosofia é também utilizada na Ethernet a 10 Mbps.

#### 4.4.1.2.5 Infra-estrutura física da Fast Ethernet

##### CASO 1 - Ligação directa de DTEs

É possível promover a ligação directa de dois DTEs, sem recurso a repetidores. Consideram-se DTEs as placas de rede e as portas das Bridges, Switches e Routers. As portas de um repetidor não são DTEs (formalmente são considerados DCEs).

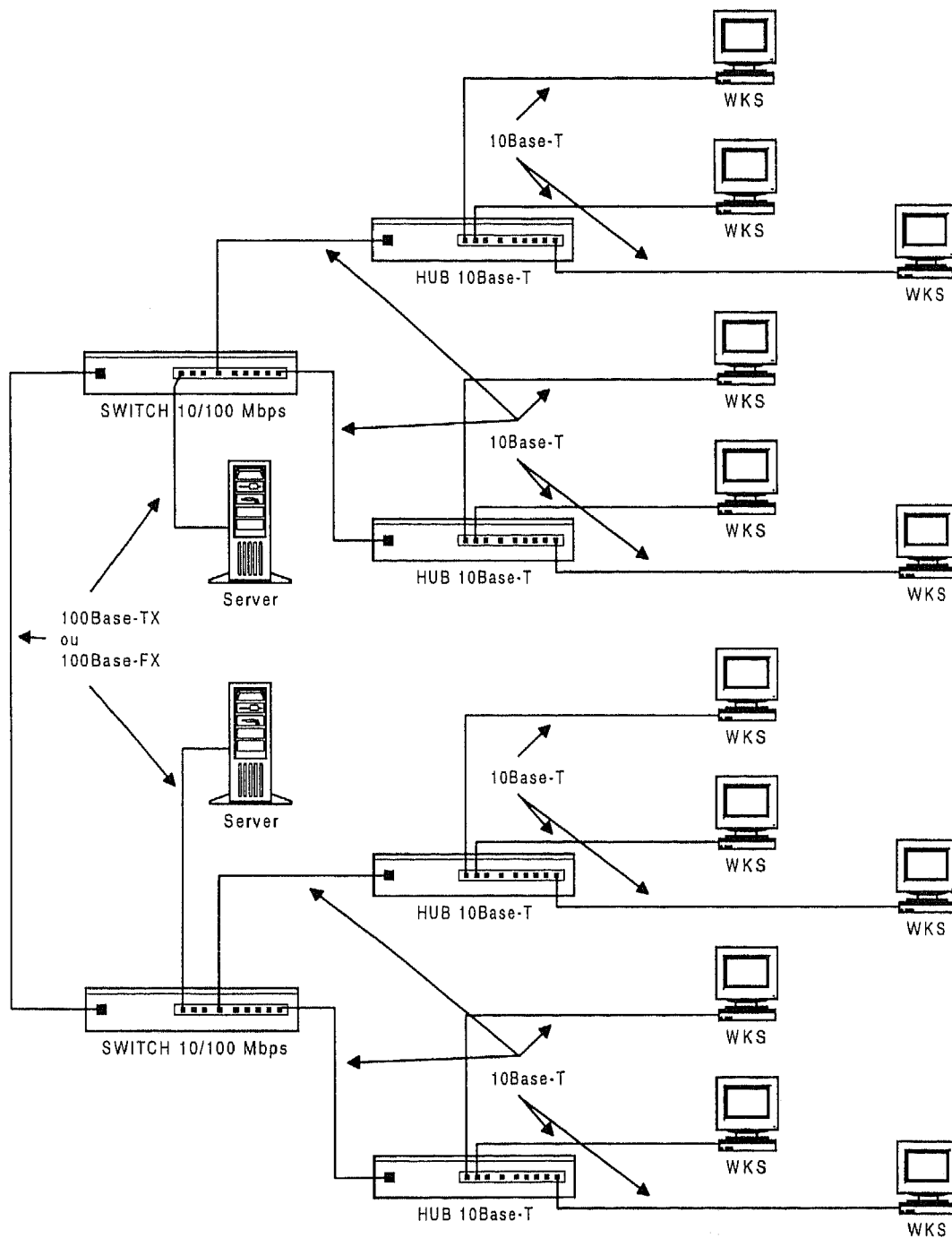
Na figura que se segue apresenta-se um exemplo de ligação de vários postos de trabalho a um Switch, através de links Fast Ethernet. Este cenário poderá ser aplicado na implementação de uma LAN para um grupo de trabalho com elevadas necessidades de largura de banda (p.ex. clustering de computadores, imaging, etc.)



As distâncias máximas em cabo permitidas são:

|                                          |              |
|------------------------------------------|--------------|
| 100Base-TX, em cabo UTP categoria 5      | - 100 metros |
| 100Base-FX, em F.O. multimodo 62,5/125µm | - 412 metros |

A figura seguinte ilustra um exemplo mais elaborado, em que grupos de clientes Ethernet a 10 Mbps se interligam entre si e com os servidores, através de links Fast Ethernet. Note-se, tal como no exemplo anterior, a presença de Switches; cada segmento a eles ligado é um domínio de colisões.

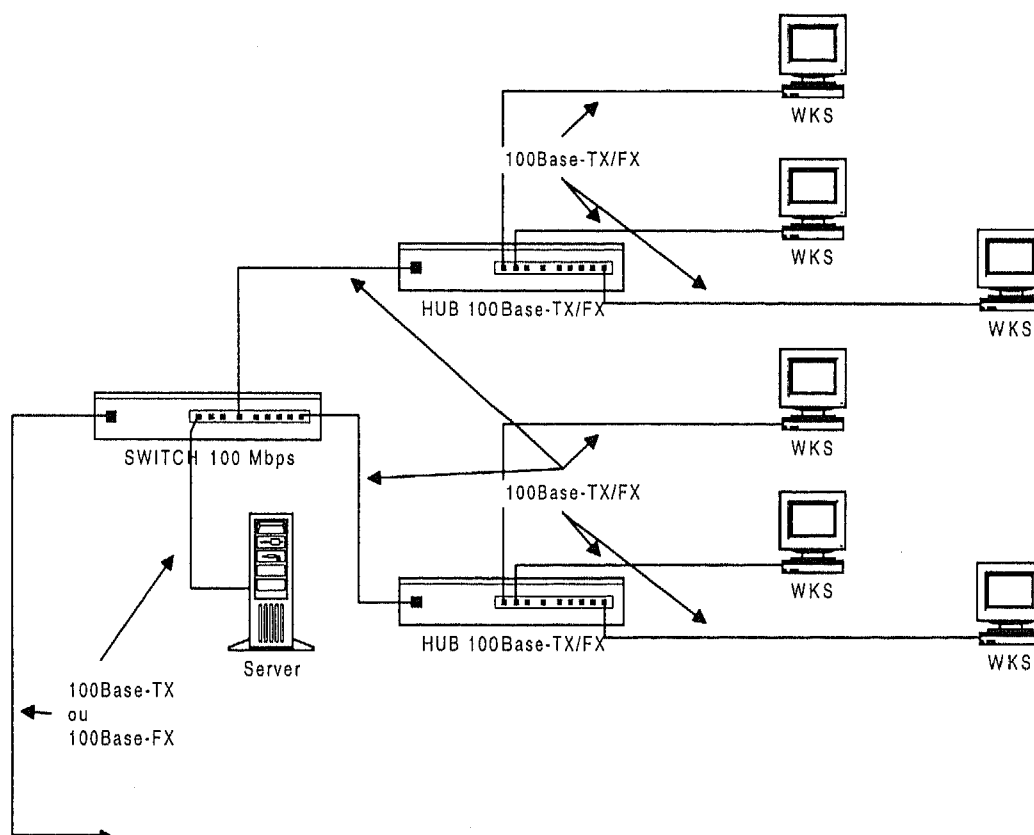


## CASO 2 - Utilização de Repetidores

As distâncias cobertas entre extremidades variam conforme se utiliza um meio homogêneo (i.e. tudo 100Base-TX ou tudo 100Base-FX) ou um meio misto. Os valores máximos são os da tabela que se segue.

| Meio                                           | Dispersão Máxima (m) | Comprimento Máximo de Cada Segmento (m) |
|------------------------------------------------|----------------------|-----------------------------------------|
| Cobre                                          | 200                  | 100                                     |
| Fibra Óptica                                   | 272                  | 136                                     |
| 1 Link em F.O.,<br>os restantes em Cobre       | 260                  | 160 (F.O.)<br>100 (Cobre)               |
| Vários Links em F.O.,<br>vários Links em Cobre | 272                  | 136 (F.O.)<br>100 (Cobre)               |

A figura que se segue apresenta (parcialmente) um cenário idêntico ao da figura anterior, em que os clientes são servidos por links Fast Ethernet.

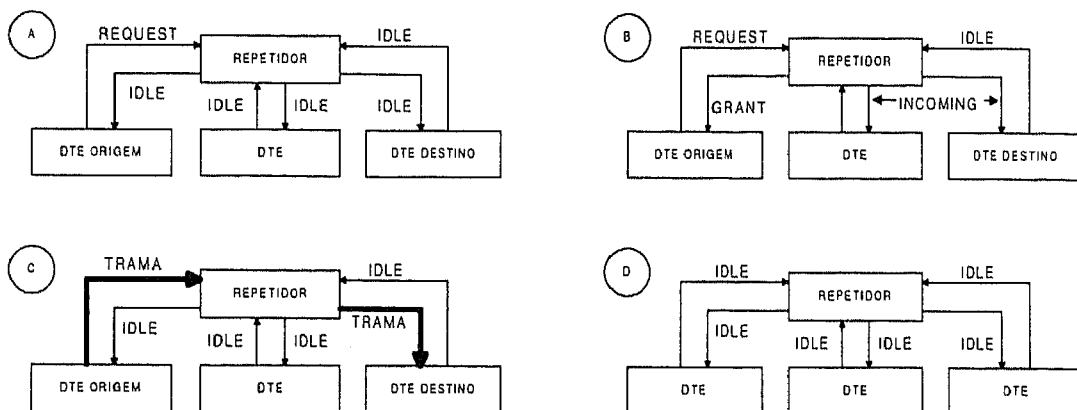


Tal como no caso da Ethernet tradicional, são possíveis outras dispersões, cuja conformidade com as recomendações é verificada através do cálculo do máximo Round Trip Collision Delay.

## 4.4.2 IEEE 802.12 100VG-AnyLAN

### 4.4.2.1 Protocolo Básico

O protocolo utilizado pela 100VG ao nível da sub-camada MAC é designado por Demand Priority, estando o seu modo de operação ilustrado na figura que se segue.



Qualquer DTE que pretenda emitir informação envia um sinal de REQUEST (REQ) ao repetidor 100VG [(A)].

O repetidor, através de um algoritmo de Round-Robin bastante simples, arbitra entre todos os DTEs que enviaram REQS qual deles vai emitir. Envia, então para o DTE seleccionado um sinal de GRANT, autorizando-o a emitir uma e uma só trama; todos os outros DTEs recebem um sinal de INCOMING, preparando-os para a recepção de uma trama [(B)].

A trama, suposta UNICAST, é recebida no repetidor, que analisa “on-the-fly” o campo Destination Address (DA), determinando desta forma o endereço do destinatário. **A trama UNICAST em causa só é repetida para a porta do repetidor onde está ligado o DTE destinatário.** O processo de repetição inicia-se imediatamente após o processamento do campo DA da trama recebida [(C)].

No estado de repouso, o repetidor e os DTEs enviam sinais de IDLE [(D)].

Repare-se que, contrariamente à Ethernet, convencional ou Fast, e ao Token-Ring, a rede 100VG não utiliza uma filosofia de difusão, caso em que uma trama é lançada no meio e repetida para todos os DTEs, sendo estes que decidem, através do campo DA, se a trama é ou não a eles destinada. Na 100VG as tramas UNICAST são recebidas no repetidor e enviadas para uma e uma só porta; as tramas MULTICAST e BROADCAST são repetidas para todas as portas.

O repetidor 100VGAnyLan implementa além da camada Física, a sub-camada MAC, apresentando um comportamento semelhante ao de uma Bridge Ethernet, que condiciona o transporte das tramas entre as suas portas ao resultado da análise do campo Destination Address (DA). Uma diferença é o facto de uma Bridge receber por completo a trama, verificando a conformidade do CRC, enquanto que na 100VG a repetição é iniciada após o processamento do campo DA, de forma semelhante a um SWITCH Ethernet do tipo Cut-Through.

Este tipo de funcionamento implica a existência de um mecanismo que permita criar uma tabela de correspondência entre portas do repetidor e endereços MAC dos DTEs. Este mecanismo é automaticamente despoletado no arranque de cada DTE, sendo iniciada uma “sessão de treino” com o repetidor que permite fornecer, entre outros dados, os correspondentes ao endereço MAC.

Embora o Demand Priority tenha, devido ao sinal de GRANT, algumas parecenças com o Token Passing, nestes métodos de acesso o Token circula ordenadamente por todos os DTEs, independentemente destes terem ou não informação para transmitir, enquanto que na 100VG o sinal de GRANT é atribuído ordenadamente aos DTEs que enviaram sinais de REQUEST (numa cadeia de repetidores 100VG interligados entre si, só um DTE, independentemente do repetidor a que está ligado, pode, em cada ciclo receber, o sinal GRANT).

#### **4.4.2.2 Prioridades**

O protocolo Demand Priority permite que o acesso à transmissão seja feito de acordo com duas prioridades, normal e alta. A prioridade alta deverá ser utilizada em serviços com maior sensibilidade a atrasos.

Consoante a prioridade com que quer transmitir a sua informação, o DTE envia o REQUEST na forma de um Request\_Normal ou de um Request\_High.

O algoritmo de Round-Robin do repetidor arbitra o acesso de modo a que os pedidos com mais elevada prioridade sejam servidos (ordenadamente) primeiro que os pedidos com prioridade normal.

Suponhamos, a título de exemplo, que foram efectuados simultaneamente 5 pedidos, pelos DTEs 1 a 5; os pedidos dos DTEs 2 e 4 foram feitos com prioridade alta. Suponhamos também que o apontador do algoritmo de Round Robin se encontra imediatamente antes do DTE 1 quando surgiram os pedidos.

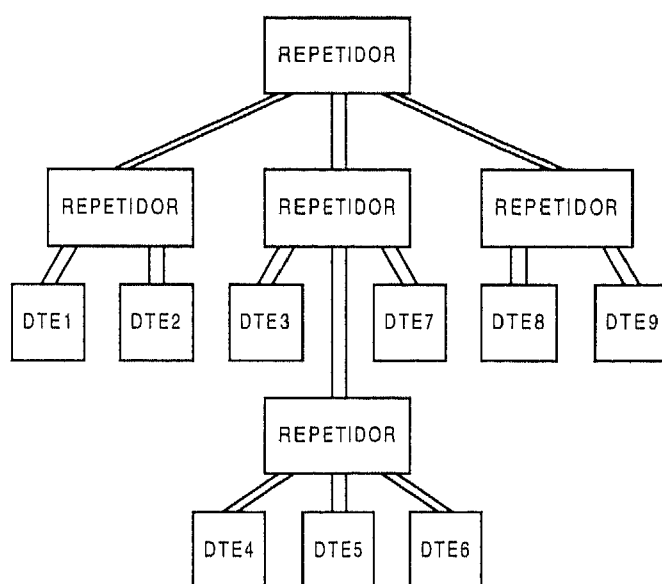
Como foram feitos pedidos com prioridade alta, estes vão ser servidos em primeiro lugar, isto é, o DTE 2, seguido do DTE 4. O próximo DTE a ser servido é o DTE 1, pois era a posição do apontador antes da chegada dos pedidos de prioridade alta, que obrigaram à quebra da sequência do algoritmo, seguindo o 3 e o 5.

Se os procedimentos de resposta aos pedidos fossem apenas os referidos no parágrafo anterior, enquanto fossem surgindo pedidos de prioridade alta, o acesso ao meio dos DTEs que solicitaram a transmissão com prioridade normal iria sendo protelado, gerando eventuais timeouts nos protocolos dos níveis superiores. Para que tal não aconteça, o algoritmo assegura uma banda mínima para os pedidos de prioridade normal, fazendo com que, se esses pedidos não forem servidos após um determinado intervalo de tempo (tipicamente 200 a 300 msec), a prioridade seja forçada de normal para alta.

#### 4.4.2.3 Topologias

Como já foi referido, um dos objectivos da norma 802.12 foi definir uma tecnologia que pudesse operar nas configurações suportadas pela recomendação 10Base-T, tais como LANs com repetidores em cadeia, implementando uma topologia em árvore, garantindo uma elevada distância extremo-a-extremo.

Para responder a esta necessidade, o protocolo básico Demand Priority foi estendido, de modo a permitir a operação numa topologia em árvore (ver figura).



Cada repetidor é servido por um repetidor que está a um nível superior (com excepção do repetidor da raiz), através de um Up-Link. Cada repetidor serve, através de Down-Links, os repetidores que se encontram em níveis inferiores.

O conjunto de repetidores comporta-se como se tratasse de um único repetidor, mantendo o protocolo Demand Priority todas as características já apresentadas (i.e, os algoritmos de Round-Robin de cada repetidor cooperam entre si, de modo a que o acesso ordenado seja feito sequencialmente ao longo de toda a rede). No caso da figura, supondo que todos os nós fizeram pedidos com prioridade normal, os DTEs serão servidos sequencialmente de 1 a 9., mantendo a "fairness" de acesso, mesmo em LANs de grande dispersão.

#### 4.4.2.4 Especificações do Nível Físico

A 100VG-AnyLan utiliza uma codificação de linha 5B/6B. De modo a evitar sequências repetidas de símbolos, melhorando a eficiência espectral, os dados são sujeitos a um scrambler antes de serem codificados.

Correntemente, o IEEE 802.12 especifica vários suportes físicos, nomeadamente:

- Cabo UTP categoria 3 (Voice Grade), utilizando os 4 pares. Suporta também cabos UTP de categoria 3 de 25 pares na mesma manga; estes cabos não podem, no entanto, ser utilizados em ligações entre repetidores, devendo ser assegurado que um e um só link estará activo em cada instante nesse cabo.
- Cabo UTP categorias 4 e 5
- Cabo STP tipo1
- Fibra Óptica Multimodo 62,5/125  $\mu\text{m}$

#### 4.4.3 Aplicações das LANs IEEE 802.3U e IEEE 802.12

Nas empresas comerciais e industriais nacionais ainda não é grande a procura de soluções a 100 Mbps que envolvam a generalidade dos clientes finais (i.e. o equipamento no desktop; exceptuam-se, como seria de esperar, departamentos e grupos de trabalho com elevadas necessidades de largura de banda [CAD, imaging, etc.]).

Nas empresas ligadas à investigação começam a ser cada vez mais solicitadas soluções a 100 Mbps, para promover o clustering de workstations de alta performance.

Note-se que, na grande maioria das vezes, as empresas que se mostram interessadas na **evolução** para soluções globais a 100 Mbps, acabam por recuar nas suas pretensões, pois a relação custo/benefício do upgrade ainda não é muito favorável (como já foi referido, as aplicações informáticas actuais pouco ou nada beneficiam com o aumento da largura de banda disponibilizada no desktop), optando apenas por evoluções sectoriais em departamentos com necessidades especiais. O problema principal é o que fazer com os equipamentos que suportam a actual tecnologia que, na quase totalidade dos casos, ainda não se encontram amortizados.

Outro factor a ter em linha de conta é o desenvolvimento de outras tecnologias, como por exemplo o ATM, dotado de características e facilidades não contempladas nas tecnologias a 100 Mbps em discussão, que levam os potenciais interessados a protelar os investimentos, até ser possível determinar cabalmente qual a melhor estratégia futura a seguir.

Apesar desta indefinição tecnológica, quando se trata de instalações novas, a tendência para optar por soluções a 100 Mbps tem aumentado, tendo em linha de conta que já não há o constrangimento da reutilização de equipamentos já existentes.

Um exemplo que pode ilustrar esta tendência é o de uma instituição bancária nacional, com a qual o autor colabora como consultor.

Suportada por uma rede Ethernet implementada em cabo coaxial, a instituição decidiu, em conjunto com uma evolução para uma cablagem estruturada de uso genérico, optar por uma rede 100VG-AnyLan, abrangendo uma percentagem muito elevada dos postos de trabalho. Note-se que nesta situação concreta, o facto de já existirem equipamentos não tem um peso relevante na avaliação custo/benefício da evolução para 100 Mbps, pois a quase totalidade dos equipamentos (Hubs, Bridges, Placas de Rede, etc.) só dispõem de interfaces BNC e AUI; um estudo económico efectuado, demonstrou que o custo de aquisição de MAUs (Transceivers) UTP não é suficientemente baixo para justificar a reutilização do grosso do equipamento já existente.

Embora este exemplo esteja em aparente contradição com as opiniões expressas nesta secção, uma auditoria efectuada ao tráfego da instituição bancária concluiu que os fluxos de tráfego são muito diversos e variáveis (mesmo a curto prazo). Embora fosse possível implementar soluções que permitissem segmentar eficientemente o tráfego entre clientes e ou seus servidores preferenciais, mantendo na distribuição horizontal um débito de 10 Mbps, a dinâmica das mudanças implicaria o reforço do pessoal adstrito à manutenção e à parametrização da rede, o que seria um investimento que colidiria com a política da instituição. Como tal, a solução de equilíbrio passou pelo alargamento até aos desktops da banda de 100 Mbps.

As indecisões atrás referidas levam, apesar das excepções, a que a solução preferida para as LANs Ethernet existentes seja a segmentação das redes, congestionadas não porque os volumes de informação requeridos individualmente pelos desktops sejam elevados, mas sim porque o número de desktops em trabalho concorrente sobre o mesmo segmento é elevado.

A segmentação não resolve a totalidade dos problemas. No caso de um grupo de clientes que acede principalmente a um servidor localizado na sua área de trabalho, a segmentação é eficiente, pois separa o tráfego do segmento do tráfego da rede geral. Mas, se o servidor, embora usado exclusivamente por esse grupo de trabalho, estiver no centro de informática (por razões diversas, tais como políticas de segurança, etc.), a segmentação só é por si eficaz se se estender até ao servidor, o que nem sempre pode ser realizável. Se o caminho de acesso ao centro de informática (a 10 Mbps) tiver que ser partilhado por vários grupos de trabalho o problema do congestionamento mantém-se, sendo a solução dotá-lo de largura de banda suficiente.

Dotar o backbone de elevada largura de banda pode não ser suficiente para resolver problemas de falta de resposta dos servidores. O aumento de sessões sobre um servidor, com o conseqüente aumento do tráfego a processar pode tornar a largura de banda disponibilizada pelo seu interface de rede insuficiente, sendo a solução equipá-lo com um interface de velocidade agregada mais elevada e/ou que permita serviços Full-Duplex.

Como curiosidade, os responsáveis pelos centros de informática esquecem-se inúmeras vezes do papel representado pelos interfaces de rede (e pela rede em si), pensando que a melhoria dos desempenhos das máquinas passa exclusivamente pelo aumento da potência e do número de CPUs, pelo aumento da memória, etc., quando uma quota parte da ineficiência se deve à incapacidade do interface de rede servir com o mínimo de latência todas sessões concorrentes.

De acordo com o atrás descrito, a procura das redes em discussão, nas empresas comerciais e industriais, têm-se orientado fundamentalmente para soluções de backbone e de interface com servidores.

#### 4.4.4 Comparação entre as LANs IEEE 802.3U e IEEE 802.12

Qualquer das soluções a 100 Mbps em epígrafe apresenta vantagens e desvantagens, dependendo dos objectivos em vista.

Ainda não é possível estabelecer com clareza qual delas será a preferida do mercado, embora na perspectiva do autor, a Fast Ethernet esteja melhor posicionada, justificada pelo facto de ser suportada por todos os fabricantes de topo (inclusivamente pelo patrocinador da 100VG) e por muitos fabricantes menos conhecidos (Taiwan, Coreia, etc., que poderão ser os principais responsáveis pela redução dos preços e pela divulgação do produto em larga escala), enquanto que a 100VG é suportada por um número limitado de fabricantes de topo, de que se destaca o seu patrocinador, a Hewlett Packard. Acresce a isto o facto de uma infra-estrutura de comunicações não se limitar à LAN, sendo notória, por enquanto, a baixa taxa de adesão à 100VG por parte dos fabricantes de equipamento WAN.

As facilidades e a dispersão máxima possível da 100VG, colocam-na aparentemente em vantagem. Mas se tivermos em linha de conta que as distâncias cobertas não são, para a maioria dos casos, factor de decisão, ficamos reduzidos ao argumento facilidades, onde são preponderantes o acesso ordenado à rede e a definição de (duas) prioridades. Resta saber se estas vantagens compensarão o perigo da opção por uma tecnologia que, embora standardizada, apresenta um suporte muito limitado.

##### 4.4.4.1 Eficiência

Como acontece na grande maioria das redes que utilizam meios partilhados, a eficiência aumenta com o aumento do tamanho das tramas e diminui com a dispersão da rede (i.e. com o aumento do Round Trip Delay).

Estudos de Cronin et al. ("A Comparison of High Sped Lans", Proc. 19th Conference on Local Computer Networks, Outubro de 1994) mostram que uma rede 100VG com uma dispersão de 210 m (idêntica à conseguida numa rede Fast Ethernet em cobre, com dois repetidores do Tipo II) apresenta uma eficiência de cerca de 46% com a trama mínima (64 octetos de dados), crescendo até 95% com tramas de tamanho máximo (1518 octetos de dados).

A Fast Ethernet, apresenta, em condições idênticas, um rendimento de 65% a 85%.

Uma rede 100VG com uma dispersão de 2,2 Km apresenta rendimentos de 19% e de 85%, consoante se usem tramas de tamanho mínimo ou de tamanho máximo (note-se que uma rede Fast Ethernet não permite esta dispersão geográfica, a não ser através do recurso a dispositivos de segmentação).

Outra característica a ter em linha de conta é que em situações de Bulk File Transfer, a Fast Ethernet permite a ocupação total da banda, enquanto que na 100VG o algoritmo de Round Robin impede uma transmissão continuada, introduzindo overheads que se vão agravando com a extensão da rede.

Por outro lado, em situações de tráfego concorrente elevado, os clientes Fast Ethernet experimentam atrasos no acesso ao meio, e a rede perde eficiência graças ao pseudo-tráfego gerado pelas colisões, enquanto que na 100VG o Round Robin gere mais eficientemente o acesso ao meio, não gerando overhead resultante de retransmissões.

#### **4.4.4.2 Latências da rede**

Em situações de tráfego interactivo, as redes operam muito raramente nos limites da banda que podem disponibilizar, devido ao tempo de espera para acesso ao meio (queuing delay), o que torna a Latência uma característica mais importante que a eficiência.

Em situações de tráfego baixo a moderado, a Fast Ethernet apresenta uma menor latência que a 100VG. No entanto, à medida que o tráfego interactivo aumenta, o comportamento da Fast Ethernet degrada-se mais rapidamente que o da 100VG, pelo facto do Demand Priority providenciar para que todos os DTEs tenham acesso cíclico ao meio. Notem-se as semelhanças com o estudo comparado dos comportamentos da Ethernet convencional e da Token-Ring.

Reconhecida a ineficiência do CSMA/CD utilizado na Ethernet, convencional e Fast, o IEEE 802.3 iniciou em Março de 1995 o estudo de adaptação do método de acesso ao meio BLAM (Binary Logarithmic Arbitration Method) à Fast Ethernet.

O BLAM foi concebido para trabalhar em redes heterogéneas, permitindo que alguns DTEs o usem, enquanto que os outros usam o tradicional CSMA/CD. O BLAM, que é um protocolo simétrico, melhora a "fairness" de acesso ao meio em redes muito carregadas, permitindo uma melhoria substancial da latência da rede.

O BLAM permite também o envio de bursts de pacotes, o que permite melhorar a eficiência da Fast Ethernet na transmissão de pacotes com tamanho mínimo.

#### 4.4.4.3 Custo

Os valores no mercado internacional nos finais de 1995 apontavam para um custo médio, considerando uma placa de rede e uma porta de repetidor, os seguintes valores:

|              |            |
|--------------|------------|
| 100VG-AnyLan | - US\$650  |
| 100Base-TX   | - US\$500. |

Actualmente, os custos no mercado nacional dos Hubs e das placas de rede são praticamente idênticos.

Uma das características associadas à Fast Ethernet é a capacidade de operar sem recurso a repetidores, permitindo a interligação de 2 DCEs equipados com interfaces 100Base-X/T4, utilizando um simples cabo cruzado. O mesmo não se pode dizer da 100VG, pois o algoritmo de acesso é implementado no repetidor. Nestas situações a Fast Ethernet torna-se mais barata que a 100VG.

Quando há necessidade de cobrir grandes áreas, a Fast Ethernet torna-se mais cara que a 100VG, pois necessita de dispositivos de internetworking (Bridges, Switches ou Routers), mais caros que os repetidores 100VG, para estender a sua cobertura.

#### **4.4.4.4 Prioridades**

Apenas a 100VG apresenta um esquema de prioridades, cuja utilidade tem sido posta em causa por não estarem disponíveis aplicações ou pelo menos APIs (Application Programming Interfaces) que tirem partido dessas prioridades. Esta falta será colmatada pela API Winsock para Windows, versão 2.0, da Microsoft ou pelos seus Drivers NDIS, versão 4.0, para as placas de rede.

De qualquer forma, o protocolo Demand Priority não contempla qualquer mecanismo que controle eficientemente a largura de banda ocupada pelo tráfego de prioridade alta (contrariamente ao que acontece, por exemplo, com o FFDI).

Por outro lado, ainda não há forma de estender o esquema de prioridades da 100VG para além dos dispositivos de internetworking, embora o IEEE 802.1, no seu grupo de trabalho 802.1p, esteja a estudar um mecanismo para que tal seja possível.

#### **4.4.4.5 Configuração dos dispositivos**

No caso da Fast Ethernet, a autonegociação permite a negociação de um modo comum de funcionamento entre os dispositivos de uma rede.

No caso da 100VG, é usada a presença ou ausência dos sinais de treino para seleccionar o modo 802.12 ou 10Base-T.

Ambos os mecanismos podem ser facilmente estendidos logo que outras facilidades passíveis de negociação estejam disponíveis.

Note-se que, embora ambas as tecnologias permitam o uso de tramas 802.3 e forneçam serviços Half e Full-Duplex, não é possível a sua interoperação. Se ligadas no mesmo domínio, o modo de operação em que ambas se colocarão será garantidamente o 10Base-T.

#### **4.4.4.6 Previsão dos atrasos de acesso ao meio**

No caso da 100VG, graças ao seu método de acesso, é possível calcular o limite superior do atraso de acesso ao meio em cada DTE, somando os atrasos e tempos de transmissão mais desfavoráveis dos restantes DTEs (supondo que não há prioridades).

No caso da Fast Ethernet apenas são dadas garantias estatísticas em relação ao atraso máximo previsto, face ao tráfego oferecido.

#### 4.4.4.7 “Best-Effort Delivery”

Nenhuma das tecnologias garante a entrega das tramas ao seu destinatário, disponibilizando apenas um serviço de “Best-Effort Delivery”.

Embora seja difícil comparar os métodos de acesso (por exemplo a contagem de colisões no CSMA/CD não tem equivalência no Demand Priority), o Demand Priority terá maiores probabilidades do que o CSMA/CD de uma entrega correcta em situações de tráfego elevado, fundamentalmente porque é possível conhecer com algum grau de certeza a frequência com que é possível aceder ao meio e porque a localização do destinatário é previamente conhecida, o que permite ajustar os timeouts das aplicações.

No caso do CSMA/CD, é evidente que também é possível fazer ajustes aos timeouts das aplicações, mas numa base de tentativa e erro.

De qualquer forma, as diferenças de comportamento só serão sensíveis em casos extremos de ocupação continuada da maior parte da largura de banda disponibilizada.

#### 4.4.4.8 “Fairness”

O objectivo ideal de qualquer protocolo ao nível da sub-camada MAC é garantir acesso eficiente e equitativo (justo) de todos os DTEs ao meio partilhado.

Não há acordo universal sobre as características a que deve obedecer um protocolo para ser considerado o mais justo.

No caso da 100VG, em qualquer regime de carga e supondo que não são estabelecidas prioridades, o que acontece é que a largura de banda é distribuída ordenadamente a cada nó, independentemente do facto de este ter ou não mais tramas em fila de espera (note-se que um Grant permite a transmissão de uma e uma só trama, independentemente do seu tamanho).

É discutível que este seja o critério mais justo; como só é permitida uma trama por cada GRANT, a largura de banda disponibilizada para cada DTE é tanto menor quanto menor for o tamanho da trama.

De qualquer forma, é garantidamente mais justo do que o CSMA/CD, que tem uma tendência para servir em primeiro lugar a última tentativa de acesso ao meio, em situações de elevado tráfego.

/

O uso do BLAM na Fast Ethernet (ver alínea 4.4.4.2, “Latências da rede”), melhorará a justiça na atribuição da banda, para além daquilo que é conseguido pela actual 100VG, ao permitir que a partilha da largura de banda seja independente do tamanho de pacote utilizado.

Tendo em linha de conta que a distribuição eficiente da largura de banda é um requisito de primeira importância, os grupos de estudo encarregados do desenvolvimento das tecnologias em discussão, têm-se debruçado sobre a aplicação de novos algoritmos de acesso, nomeadamente aqueles que permitam estender a “fairness” para além dos dispositivos de internetworking.

#### **4.4.4.9 Desenvolvimentos nos âmbitos do 802.3u e do 802.12**

Como é comum na grande maioria dos standards, às especificações iniciais são adicionadas novas facilidades e características que permitam responder às necessidades evolutivas dos consumidores.

Nessa perspectiva, quase que podemos dizer que as especificações em epígrafe têm evoluído em paralelo, estando em fase de estudo as seguintes recomendações:

- **Redundância**

No âmbito do 802.12 estão em estudo especificações para a implementação de UP-LINKs redundantes entre repetidores em cadeia (estudos iniciados em Julho de 1995).

No âmbito do 802.3u, está em estudo a aplicação do algoritmo Spanning-Tree (IEEE 802.1d) à criação de caminhos redundantes entre domínios de colisão Fast Ethernet, através da utilização de Bridges ou Switches .

- **Meios Físicos**

O grupo 802.12 tem estado a desenvolver um novo esquema de sinalização para cablagens UTP categoria 5 ligados a 2 pares (estudos iniciados em Julho de 1995).

O grupo 802.3u iniciou em Março de 1995 o estudo de uma nova tecnologia, a 100Base-T2, que permitirá a utilização de cabos UTP de categoria 3 (ou melhor), ocupando apenas 2 pares (a 100Base-T4 pode ser utilizada em cabos de categoria 3, mas necessita de 4 pares). Esta nova tecnologia desdobra o sinal em dois agregados de 50 Mbps a transmitir em paralelo pelos dois pares. Apesar desta ocupação, a operação em Full-Duplex é possível, graças à utilização de técnicas de cancelamento do eco.

- Operação em modo Full-Duplex

Para o 802.12, e dado que o Full-Duplex só tem sentido numa ligação ponto-a-ponto (e tal ainda não é possível no 100VG), trata-se de desenvolver um método de ligação entre dispositivos de internetworking e entre estes e DTEs directamente a eles ligados (estudos iniciados em Julho de 1995).

Na Fast Ethernet, onde o funcionamento em Full-Duplex já está contemplado, pretende-se desenvolver um esquema de sinalização IN-BAND que permita a transmissão de mensagens de serviço, tendo como finalidade, por exemplo, o controlo de fluxo (estudos iniciados em Março de 1995).

- Operação a altos débitos

O grupo 802.12 iniciou em Julho de 1995 o estudo de viabilidade da utilização do protocolo Demand Priority em canais agregados a 424 Mbps (sobre UTP) e a 848 Mbps (sobre fibra óptica).

Em Março de 1996, o 802.3u iniciou os trabalhos preliminares de especificação de uma Ethernet a 1 Gbps.

- Melhorias ao nível da sub-camada MAC

O Demand Priority está a ser modificado de modo a permitir a emissão de trens de tramas por cada Grant recebido (Modo Burst).

No caso do 802.3 prevê-se para breve a introdução do protocolo BLAM, já referido em alíneas anteriores.

## 4.5 ATM

### 4.5.1 Conceitos básicos do ATM

A tecnologia ATM (Asynchronous Transfer Mode) nasceu dos esforços do Grupo de Estudos XVIII do ITU-T, tendo em vista o desenvolvimento de uma Rede de Banda Larga com Integração de Serviços (B-ISDN), capaz de eficientemente transportar serviços de Voz, de Vídeo e de Dados.

Em 1991 é fundado o ATM FORUM. Esta iniciativa por parte da Cisco Systems, da Net/Adaptive, da Northern Telecom (actualmente Nortel) e da Sprint, à qual se associaram posteriormente a grande maioria dos fabricantes de equipamentos LAN/WAN, tem como objectivo o melhoramento (em alguns casos a simplificação) do standard ATM ITU-T, de modo a incluir no seu âmbito as redes privadas, mantendo, no entanto, a compatibilidade e interoperação com o ATM das redes públicas.

O ATM é, contrariamente às tecnologias já apresentadas, uma tecnologia de comutação, como tal orientada às ligações (Connection-Oriented), que utiliza uma trama de comprimento fixo, designada por célula.

Uma célula ATM é constituída por um Cabeçalho (Header) de 5 octetos e por um Campo de Dados (Payload) de 48 octetos.

|                   |                     |
|-------------------|---------------------|
| Header<br>5 bytes | Payload<br>48 bytes |
|-------------------|---------------------|

A escolha do comprimento compromisso para célula não foi pacífica. Duas escolas defenderam valores de 32 octetos (escola europeia) e de 64 octetos (escola americana). No primeiro caso estavam subjacentes preocupações nos tempos de segmentação e assemblagem (e, como tal, atraso de propagação), principalmente em linhas de velocidades mais baixas. No segundo caso, preocupações com o overhead e a pouca importância do atraso dado que o ATM seria para usar com elevadas velocidades.

Uma rede ATM é constituído por um ou mais comutadores, interligados entre si e com os clientes através de link ponto-a-ponto.

Por ser um tecnologia orientada às ligações, a transferência de informação entre dois pontos da rede é precedida pelo estabelecimento de uma chamada entre eles.

Cada célula é encaminhada (comutada) entre a origem e o destino, através de um circuito virtual.

O cabeçalho da célula contém informação sobre o circuito virtual a que ela pertence, distinguindo-se desta forma as células em trânsito no canal agregado.

O ATM combina as vantagens da

- Comutação de Circuitos, fornecendo ligações com atrasos de propagação conhecidos e constantes e com largura de banda garantida para toda a duração da ligação

e da

- Comutação de Pacotes, fornecendo ligações flexíveis e eficientes para tráfego VBR, onde é possível negociar um nível mínimo de qualidade de serviço.

A designação ASSÍNCRONO é melhor explicada se confrontada com um processo de multiplexagem TDM (Time Division Multiplexing) que é um exemplo de um processo síncrono de transferência de informação em comutação de circuitos.

No TDM, são atribuídos a cada ligação tempos de transmissão (Time Slots) de periodicidade constante, que permanecem vinculados à referida ligação por toda a sua duração; mesmo que num determinado instante não haja informação a transmitir, os time slots atribuídos a uma ligação não podem ser utilizados para trânsito da informação de outras ligações pendentes ou em curso.

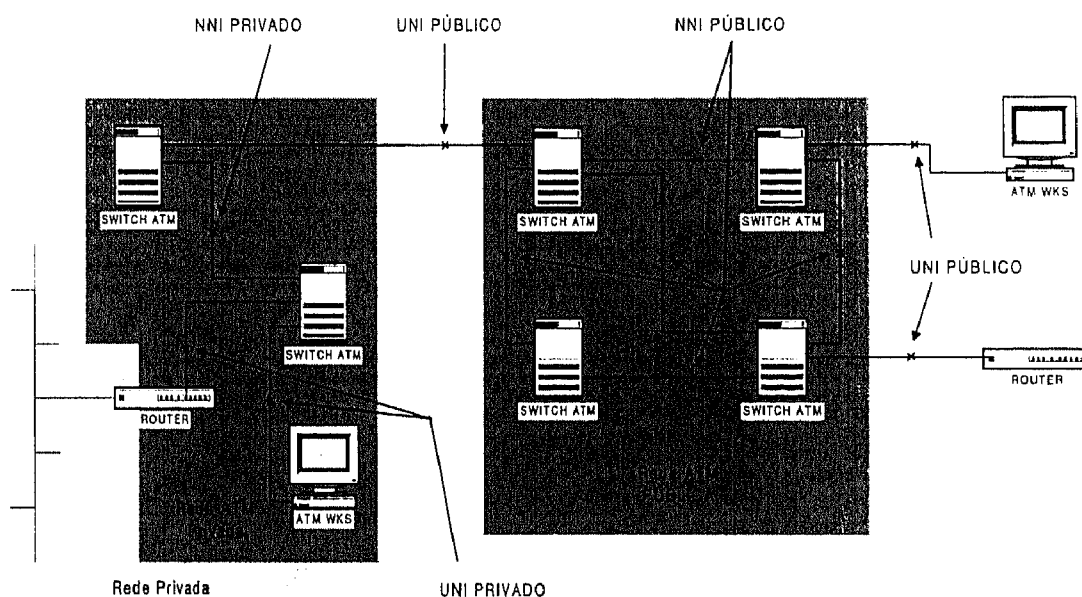
Num processo assíncrono, a ocupação de um time slot (a célula ATM é um time slot) é feita numa base de necessidade (On-Demand); quando não é utilizada por uma determinada ligação pode ser vinculada a outra ligação.

#### 4.5.1.1 Formatos do cabeçalho da célula ATM

Estão previstas no standard dois tipos de interfaces entre equipamentos ATM:

- O UNI (User to Network Interface), onde é promovida a interligação entre um equipamento de utilização ATM (ATM Endpoint) e um comutador ATM
- O NNI (Network Node Interface) onde é promovida a interligação de comutadores ATM

A figura que se segue mostra a localização dos referidos interfaces em redes ATM públicas e privadas. Note-se que o interface entre uma rede privada e uma rede pública, interligando dois comutadores ATM, é do tipo UNI.



Os formatos dos cabeçalhos correspondentes a cada tipo de interface estão descritos nas próximas alíneas.

#### 4.5.1.1.1 Cabeçalho UNI

|        |        |         |        |        |        |
|--------|--------|---------|--------|--------|--------|
| GFC    | VPI    | VCI     | PT     | CLP    | HEC    |
| 4 bits | 8 bits | 16 bits | 3 bits | 1 bits | 8 bits |

O cabeçalho de uma trama no interface UNI apresenta a estrutura da figura anterior, representando os campos:

- GFC (Generic Flow Control)  
Este campo foi previsto para servir um mecanismo de controlo de fluxo que, até ao momento, ainda não foi implementado, apresentando este campo um valor por defeito
- VPI (Virtual Path Identifier)  
É utilizado em conjunto com o campo VCI para identificar a ligação a que pertence uma célula
- VCI (Virtual Circuit Identifier)  
É utilizado em conjunto com o campo VPI para identificar a ligação a que pertence uma célula
- PT (Payload Type)  
Este campo só tem significado quando é utilizado o AAL do tipo 5 que será descrito oportunamente, sendo utilizado para sinalizar congestionamentos e o fim de uma sequência de células associadas entre si
- CLP (Cell Loss Priority)  
Este bit indica à rede ATM que se a célula onde está inserido pode ou não ser descartada prioritariamente em caso de ocorrência de congestionamento
- HEC (Header Error Control)  
Contém a checksum dos campos do cabeçalho.  
O ATM não contempla qualquer mecanismo que providencie a recuperação de células perdidas ou com erros, cabendo essa responsabilidade aos protocolos que sobre ele assentam.

No entanto, face à importância do cabeçalho no roteamento da trama ao longo da rede e os distúrbios que podem causar tramas erradamente encaminhadas, foi previsto um mecanismo que, baseado neste campo, permite a recuperação de erros no cabeçalho (só é recuperada a primeira trama de uma sequência de tramas com erros no cabeçalho, sendo as restantes descartadas).

#### 4.5.1.1.2 Cabeçalho NNI

O cabeçalho NNI é muito semelhante ao do UNI, notando-se a ausência do campo GFC e o aumento do campo VPI para 12 bits. Os 12 bits do campo VPI, permitem identificar univocamente 4096 caminhos virtuais (Virtual Paths), contra os 256 identificáveis na interface UNI.

|                |                |              |               |               |
|----------------|----------------|--------------|---------------|---------------|
| VPI<br>12 bits | VCI<br>16 bits | PT<br>3 bits | CLP<br>1 bits | HEC<br>8 bits |
|----------------|----------------|--------------|---------------|---------------|

#### 4.5.1.2 Virtual Path, Virtual Circuit e roteamento de células

De acordo com o referido nas alíneas anteriores, os campos VPI e VCI indicam a que ligação pertence uma célula em trânsito.

O conceito associado à designação VIRTUAL CIRCUIT é idêntico ao utilizado na comutação de circuitos.

O VIRTUAL PATH, tal como o nome indica, representa um caminho entre dois pontos da rede ATM. Este identificador permite associar em grupos circuitos virtuais que tenham entre si uma regra de estabelecimento comum.

Vejamus um exemplo numa regra de associação: suponhamos que um cliente ATM pretende iniciar uma sessão de trabalho cooperativo, envolvendo serviços de voz, vídeo e voz. Os requisitos de largura de banda e da variabilidade do atraso de propagação são críticos para os dois primeiros serviços. Para o serviço de dados é necessário negociar uma largura de banda mínima. Face aos requisitos diversos, o melhor procedimento é negociar, em simultâneo, 3 circuitos virtuais, cada um com as suas características específicas, associados num grupo identificado por um VPI.

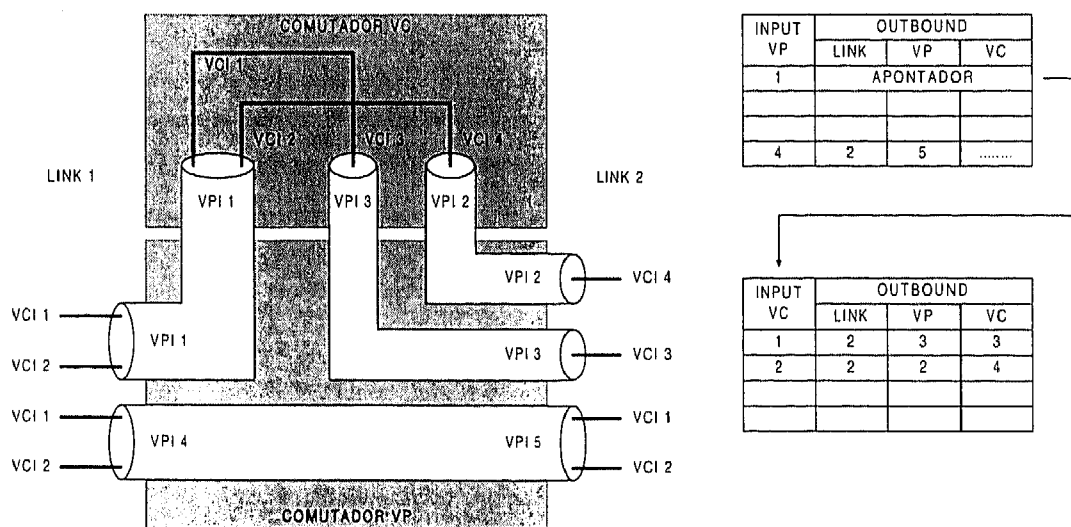
As células livres são identificadas com VPI = 0 e VCI = 0.

Um switch ATM é modelado em dois níveis: o comutador de Virtual Paths (VP) e o comutador de Virtual Circuits (VC). Alguns tipos de switches (Cross Connects) apenas contêm a parte de comutação de VP.

A comutação só é levada ao nível do VC quando há necessidade de extrair um ou mais VCs do grupo identificado por um VPI.

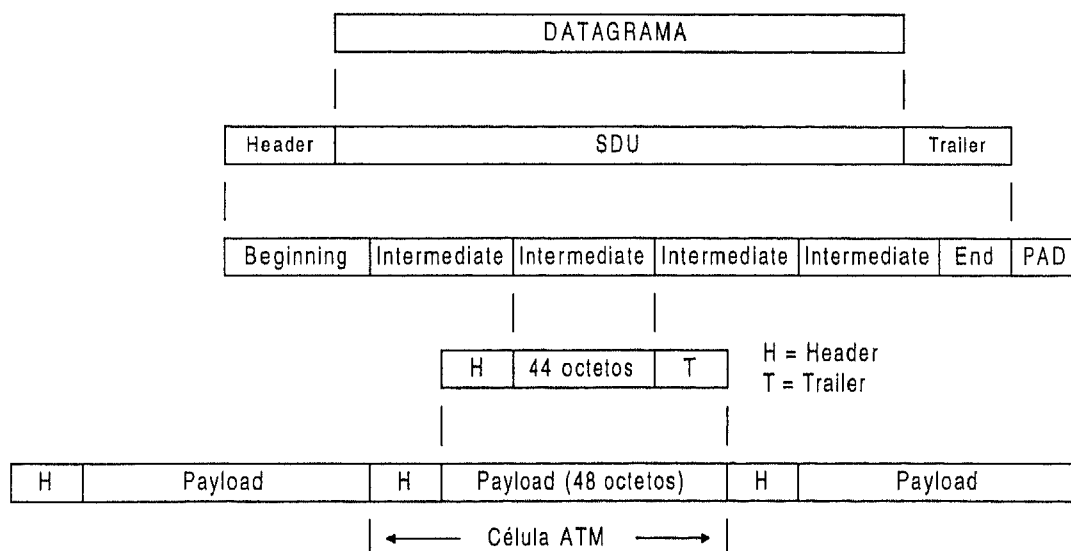
Note-se que os identificadores de VC e de VP de uma ligação têm significado local, isto é, podem não ser constantes em todos os links ponto-a-ponto entre dispositivos ATM.

A figura que se segue apresenta um exemplo de comutações efectuadas nos dois níveis, assim como a tabela de encaminhamentos associada.



#### 4.5.1.3 Segmentação e reassemblagem (SAR)

Praticamente em todos os serviços, as tramas de informação originadas são maiores do que as células ATM. Como tal, o transporte dessa informação numa rede ATM implica a segmentação das tramas em unidades de informação que possam ser encapsuladas nas células. Esta segmentação introduz overhead, dada a necessidade de uso de delimitadores e de numerar as unidades de informação que constituem a trama.



Na recepção o processo de segmentação é invertido, procedendo-se à reassemblagem da trama.

#### **4.5.1.4 Resumo das características da rede ATM**

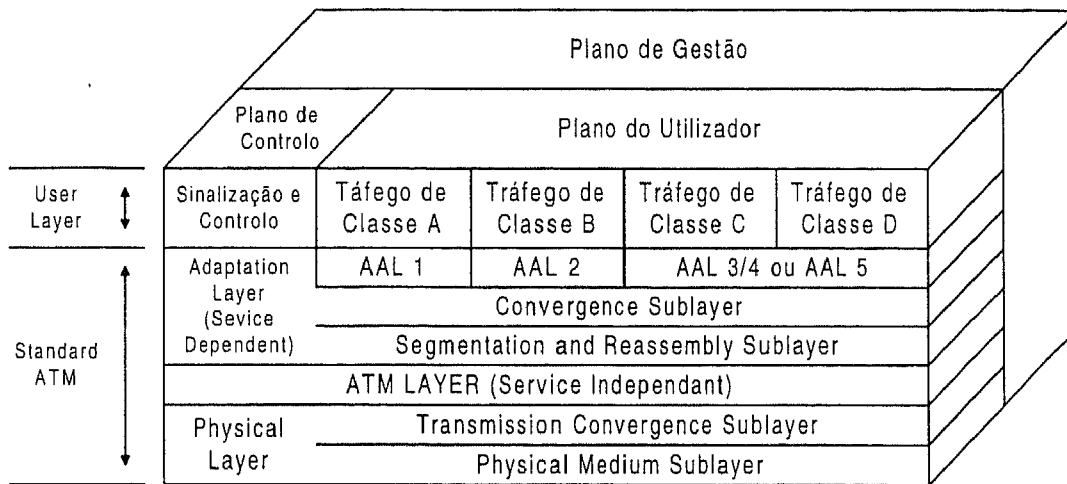
As características mais relevantes de uma rede ATM são as seguintes:

- Rede orientada às ligações (Connection Oriented)
- Garantia de entrega das células na sequência correcta
- Capacidade de negociar Qualidade de Serviço (QoS)
- Dispõe de mecanismos de controlo de congestionamento
- Dispõe de mecanismos que permitem verificar se o tráfego oferecido à rede por um utilizador ATM está de acordo com a QoS negociada (Input Rate Policing)
- Pode disponibilizar serviços Connectionless, através de funções de servidor  
Não fornece qualquer mecanismo capaz de garantir a integridade dos dados em trânsito na rede
- Não contempla qualquer mecanismo de Broadcast (como tal, não é uma tecnologia Shared Media).

## 4.5.2 Arquitectura do ATM

### 4.5.2.1 Modelo de Referência ATM

O modelo de referência ATM encontra-se apresentado na figura que se segue. Note-se que este modelo se afasta notoriamente do modelo conceptual OSI.



É importante referir que o Convergence Sublayer da camada AAL (ATM Adaptation Layer) pode ser ainda subdividida em duas: uma parte comum, que existe sempre e suporta serviços genéricos, e uma parte para serviços específicos (p.ex. interoperação com Frame Relay).

Os diferentes tipos de tráfego são suportados pelos AALs 1 a 5, de acordo com a tabela que se segue.

|                 | Classe de Tráfego   |          |               |              |
|-----------------|---------------------|----------|---------------|--------------|
|                 | A                   | B        | C             | D            |
| Bit Rate        | Constante           | Variável |               |              |
| Isocronismo     | Requerido           |          | Não requerido |              |
| Tipo de Ligação | Connection Oriented |          |               | Connect.less |
| AAL usado       | AAL 1               | AAL 2    | AAL 5         | AAL 3/4      |

No caso do tráfego de classe C, embora possa ser usado o AAL 3/4 é preferido o uso do AAL 5.

#### 4.5.2.2 AAL 3/4

O AAL 3/4 reveste-se de particular importância numa rede de dados, em que o tráfego é quase exclusivamente oriundo de aplicações de texto codificado. Aliás foi nesta perspectiva que o autor optou por não se referir ao AAL 1 e ao AAL 2.

O AAL 3/4 apresenta no sublayer SAR a seguinte estrutura:

| Header (16 bits) |    |     | 44 octetos | Trailer (16 bits) |     |
|------------------|----|-----|------------|-------------------|-----|
| T                | SN | MID | dados SAR  | Length            | CRC |

O campo T (Type Field) de 2 bits, pode tomar diferentes valores, de acordo com a tabela que se segue,

| Campo T | Função | Descrição                |
|---------|--------|--------------------------|
| 1 0     | BOM    | Beginning of Message     |
| 0 0     | COM    | Continuation of Message  |
| 0 1     | EOM    | End of Message           |
| 1 1     | SSM    | Infomação de sinalização |

permitindo determinar se a célula em causa é o começo de uma nova mensagem, o fim de uma mensagem ou se faz parte de uma mensagem em transmissão.

O campo T é utilizado em conjunto com o campo SN (Sequence Number) de 4 Bits, onde se encontra o número de sequência da célula numa mensagem. Note-se que, embora a rede ATM garanta uma entrega das células na sequência correcta, não garante que elas sejam todas entregues. O campo SN permite detectar se a mensagem chegou ou não completa. Caso não tenha chegado completa, não há processo de reassemblagem, sendo a informação descartada.

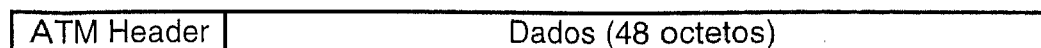
O campo MID (Multiplexing Identifier) de 10 bits permite que várias mensagens possam ser multiplexadas numa só ligação.

O campo LENGTH indica o comprimento da informação "útil" no campo Dados SAR. Deverá ter o valor 44 para todos os Types, com excepção dos Types EOM e SSM. Note-se que o campo Dados SAR tem um tamanho fixo, devendo, em caso da informação a transportar não o esgotar, ser completado com Padding. Se o Type for EOM e o valor do LENGTH igual a 63 (Magic Number), o pacote deve ser descartado.

O campo CRC permite verificar na reassemblagem se os dados foram ou não correctamente transmitidos. Como já foi referido, um erro detectado nos Dados SAR implica a perda de toda a informação associada a uma mensagem.

#### 4.5.2.3 AAL 5 ou SEAL (Simple and Efficient Layer)

A estrutura do AAL 5 ao nível do SAR é muito simples:



O cabeçalho transporta no seu campo Payload Type de 3 bits (ver alíneas 4.5.1.1.1 e 4.5.1.1.2) informação usada para sinalizar o fim de uma sequência de células de uma mensagem ou congestionamentos.

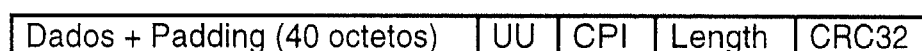
As funções dos bits são as seguintes:

Bit 1- Indica se o campo de dados contém informação do utilizador ou informação referente à operação e manutenção da rede (OAM, Operation and Maintenance)

Bit 2- É colocado a 1 se detectado um congestionamento

Bit 3- Indica o fim de um datagrama

Ao nível da subcamada CONVERGENCE, a estrutura do AAL 5 é a seguinte:



O campo UU (User-to-user Indication) de 1 octeto, é actualmente só usado por informação MPEG sobre o AAL 5.

O campo Length informa qual o tamanho real dos dados.

O campo CRC32, afecta a todo o campo de dados e os 4 primeiros octetos do Trailer (no AAL 3/4 o CRC só se aplicava ao campo de dados).

#### 4.5.2.4 Comparação AAL 5 e AAL 3/4

Ambos os AALs em epígrafe foram definidos para suportar tráfego VBR orientado às ligações e para tráfego Connectionless.

O AAL 3/4 foi o primeiro a ser definido, possibilitando o suporte de múltiplos fluxos de informação numa só ligação ATM. Se esta facilidade pode ser interessante, também é verdade que é implementada à custa de um overhead de 10 bits no SAR-PDU.

Outro overhead no SAR-PDU é o seu campo CRC de 10 bits. Um dos argumentos usados é o facto de os protocolos apoiados sobre o ATM também serem capazes de detectar os mesmos erros que aquele CRC, duplicando-se assim o mesmo mecanismo.

Tais overheads fazem com que a eficiência do AAL 3/4 seja 83 % (i.e. 44/53), na situação mais favorável. Tendo em linha de conta que o campo de dados da última célula é utilizado parcialmente na grande maioria das situações, o rendimento é ainda menor, agravando-se com a diminuição do tamanho dos datagramas entregues para fragmentação.

No AAL 5 não há overhead associado à subcamada SAR. Na subcamada CONVERGENCE, embora o campo de dados tenha, tal como no caso anterior, uma utilização fraccional, o rendimento obtido para datagramas de tamanho menor do que 88 octetos iguala o conseguido no AAL 3/4, melhorando crescentemente com o aumento do tamanho dos datagramas a transportar, aproximando-se rapidamente da máxima eficiência de uma rede ATM (90,5%, i.e., 48/53).

A principal desvantagem do AAL 5 é não ter a capacidade de multiplexagem de datagramas. Estudos já efectuados não conseguiram até ao momento implementar uma solução que permitisse, de modo eficiente, dotar o AAL 5 daquela capacidade.

#### 4.5.2.5 Sinalização

Enquanto que o ITU-T recomenda o uso do AAL 3/4 para a sinalização, o ATM FORUM recomenda o AAL 5.

O AAL de sinalização (SAAL, Signalling ALL) é um serviço específico conseguido à custa da integração de Funções Específicas na Subcamada de Convergência (ver alínea 4.5.2.1), definidas nas normas Q.2140 (SSCF, Service Specific Coordination Function) e Q.2130 (SSCOP, Service Specific Connection Oriented Protocol).

O ITU-T reserva para sinalização os seguintes identificadores nos Header UNI:

| VPI | VCI | Utilização               |
|-----|-----|--------------------------|
| 0   | 1   | Meta Sinalização         |
| 0   | 2   | Sinalização de Broadcast |

O ATM FORUM reserva os seguintes identificadores:

| VPI | VCI | Utilização                                                                                      |
|-----|-----|-------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 0   | 1   | Meta Sinalização                                                                                |
| 0   | 2   | Sinalização de Broadcast                                                                        |
| 0   | 5   | Sinalização Ponto-a-Ponto                                                                       |
| 0   | 16  | Sinalização ILMI (Interim Local Management Interface, usado para interoperação com Frame Relay) |
| 0   | 18  | Sinalização PNNI (Private Network Node Interface)                                               |

#### 4.5.2.6 Endereçamento

O ATM FORUM especificou 3 formatos de endereçamento:

- ISO DCC SNAP (Data Country Code Network Service Access Point) que usa um formato semelhante ao da rede telefónica pública
- ISO ICD NSAP (International Code Designator SNAP)
- E.164, plano de numeração especificado nas normas ISDN

As redes ATM privadas usam tipicamente os dois primeiros formatos, enquanto que as redes públicas ATM usam o formato ISDN.

Todos os planos de numeração se baseiam na atribuição de Endereços MAC Virtuais (ESI) e de portas lógicas de acesso (SEL), com funcionalidades semelhantes às dos serviços em TCP/IP.

A interligação entre a rede privada e a rede pública deve contemplar mecanismos que permitam a conversão de formatos de endereçamento.

### 4.5.3 Gestão de tráfego nas redes ATM

#### 4.5.3.1 Introdução

Uma das operações mais importantes do estabelecimento de uma ligação numa rede ATM é a negociação da Qualidade de Serviço. Face à presença concorrente de tráfegos de características diversas, tais como a voz, o vídeo, dados sensíveis a atrasos (p.ex. os dados numa arquitectura SNA), dados insensíveis a atrasos (File Transfer), etc., a tarefa de reserva de recursos por todo o encaminhamento da ligação, só é ultrapassada em importância e complexidade pelo conjunto de tarefas que têm que ser executadas para manter por toda a ligação as características inicialmente negociadas, permitindo, no entanto, que se tire o máximo rendimento possível da rede.

Trata-se, portanto, de aceitar o máximo possível de ligações, sem comprometer a qualidade de serviço das ligações em curso.

Para que tal seja possível, a rede ATM deve providenciar um conjunto de funções que permitam

- Controlar a aceitação ou rejeição de novas ligações (CAC, Connection Admission Control)
- Monitorar o uso da rede, tomando as medidas preventivas ou correctivas necessárias face aos valores obtidos (UPC, Usage Parameter Control)
- Controlar prioridades
- Gerir os recursos da rede (NRM, Network Resource Management)
- Controlar / promover o descarte de células
- Modelar o tráfego oferecido (Traffic Shaping)
- Promover o controlo de fluxo,

de modo a minimizarem a ocorrência de congestionamentos.

O Controlo de Congestionamentos pode tomar duas formas:

1. Controlo Reactivo, baseado em funções de controlo de fluxo, estabelecidas entre as extremidades da ligação, sendo necessário que os comutadores ATM envolvidos na ligação sejam capazes de modificar o cabeçalho das células, notificando desta forma a ocorrência do congestionamento

Neste tipo de controlo, a chegada da notificação ocorre atrasada de um Round Trip Delay.

## 2. Controlo Proactivo (preventivo)

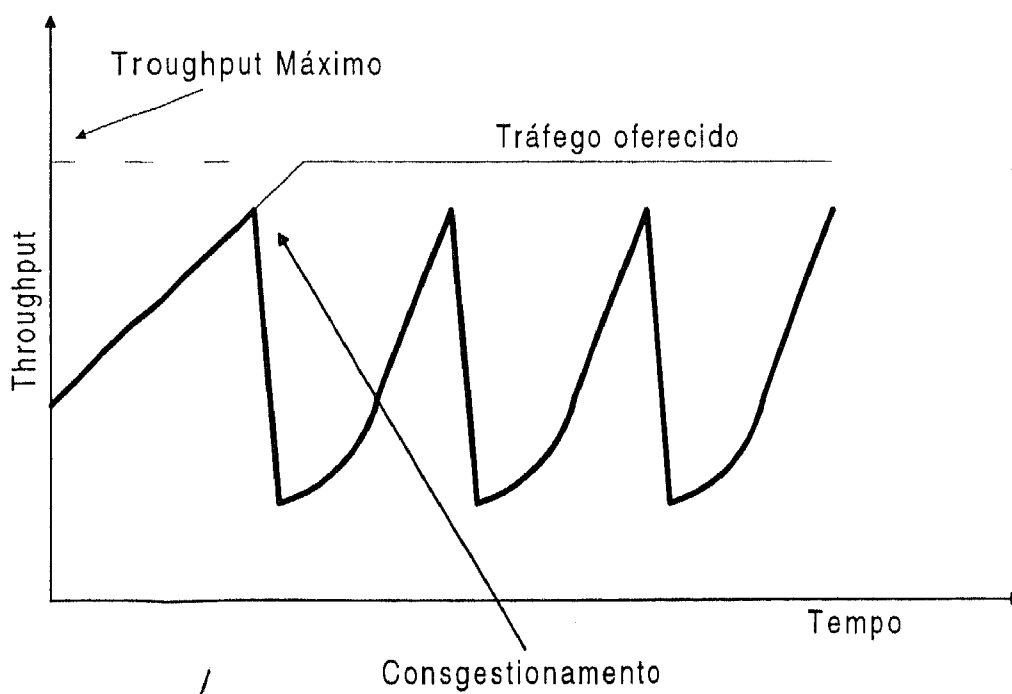
Este tipo de controlo só será eficiente numa rede não sujeita a mudanças bruscas de tráfego oferecido e com um controlo de admissão de novas ligações (CAC) muito rigoroso.

O “bom comportamento” das fontes pode ser obtido recorrendo a técnicas de modelação de tráfego, isto é, a mecanismos dispondo de filas de espera que recebendo um tráfego bursty, oferecem à rede um tráfego praticamente constante em torno de um valor médio.

Em alternativa ou complementarmente, pode ser promovido o “policiamento” dos dados oferecidos, promovendo o descarte imediato de tráfego que exceda o valor máximo negociado para a ligação (note-se a semelhança com os mecanismos de admissão de tráfego do Frame Relay).

O controlo das perdas de células, quer por congestionamento quer por erros, tem uma importância extrema. A perda de uma célula implica na grande maioria das vezes a retransmissão (pedida pelos protocolos que funcionam em cima do ATM) dum datagrama. Valores experimentais permitem concluir que uma taxa de perda de células de 1% dá origem à retransmissão de mais de 75% dos datagramas cujos fragmentos são por elas transportados, situação que pode originar congestionamentos.

A figura que se segue ilustra o comportamento da curva de Throughput versus o tráfego oferecido.



No momento em que se gera o congestionamento, a percentagem de células perdidas aumenta bruscamente. Os protocolos de alto nível que funcionam nos clientes sobre o ATM detectam a falta de datagramas, requisitando aos servidores a sua retransmissão.

As retransmissões aumentam o tráfego oferecido à rede, agravando ainda mais o congestionamento que se traduz numa diminuição acentuada do throughput da rede. Ao fim de algum tempo, alguns clientes “rebentam” por timeout dos protocolos de alto nível, o que permite estabilizar (ou mesmo diminuir) o tráfego oferecido à rede, permitindo uma recuperação do throughput até ao limiar em que se gera novo congestionamento e a disrupção do throughput. O fenómeno repete-se ciclicamente, até que o tráfego oferecido à rede baixe para um valor aquém daquele que causa o congestionamento.

#### **4.5.3.2 Tipos de Serviços e Atributos do Tráfego**

Uma rede ATM pode oferecer dois tipos de serviços:

- Serviços garantido, em que a largura de banda é atribuída “on-demand”
- Serviços “Best-Effort”, em que não são dadas garantias sobre uma ou mais características da ligação

Fazem parte dos Serviços Garantidos os seguintes serviços:

- CBR (Constant Bit Rate) que permitem a emulação de circuitos, garantido a largura de banda e a constância dos atrasos de propagação
- VBR (Variable Bit Rate), que pode ou não incluir características de Tempo-Real (VBR-RT e VBR-NRT, respectivamente)

Fazem parte dos Serviços “Best-Effort” os seguintes serviços:

- UBR (Unspecified Bit Rate). Neste serviço não são dadas quaisquer tipo de garantias (serviço “Send and Pray”)
- ABR (Available Bit Rate). Neste serviço não são dadas garantias quantitativas em relação à largura de banda ou atrasos de propagação. Este serviço contempla, no entanto, mecanismos de notificação de congestionamento (Congestion Control Feedback) que, em caso de ocorrência daquele fenómeno, assegura uma baixa taxa de perda de células.

Para que seja possível negociar com a rede ATM uma determinada qualidade de serviço é necessário entregar-lhe uma descrição das características do tráfego que nela vai ser injectado.

A tabela que se segue apresenta os atributos do tráfego que têm que ser especificados para cada classe de serviço.

| Atributos         | Classe de Serviço |        |         |     |     |
|-------------------|-------------------|--------|---------|-----|-----|
|                   | CBR               | VBR-RT | VBR-NRT | ABR | UBR |
| PCR, CDVT         |                   |        |         |     |     |
| SCR, MBS, CDVT    | N/A               |        |         |     | N/A |
| MCR               |                   | N/A    |         |     |     |
| CTD máx., CDV ptp |                   |        |         |     |     |
| CTD médio         |                   |        |         |     |     |
| CLR               |                   |        |         |     |     |

Os campos sombreadas da tabela anterior correspondem aos atributos de tráfego que devem ser especificados para a negociação de cada uma das Classes de Serviço. Os campos com N/A correspondem a atributos que não têm aplicação no âmbito de uma Classe de Serviço.

| Sigla   | Descrição                           |
|---------|-------------------------------------|
| CR      | Cell Rate                           |
| PCR     | Peak Cell Rate                      |
| CD      | Cell Delay                          |
| CDV     | Cell Delay Variation                |
| CDVT    | CDV Tolerance                       |
| SCR     | Sustained Cell Rate                 |
| MBS     | Maximum Burst Size                  |
| MCR     | Minimum Cell Rate                   |
| CTD     | Cell Transfer Delay                 |
| CDV ptp | Point-to-point Cell Delay Variation |
| CLR     | Cell Loss Ratio                     |

## **4.5.4 Roteamento nas redes ATM**

### **4.5.4.1 Introdução**

As redes públicas ATM e mesmo algumas redes privadas locais de alguma dimensão (por exemplo num campus) serão constituídas por vários comutadores ATM interligados entre si por ligações onde a redundância terá, concerteza, uma presença constante.

Tal obriga à existência de um protocolo de sinalização entre comutadores, capaz de descobrir a topologia da rede em torno de cada um dos comutadores e de distribuir, pelo menos pelos seus vizinhos, a informação recolhida. Como é evidente, o protocolo em causa deverá ser capaz de dar sequência às negociações de Qualidade de Serviço e de manter a Qualidade de Serviço negociada por cada ligação por toda a sua duração.

Complementarmente, este protocolo deverá ser capaz de reconhecer rotas alternativas e deverá poder ser activado sem necessidade de conhecer previamente o ambiente que o rodeia.

### **4.5.4.2 Interim Inter Switch Protocol (IISP)**

Este protocolo de Routing, designado muitas vezes por P-NNI Fase 0, não cumpre a totalidade dos requisitos apresentados na alínea anterior.

Entre cada dois comutadores usa uma sinalização sobre um interface UNI, o que obriga a que os comutadores sejam parametrizados um como Master e o outro como Slave. Sendo incapaz de descobrir as rotas entre comutadores, obriga a que estas sejam introduzidas por parametrização (rotas estáticas). Embora suporte alguma redundância, esta está reduzida à definição de um upstream primário e de um secundário.

A limitação mais grave deste protocolo é a incapacidade de suportar a negociação de Qualidade de Serviço entre comutadores.

Para todos os efeitos, o IISP foi um protocolo de primeira geração que serviu de plataforma de estudo para o protocolo P-NNI que vai ser apresentado na próxima alínea.

#### 4.5.4.3 P-NNI (Private Network Node Interface)

O protocolo P-NNI foi aprovado em Abril de 1996, pelo ATM FORUM como protocolo de sinalização entre comutadores ATM.

O P-NNI suporta a negociação da Qualidade de Serviço entre os comutadores, permitindo o estabelecimento de ligações entre utilizadores com QoS homogénea, independentemente da sua localização. Embora orientado para a sinalização entre comutadores, pode ser estendido aos end-systems, nomeadamente aqueles que estejam ligados por caminhos redundantes aos comutadores, onde pode ser usado para seleccionar o melhor caminho.

É um protocolo altamente escalável utilizável em redes com vários milhares de comutadores, **obrigatoriamente dispostos numa topologia hierárquica** que pode ir até 105 níveis (tipicamente prevê-se o uso máximo de 10 níveis), e que utiliza técnicas de sumarização da informação de roteamento. Com esta técnica, cada comutador detém informação detalhada sobre a topologia local e informação sumarizada sobre as topologias distantes.

Os comutadores numa rede local são organizados entre si como um Peer-Group, devendo, em termos de endereçamento, partilhar um mesmo prefixo. No nível hierárquico imediatamente acima é formado um outro Peer-Group (designado por Parent Peer-Group) que associa todos os Peer-Groups de hierarquia mais baixa a ele ligados.

O P-NNI utiliza um processo de SOURCE-ROUTING para descobrir as rotas até aos destinatários, para os quais são enviados discovery packets que no retorno informam o caminho percorrido e os atributos dos diversos links envolvidos. Um dos defeitos que pode ser apontado a este mecanismo, é que o Source-Routing pode não encontrar o melhor caminho.

No estabelecimento de uma ligação, o controlo de admissão é efectuado pelo comutador, ao qual se encontra ligado o utilizador, que se deve assegurar que os comutadores no caminho para o destinatário sejam capazes de suportar a qualidade de serviço pedida pela ligação.

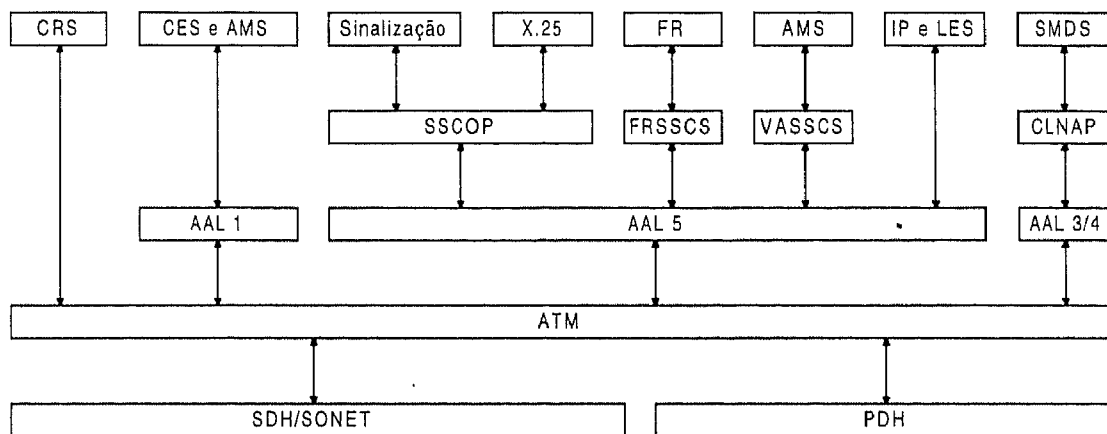
A grande maioria dos fabricantes está a utilizar uma política faseada de introdução do P-NNI nos seus comutadores, que contempla (ou contemplará até aos finais de 1996) o suporte para um Peer-Group (vulgarmente designado por P-NNI Fase 0,5), permitindo a utilização das facilidades do protocolo entre comutadores de uma rede local, estendendo posteriormente a sua capacidade de suporte para mais níveis hierárquicos, eventualmente por upgrade de software.

## 4.5.5 Serviços sobre o ATM

### 4.5.5.1 Generalidades

O ATM, através dos seus Adaptation Layers suporta a globalidade dos serviços de telecomunicações actualmente existentes. Alguns serviços são suportados directamente, enquanto que outros recorrem a serviços e funções específicas que têm que ser introduzidas (i.e. foi necessário desenvolver um suporte específico) na sub-camada Convergence da camada ATM Adaptation Layer.

A figura que se segue apresenta o enquadramento entre os diversos serviços e os AALs e as funções específicas usados.



Dois serviços com especialmente enquadrados nos objectivos desta publicação são o IP sobre ATM e a Emulação de Lans (LES, LANE), que serão sucintamente descritos nas próximas alíneas.

#### **4.5.5.2 IP sobre ATM**

##### **4.5.5.2.1 Introdução**

Dado que o ATM é tratado como um conjunto de ligações comutadas ponto-a-ponto entre utilizadores, são vários os desafios que se colocam no suporte do IP sobre o ATM:

- É necessário suportar todas as características do IP, nomeadamente a coexistência de várias redes IP que devem poder comunicar entre si
- Os esquemas de endereçamento ATM e ao nível da sub-camada MAC são diferentes, o que obriga à existência de um mecanismo de mapeamento.

##### **4.5.5.2.2 Encapsulamento**

É necessária a existência de um mecanismo que indique qual o tipo de protocolo em trânsito num PDU (à semelhança do que acontece, por exemplo, com a trama ETHERNET\_II, através do campo TYPE). Este mecanismo encontra-se definido no RFC 1483, que também prevê dois métodos de transporte de tráfego connectionless em redes ATM:

- Encapsulamento LLC
- Multiplexagem de Circuitos Virtuais.

Estes dois métodos distinguem-se pela possibilidade da coexistência de vários protocolos num só circuito virtual (caso LLC) e pela necessidade de existência de um circuito virtual por cada protocolo (caso da multiplexagem).

Tendo em linha de conta que o AAL 5 é o preferido face ao AAL 3/4, fica excluída a possibilidade de utilizar a multiplexagem de Circuitos Virtuais, não contemplada naquele AAL. Com o uso do AAL 5 é também preconizado o uso de um SSCS (Service Specific Convergence Sublayer) vazio (i.e. sem qualquer função).

#### **4.5.5.2.3 Servidor ARP**

Tal como no caso do IP clássico, o IP sobre ATM necessita de um mecanismo de Address Resolution que permita determinar a correspondência entre o endereço IP e o endereço ATM.

A RFC 1577 especifica a operação de um servidor ATM ARP que apresenta algumas limitações funcionais:

- não tem capacidade de broadcast e de multicast o que faz com que seja necessária a implementação de rotas estáticas para conduzirem aquele tráfego
- só suporta uma rede IP. No caso de existência de várias redes IP deverão ser previstos tantos servidores ATM ARP como o número de redes
- não contempla mecanismos de comunicações entre redes IP. A comunicação entre elas tem que ser promovida por um Router externo
- especifica um dispositivo sem capacidade de redundância, resultando na criação de um ponto de falha.

#### **4.5.5.2.4 Sinalização**

A RFC 1755 apresenta as linhas mestras da sinalização IP a ser usada sobre a sinalização UNI, versão 3.1. Entre outros, é especificado um mecanismo que desliga automaticamente as ligações que se mantenham sem uso por mais de um determinado intervalo de tempo.

#### **4.5.5.2.5 Next Hop Resolution Protocol**

Face às manifestas incapacidades da especificação original do IP sobre ATM, foram desenvolvidas especificações que permitissem promover um roteamento eficiente do IP numa rede ATM.

Definido numa adenda à RFC 1577, o NHRP alarga a capacidade de Address Resolution a equipamentos não directamente ligados ao mesmo comutador (embora ainda no mesmo Peer-Group), permitindo também determinar quais os Routers que devem ser ultrapassados para chegar ao destinatário.

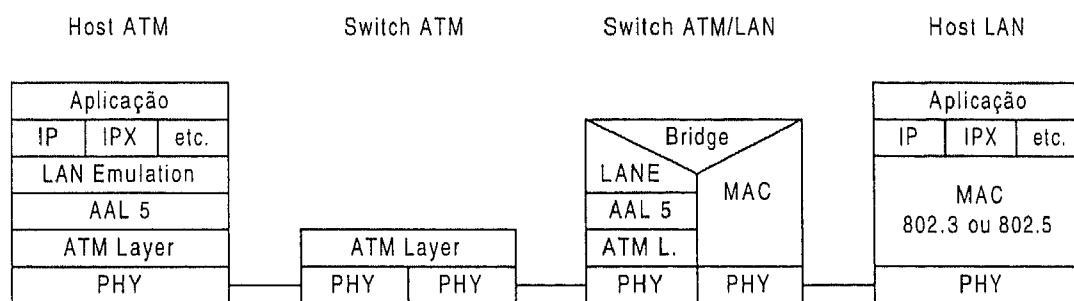
### 4.5.5.3 LAN Emulation (LANE)

#### 4.5.5.3.1 Generalidades

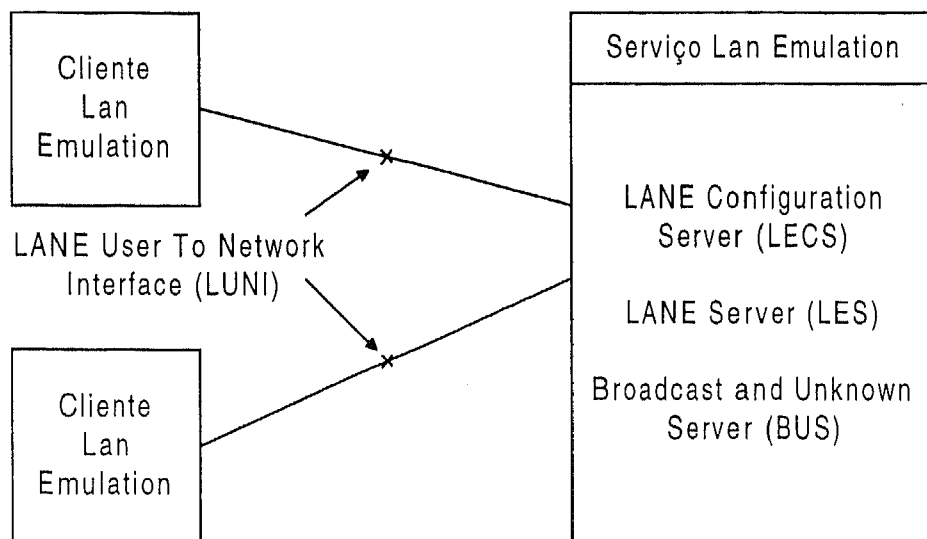
O objectivo do desenvolvimento do LANE foi permitir uma fácil migração para uma infra-estrutura de transporte ATM, sem necessidade de modificação dos protocolos de mais elevado nível utilizados actualmente nas "Legacy Lans".

Trata-se, portanto, de emular sobre o ATM serviços Connectionless onde se recorre com muita frequência a tráfego Broadcast e Multicast, e em que os dispositivos são individualizados através do seus endereços MAC.

A LAN Emulation pode ser descrita funcionalmente através do modelo apresentado na figura que se segue.



#### 4.5.5.3.2 Componentes da LANE



Os componentes do serviço LAN Emulation são os seguintes:

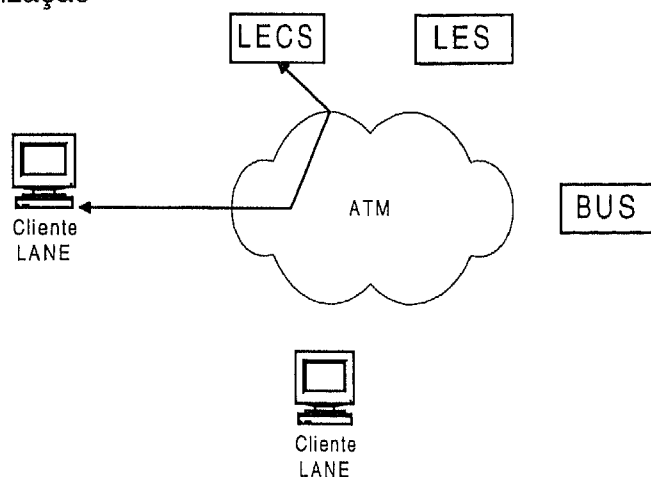
- LECS, onde é salvaguardada a informação correspondente às Lans emuladas, tal como: Nome, Tipo, Tamanho máximo/mínimo das tramas, Endereços dos LES presentes na rede, etc.
- LES, onde são salvaguardadas as tabelas de correspondência entre endereços MAC e endereços ATM dos Clientes LANE
- BUS, responsável pelo broadcast e multicast de dados para os Clientes LANE, nomeadamente aquele que tem origem em endereços MAC desconhecidos

#### 4.5.5.3.3 Interfaces LANE

A fase 1 das especificações LANE contempla apenas o interface LUNI (LANE User to Network Interface). Encontra-se ainda em fase de estudo o interface LNNI (LANE Network to Network Interface) que permitirá o diálogo entre vários LES e vários BUS.

#### 4.5.5.3.4 Estabelecimento de uma sessão LANE

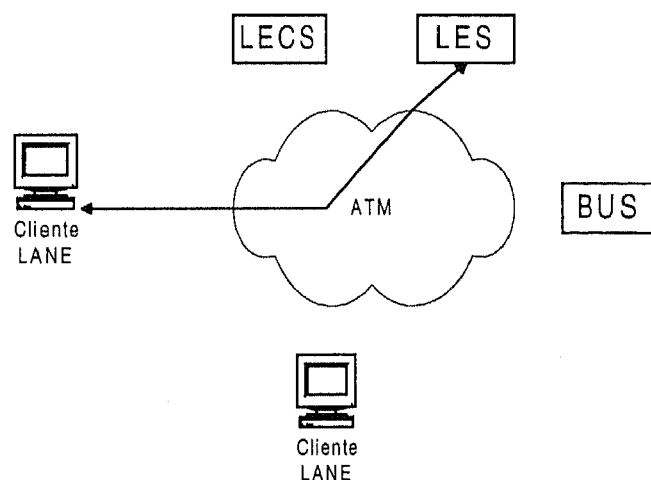
##### FASE 1 - Inicialização



Nesta fase, o Cliente LANE contacta o LECS. O estabelecimento da ligação com o LECS pode ser feita por conhecimento antecipado do endereço ATM do LECS ou por procedimentos de sinalização através de um par VPI/VCI reservado para o efeito (tipicamente 0/17).

Estabelecida a ligação, o Cliente LANE obtém do LECS o endereço do LES de serviço àquela rede emulada.

##### FASE 2 - Registo



Na fase de Registo, o Cliente LANE estabelece uma ligação com o LES, executando várias operações:

- regista perante o LES o seu endereço MAC
- regista, se aplicável, uma lista de endereços MAC que ele representa. Note-se que o Cliente LANE pode ser um Switch LAN/ATM que representa um conjunto de endereços MAC, correspondentes aos Hosts LAN a ele ligados
- regista, se aplicável, uma lista de encaminhamentos que ele representa. Note-se que o Cliente LANE pode ter a montante vários segmentos separados por Bridging ou Routing, onde se encontram ligados mais Host LAN
- regista-se, se aplicável, como PROXY, isto é, como entidade activa no processo de resolução de endereços de entidades não ATM não registadas. Este procedimento é obrigatório quando o Cliente LANE é um Switch LAN/ATM

Pelo seu lado, o LES acrescenta o Cliente LANE em causa à sua base de dados.

### FASE 3 - Resolução do Endereço do BUS

Nesta fase o Cliente LANE resolve o endereço do BUS, através do envio de pedidos ARP (Address Resolution Protocol) ao LES. Recolhido o endereço ATM do BUS são estabelecidos Circuitos Virtuais entre o Cliente e o BUS por onde o Cliente recebe e envia tráfego Multicast.

### FASE 4 - Ligação entre Clientes LANE e Transferência de Dados

Sempre que um Cliente LANE pretende transferir informação para outro Cliente, requisita ao LES, através de um pedido ARP, o endereço ATM deste último.

Recebido o endereço, é estabelecida a ligação, procedendo-se à transferência dos dados. As ligações são libertadas após um intervalo de tempo sem tráfego.

No caso de Clientes ainda não registados no LES, o procedimento é idêntico, mas recorre ao BUS, que se encarrega da divulgação da informação através dos Circuitos Virtuais de Multicast.

#### **4.5.5.4 MPOA**

Encontra-se em fase de especificação o serviço MPOA (Multiprotocol Over ATM) que será capaz de suportar qualquer protocolo de Nível 3 (Network) sobre o ATM.

Considerado como uma evolução da LAN Emulation apresenta em relação a esta diferenças fundamentais. Note-se que, enquanto a LANE se encontra localizada no Nível 2 do modelo OSI, o MPOA é considerado uma técnica de comutação de Nível 3, como tal, sensível aos protocolos de rede.

Os serviços que o MPOA disponibilizará serão idênticos aos já disponibilizados pela LANE, mas vocacionados para uma interacção com os endereços contidos nos protocolos de Nível 3 e não, como no caso da LANE, orientados aos endereços MAC.

#### **4.5.5 Utilização do ATM**

As características do ATM colocam-no como potencial substituto de quase todas as tecnologias de transporte de informação actualmente existentes.

Durante muito tempo, a promoção do ATM apareceu quase só associada a "Killer Applications" como o Video-on-Demand e outros serviços multimédia, consumidores ávidos de largura de banda (para não falar nas outras características requeridas), que, de acordo com os promotores estariam disponíveis já "amanhã".

Com publicidade desta natureza, fundamentalmente orientada para a indústria do entretenimento, era óbvio que as restantes empresas, pouco ou nada esclarecidas acerca das outras características do ATM, iriam ignorar a opção ATM nos seus planos a curto e a médio prazo.

Passada a fase das Killer Applications que, na opinião do autor, se auto-extinguiu por força da falta de procura por parte do mercado, e já com os pés na terra, procedeu-se a uma divulgação sistematizada e séria (no que se refere ao timing em que os serviços poderiam ser disponibilizados) do ATM, à qual não é estranha a entrada em cena do ATM Forum.

Na fase actual do seu desenvolvimento, o autor considera que uma evolução directa das LANs de 1ª geração (Ethernet e Token Ring) para ATM é precipitada, tendo em linha de conta que:

- os protocolos propostos, embora em alguns casos já standardizados, ainda estão numa fase que permite antever algumas mudanças com impacto apreciável
- os equipamentos são caros (quando comparados com os necessários a outras soluções intermédias) e oferecem uma relação custo/benefício muito pouco favorável, se consideramos os requisitos típicos das empresas nacionais
- a actualidade tecnológica das soluções em exploração. Um exemplo que pode ilustrar esta situação é uma rede de PPCAs num campus, em que a interligação é promovida por links a 2Mbps em fibra óptica, que transitam em paralelo com os links de suporte a um backbone FDDI. Neste caso, nem a integração de serviços é uma justificação plausível.

Nesta perspectiva, é opinião do autor que sempre que se justificarem evoluções em consequência de necessidades de largura de banda, elas sejam feitas para os patamares tecnológicos imediatamente acima, ou seja, considerando como ponto de partida as Lans de 1ª geração, evolução para técnicas de switching (não ATM) e/ou para LANs de maior débito agregado.

Ficam excluídos desta recomendação situações particulares, em que as necessidades actuais coloquem a relação custo/benefício em valores mais favoráveis.

No que se refere à escolha dos equipamentos de switching (não ATM) deve ser considerado que já existem soluções modulares capazes de aceitar cartas ATM, permitindo assim salvaguardar por mais tempo os investimentos iniciais.

#### **4.6 Outras Tecnologias aplicáveis às LANs**

Além das tecnologias referidas nas alíneas anteriores, existem outras já recentemente standardizadas ou em fase final de standardização aplicáveis às LANs.

Orientadas para o clustering de computadores foram recentemente publicados os standards das tecnologias FIBER CHANNEL e SCI (Scalable Coherent Interface).

Como evolução das LANs Ethernet/IEEE 802.3 foram também recentemente publicados os standards referentes à Ethernet Isócrona (IEEE 802.9a) e às Wireless Lans (IEEE 802.11).

A Ethernet Isócrona é uma evolução da Ethernet convencional, com a qual mantém compatibilidade, permitindo simultaneamente o estabelecimento de circuitos virtuais, compatíveis com o RDIS/ISDN. Uma descrição detalhada da Ethernet Isócrona pode ser encontrada no ANEXO IV desta publicação.

## **5. Cenários de Evolução**

### **5.1 Introdução**

Nesta alínea serão apresentadas as várias tecnologias cuja introdução permitiu ao longo do tempo resolver a saturação das LANs, consequência do número crescente de utilizadores, movimentando volumes cada vez maiores de informação.

O cenário de partida considerado nesta publicação é o de uma rede Ethernet (IEEE 802.3), implementada sobre cabo coaxial fino.

Esta escolha tem a ver com o facto de a grande maioria das LANs instaladas em Portugal serem Ethernet. Por outro lado, as redes que actualmente têm dimensões apreciáveis, remontam ao tempo da introdução da micro-informática e, como tal, ao tempo em que a solução Ethernet mais usual (e mais barata, daí a designação de Cheapernet), utilizava cabo coaxial fino de 50 Ohm (RG-58).

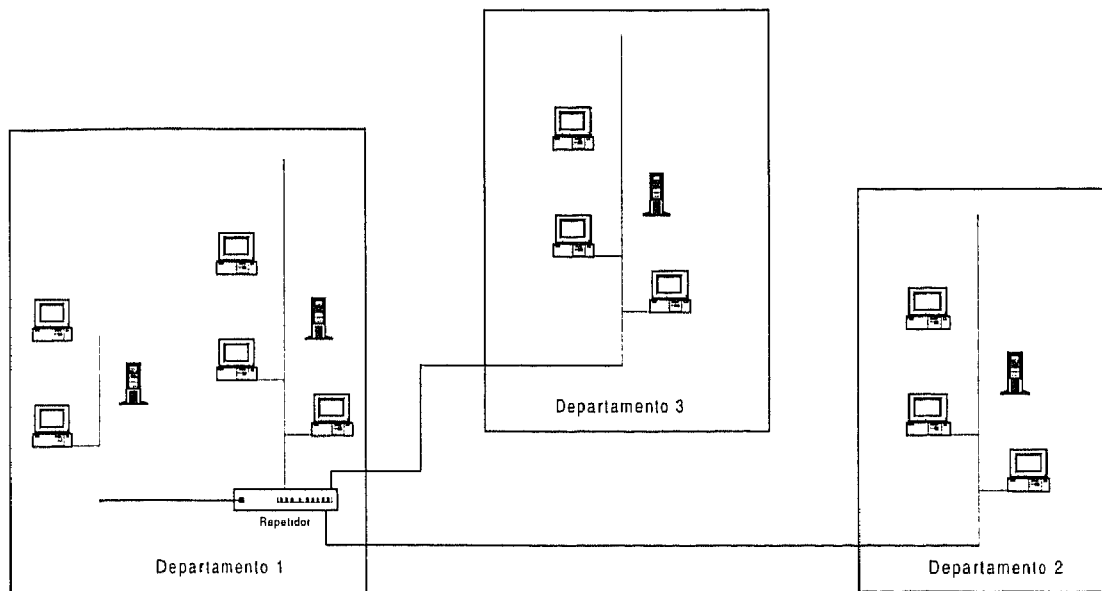
### **5.2 Utilização de Repetidores**

Enquanto que os Main-Frames se encontravam alojados em Centro de Informática, suportados por uma equipa de especialistas, as redes locais nascem dispersas por alguns departamentos das empresas, que passaram a ter necessidade de partilhar entre o seu staff os ficheiros resultantes de aplicações de processamento de texto, de folhas de cálculo e de bases de dados, suportadas pelos seus computadores pessoais.

Graças à sua simplicidade (se comparado com o universo Main-Frame), a rede e os recursos a ela associados (Computadores Pessoais, software aplicativo, cablagem) podiam ser geridos pelo pessoal de cada departamento, à revelia do pessoal do Centro de Informática (que tradicionalmente não via com bons olhos a microinformática e muito menos as LANs).

A fase da existência de múltiplas LANs departamentais isoladas termina com a necessidade de disponibilizar a informação produzida por cada departamento aos restantes departamentos.

Os repetidores, já usados para estender o alcance de algumas redes departamentais, passam também a ser usados na sua interligação, criando uma rede que se estende a toda a empresa.



Se esta solução resolveu o problema da partilha da informação ao nível da empresa, criou um outro.

Um repetidor apenas executa tarefas de regeneração do sinal na linha, sendo transparente no que se refere à informação nele transportada.

Tratando-se então de um só domínio de colisões, o tráfego oriundo de um qualquer dispositivo é divulgado por toda a rede, isto é: se inicialmente os utilizadores de cada departamento partilhavam entre si uma banda de 10 Mbps, com a interligação todos os utilizadores da empresa passam a partilhar entre si a mesma banda, em condições de tráfego muito mais pesadas.

Se é verdade que o uso de aplicações interactivas possa causar esporadicamente uma diminuição notória do rendimento da rede, o mesmo não se pode dizer das restantes aplicações, como por exemplo um file transfer entre um servidor e um cliente de um departamento, que afecta não só o rendimento da LAN no departamento como o da LAN ao nível da empresa.

### 5.3 Separação de tráfegos. Bridging e Routing

No cenário até agora apresentado, os principais clientes de um servidor departamental são os utilizadores desse departamento, havendo, no entanto, necessidade de garantir o acesso, embora menos frequente, a esse servidor por parte de utilizadores de outros departamentos.

Então, em vez de serem interligadas por repetidores, as redes departamentais devem ser ligadas por dispositivos que promovam a filtragem de tráfego, isto é: que deixem passar o tráfego de dados que é formalmente destinado a outras redes, impedindo a divulgação para fora da rede departamental do tráfego que é endereçado para os seus dispositivos.

Dois dos dispositivos capazes de promover essa separação de tráfegos são as Bridges e os Routers.

#### 5.3.1 Bridging

As Bridges passaram a estar disponíveis no mercado em princípios da década de 80.

A Bridge Ethernet, também designada Transparent ou Learning, trabalha, em termos de modelo de referência OSI, na camada Data-Link.

A camada Data-link é responsável pelo controlo do fluxo dos dados, pela manipulação de erros de transmissão e por providenciar um endereço físico (MAC) aos pacotes de dados.

Apoiada nos mecanismos da camada Data-Link, uma Bridge Ethernet é capaz de decidir se deve ou não encaminhar uma determinada trama, baseando-se na análise do campo Destination Address dessa trama. Paralelamente, e graças aos mecanismos de detecção de erros de nível físico, a Bridge impede o encaminhamento de tramas com erros.

Outra das características importantes de uma Bridge Ethernet é a que impede a propagação de colisões entre as suas portas, promovendo a separação de domínios de colisões. Esta característica tem uma outra utilização importante, pois permite aumentar a extensão de uma rede para além das distâncias permitidas para um só domínio de colisões.

O facto de a Bridge funcionar na camada 2 do modelo OSI, torna o seu funcionamento independente dos protocolos de rede (camada 3, Network) e dos protocolos de níveis superiores.

/

A quase totalidade das Bridges Ethernet têm mecanismos de auto-aprendizagem, embora permitam, em alguns casos, a introdução por parametrização de endereços MAC a filtrar, opção que permite a criação de listas de acessos, para separação mais eficiente de tráfego (segurança, limitação de broadcasts).

A auto-aprendizagem funciona numa Learning Bridge da seguinte forma: no arranque, a Bridge comporta-se inicialmente quase como um repetidor, isto é, é transparente. Logo que começa a receber tramas, começa a criar uma tabela que faz corresponder o endereço SOURCE da trama à sua porta por onde foi recebida. É a partir desta tabela que a Bridge toma as decisões de encaminhamento.

Posteriormente, foi associado às Bridges Ethernet o mecanismo Spanning-Tree (IEEE 802.1), que evita, quando existem caminhos alternativos entre redes, a duplicação de tramas, que aconteceria se este mecanismo não existisse.

### **5.3.2 Routing**

Embora algumas técnicas de Routing fossem contemporâneas das técnicas de Bridging, o aparecimento comercial dos Routers deu-se em finais da década de 80, fundamentalmente porque até ali as LANs eram muito homogêneas, não só no que se refere à parte física e de Data-Link, como também aos protocolos de mais alto nível utilizados (isto é: eram tipicamente Ethernet e transportavam tipicamente IP).

O alargamento das necessidades de conectividade entre locais geograficamente afastados contribuiu imenso para a implantação dos Routers (assim como para a implantação das Bridges Remotas).

A principal característica dos Routers nas suas aplicações de interligação de LANs departamentais numa mesma localização geográfica (o tratamento das ligações WAN entre redes sai fora do âmbito desta publicação) é o facto de funcionarem na camada Network do modelo de referência OSI, o que os torna sensíveis ao protocolo de rede.

Com os Routers, a decisão de encaminhamento é tomada a partir da análise dos endereços lógicos de cada um dos protocolos de nível 3, o que permite refinar o trânsito de dados entre redes.

Outra das características associadas aos Routers é a existência de protocolos de Routing, isto é, de mecanismos que permitem a determinação de rotas principais e alternativas entre pontos de uma rede formada por várias redes departamentais ligadas entre si.

### 5.3.3 Comparação do Bridging e do Routing num ambiente LAN

Num ambiente Ethernet são diversos os pontos a considerar quando se pretende optar por uma solução local de Bridging ou de Routing:

- Os Routers podem escolher de maneira mais eficiente um encaminhamento entre dois pontos da rede empresarial, enquanto que as Bridges estão limitadas a um caminho determinado pelo algoritmo de spanning-tree
- Em sequência do afirmado no ponto anterior, os Routers actualizam as rotas entre dois pontos, muito mais rapidamente que as bridges, em caso de reconfiguração das interligações, quer por intervenção humana, quer por avaria
- O numero total de DTEs, numa rede cujos domínios de colisões estão interligados por Routers, é virtualmente ilimitado, enquanto que numa interligação das redes departamentais por Bridges, o limite é de alguns milhares de DTEs.
- Os Routers permitem isolar tráfego de broadcast entre redes, quando ele não é necessário.  
Em casos em que o tráfego de broadcast é necessário ao bom funcionamento do protocolo, alguns Routers permitem reduzi-lo ao mínimo imprescindível através de aplicação de técnicas de Spoofing.
- As Bridges, contrariamente aos Routers, não requerem, na maioria das aplicações, qualquer tipo de parametrização.
- As Bridges conseguem manipular tráfegos mais elevados que os Routers (fundamentalmente porque o overhead de processamento é maior no caso dos Routers).
- As Bridges conseguem encaminhar protocolos não roteáveis como por exemplo o SNA da IBM ou o LAT da Digital.

Uma das características que também deve ser considerada é a capacidade de alguns Routers funcionarem em modo Bridge, com throughputs idênticos aos conseguidos por uma Bridge nativa.

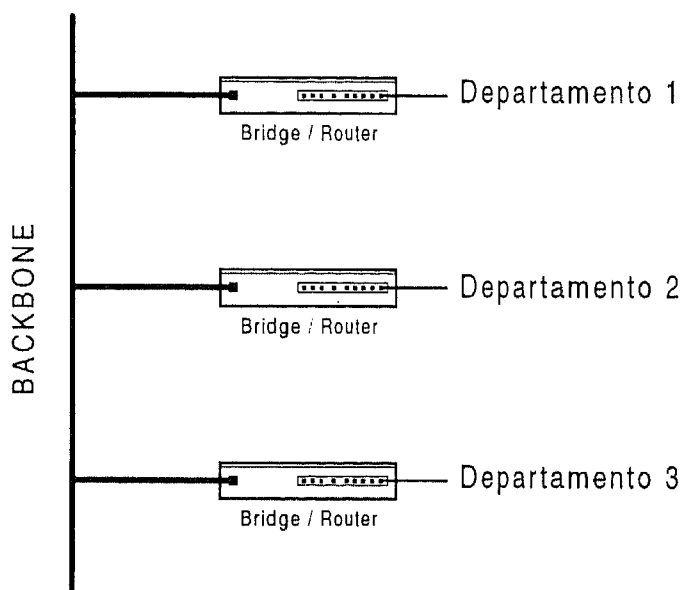
Na perspectiva do autor, a utilização de Routers com capacidade de Bridging cobre eficientemente todas as situações; note-se que os preços de mercado para ambos os dispositivos são idênticos, se consideramos um Router Local com Bridging e roteamento de IP. Como é evidente, o custo do Router aumenta com o número de protocolos que pode rotear, não só devido ao custo do software em si, como também a necessidades de ampliação de memória e outros recursos internos.

## 5.4 Introdução de um Backbone

O aumento do número de redes departamentais a interligar entre si, leva à introdução do conceito de Backbone.

Para o cenário de interligação de redes departamentais, o Backbone é um segmento Ethernet onde estão ligados todas as redes departamentais através de dispositivos de internetworking (Bridges e Routers). Realça-se novamente que, para este cenário, a intenção do Backbone é promover o tráfego esporádico de informação entre departamentos

Embora uma alternativa possível fosse a criação de uma rede de interligações em malha, a solução Backbone, ilustrada na figura que se segue, é bastante mais barata.



O facto de existir um Backbone geral, como o exemplificado na figura, não invalida a eventual necessidade de se implementarem Backbones sectoriais entre departamentos com necessidades específicas de interligação, nomeadamente no que se refere aos volumes de tráfego a trocar.

## **5.5 Acesso a Servidores Comuns. Introdução de Backbones de Alta Velocidade**

Um dos problemas que se coloca à filosofia do Backbone é o acesso a dispositivos servidores de utilização comum a todos os departamentos.

O local mais lógico de ligação de um Servidor Comum é o próprio Backbone. Se colocado numa rede departamental, o acesso a ele é feito por pelo menos dois dispositivos de internetworking, logo sujeito a maiores latências. Por outro lado, acumular-se-ão os tráfegos do departamento escolhido com o oriundo dos outros departamentos. Pela mesma razão, um servidor departamental que passe a ser usado assiduamente por outros departamentos, deve, caso as quantidades de tráfego assim o justifiquem, ser deslocado para o Backbone.

No caso de um Backbone Ethernet a 10 Mbps, é garantido que os fenómenos de congestionamento se irão sentir mais tarde ou mais cedo, com o aumento da utilização de aplicações que envolvam a movimentação de grandes quantidades de informação entre servidores e clientes.

Se o tráfego se reduzir a sessões de terminal, por exemplo Telnets efectuados sobre servidores Unix ou emulações 5250 sobre IBM AS/400, o Backbone a 10 Mbps suportará sem grandes problemas algumas centenas de sessões interactivas simultâneas sem perda notória de rendimento.

Dado que as empresas optam cada vez mais por aplicações de gestão em ambientes de processamento distribuído, mas com as suas bases de dados consolidadas em sistemas comuns, começando a abandonar as soluções apoiadas em grandes sistemas acessíveis por sessões de terminal, os Backbones deixam de ter o seu objectivo inicial, passando a ser o principal meio de transporte de informação até aos clientes dispostos nos diversos departamentos da empresa.

O aumento do número de aplicações comuns usadas, não invalida a filosofia dos servidores departamentais. É habitual que as empresas utilizem os sistemas centrais como "Core" do negócio, utilizando os servidores departamentais para serviços de "Office" e de realização de tarefas específicas.

É visível o retorno dos recursos ao centro de informática que, tendo estado quase em extinção, reaparece com um papel reforçado, ao qual também não é estranho o desenvolvimento da micro-informática. Os sistemas operativos de rede, as aplicações, os procedimentos de manutenção (p.ex. backups) e a rede em si atingiram um grau de complexidade tal que devem ser sustentados por uma equipa multidisciplinar de especialistas. Tal situação leva a que também os servidores departamentais sejam deslocados para o Centro de Informática (Network Center).

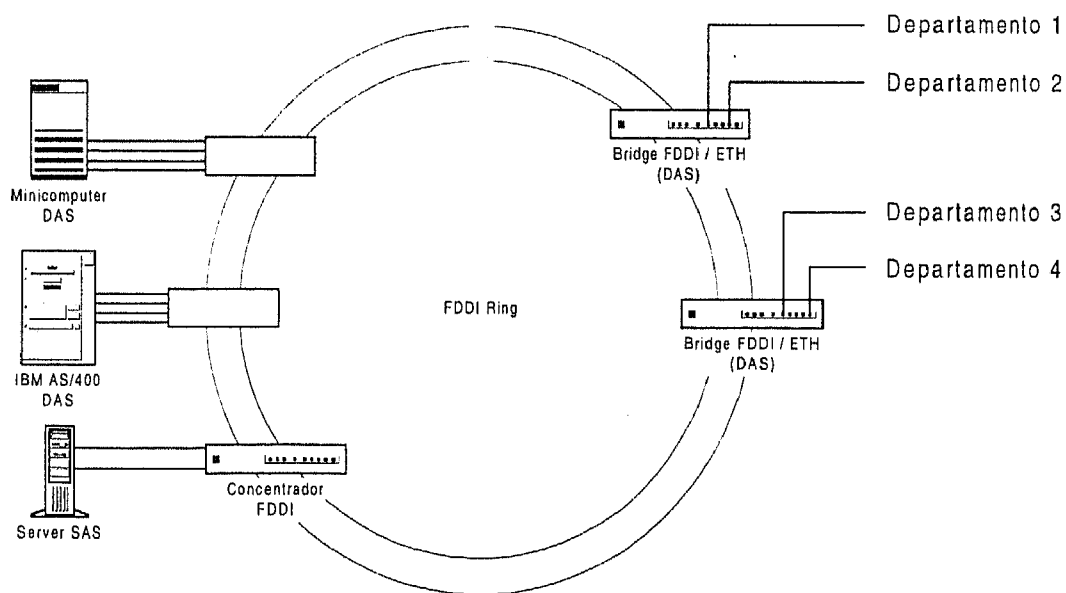
Face a este panorama, é necessário reforçar a largura de banda do Backbone.

Até a relativamente pouco tempo, a única tecnologia de alto débito disponível era o FDDI. Actualmente, estão também disponíveis as tecnologias Fast Ethernet e 100VG-AnyLan.

É importante referir que o FDDI é uma tecnologia perfeitamente consolidada, capaz de interligar 500 nós, numa dispersão de 100 Km (em fibra Multimodo) e dispendo de mecanismos de redundância, de majoração do tempo de acesso ao meio e de gestão de prioridades.

Com estas características, o FDDI é um excelente escolha para backbone, nomeadamente em campus com áreas elevadas.

Praticamente todos os grandes fabricantes de equipamentos activos de LAN oferecem Bridge/Routers com interfaces FDDI DAS (Dual-Attachment) e Ethernet. Complementarmente, é razoável a oferta de cartas de rede FDDI (Dual e Single -Attachment) para equipamentos informáticos de arquitecturas diversas, permitindo a ligação dos servidores e de clientes com requisitos especiais directamente à rede ou através de concentradores FDDI (caso dos interfaces Single-Attachment).



## 5.6 A 10Base-T e a Cablagem Estruturada

Na opinião do autor, foi a recomendação 10Base-T que abriu caminho aos desenvolvimentos registados nos últimos anos nas tecnologias de LAN.

A recomendação 10Base-T introduziu nas recomendações Ethernet uma topologia em estrela, em que cada DTE é alimentado por um link privativo, oriundo de um concentrador que, na sua versão mais básica, é um repetidor multi-portas.

Outra das inovações introduzidas com o 10Base-T foi a separação entre a emissão e a recepção dos sinais Ethernet, conduzidos por pares independentes do mesmo cabo, o que permitiu não só a simplificação dos mecanismos de detecção de colisões, como também a implementação de um mecanismo de verificação da continuidade do link individual de cada DCE.

As vantagens de utilização de uma topologia em estrela são bem conhecidas, realçando-se:

- a sua capacidade de adaptação a qualquer tipo distribuição física dos clientes na empresa e a posteriores mudanças
- a possibilidade de implementar uma infra-estrutura de cabos, terminada em tomadas e abrangendo todo o edifício, permitindo uma fácil ligação de novos clientes Ethernet 10Base-T.
- a fácil localização de avarias. Além disso, o isolamento de um dos links de distribuição para os clientes, não afecta o funcionamento da rede. Numa implementação em barramento, um isolamento num segmento incapacita, pelo menos, as comunicações de todos os clientes a ele ligados

Com a introdução do 10Base-T, a Ethernet, a Token-Ring e a distribuição de Serviços telefónicos passaram a partilhar uma topologia física de rede comum, o que impulsionou o desenvolvimento de Sistemas Genéricos de Cablagem (ver o ANEXO II), capazes de suportar simultaneamente aqueles e outros serviços.

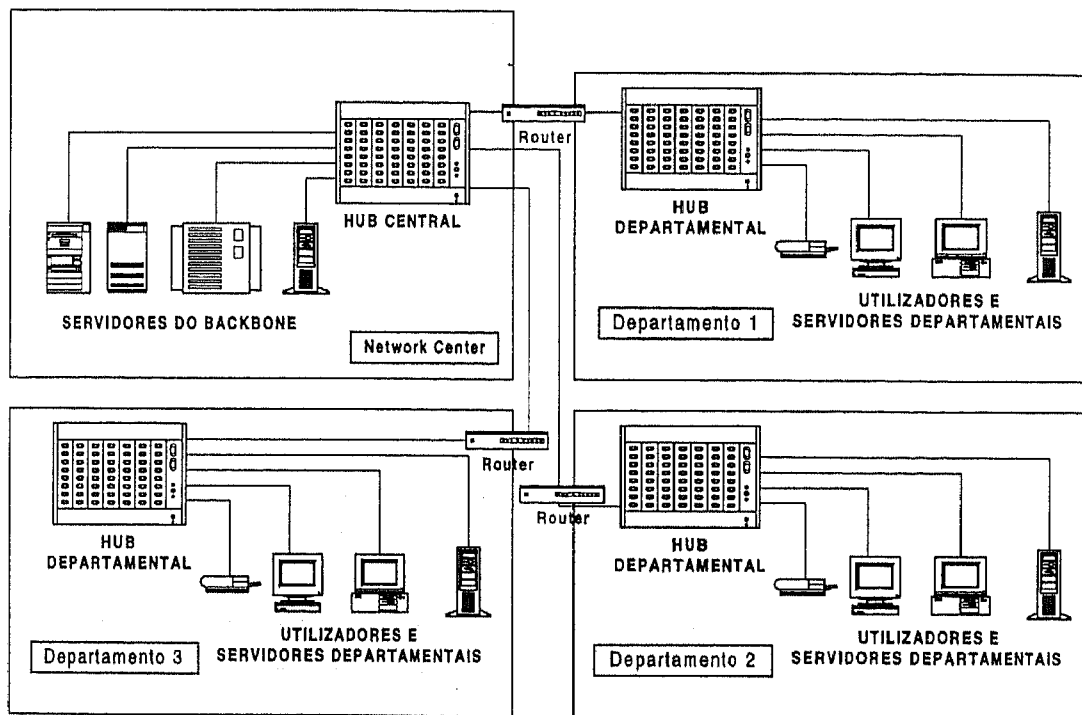
A individualização dos links para cada DTE, abre caminho às tecnologias de switching que serão descritas na próximas alíneas.

A individualização dos links e a separação entre a emissão e a recepção, abrem caminho à implementação da Ethernet Full-Duplex.

## 5.7 Tecnologias de Switching

### 5.7.1 Configuration Switching

A figura que se segue apresenta uma implementação de uma rede Ethernet a 10Base-T sobre uma cablagem estruturada. Note-se que o Backbone não tem existência real, sendo implementado virtualmente pelo HUB CENTRAL localizado no Network Center (Centro de Informática).

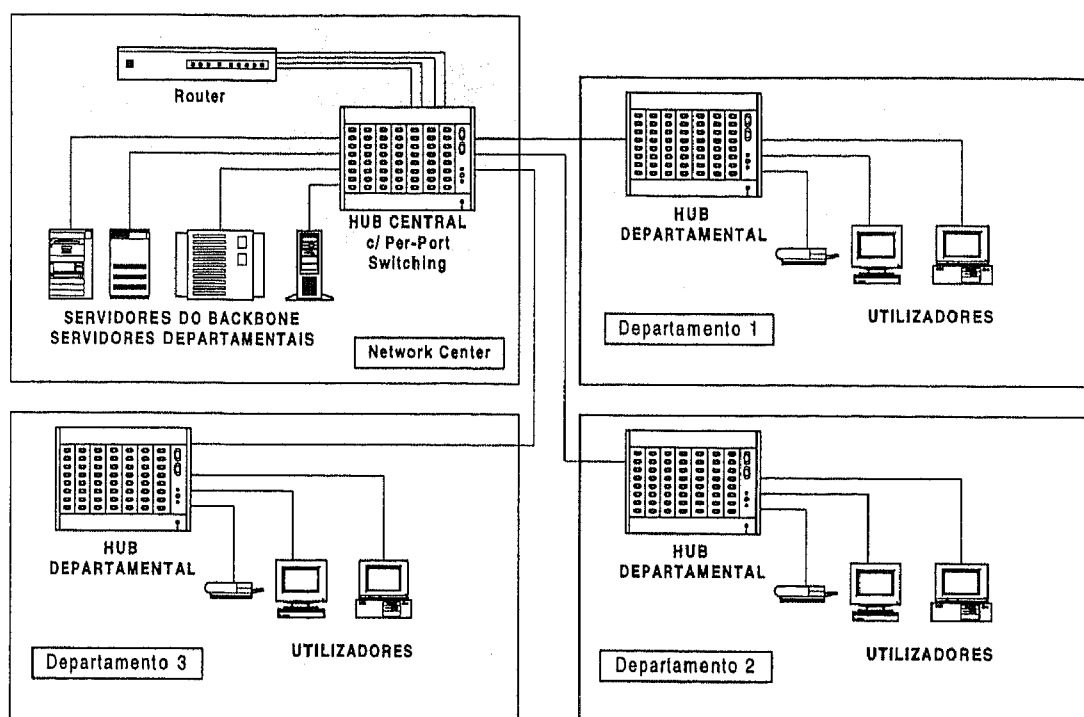


Uma das situações já referidas é a implantação física dos servidores departamentais que, embora utilizados quase em exclusivo por um grupo restrito de clientes (o departamento) estão, por diversas razões, localizados no Centro de Informática.

Partindo do exemplo da figura, vejamos as consequências da deslocação de um servidor departamental da sua rede original para o Network Center:

1. O tráfego entre os clientes e o servidor passa a efectuar-se através do Router, o que causa latências adicionais na propagação dos sinais.
2. O tráfego oriundo do departamento em causa vai-se acumular com o tráfego de utilização dos servidores comuns, degradando a performance conjunta.

A figura que se segue apresenta uma solução em que o HUB CENTRAL, inicialmente limitado a funções de repetidor multi-portas é substituído por um HUB INTELIGENTE, com capacidade de Configuration Switching (também designado por Per-Port Switching).



Um Hub com Configuration Switching contém no seu backplane vários segmentos Ethernet independentes aos quais é possível associar por parametrização qualquer das suas portas Ethernet (uma porta não pode, como é evidente, ser associada a mais do que um segmento). No fundo, o Per-Port Switching permite criar num mesmo equipamento vários repetidores multi-portas virtuais e independentes entre si.

Em suma, para individualizar num domínio de colisões um departamento e o seu servidor departamental localizado no Network Center, basta associar por parametrização um segmento do backplane do Hub Per-Port Switching, a porta onde está ligado o servidor, a porta onde liga o down-link que serve o Hub departamental e, se necessitar de conectividade com o backbone e com os outros departamentos, a porta onde será ligado o Router.

Pela forma como são criados os domínios de colisões e pela localização do Router, chama-se a este tipo de implementação um **Collapsed Backbone**.

Actualmente, é grande a oferta de Hubs com capacidade Per-Port Switching com um número variável de segmentos no backplane. Alguns deles são modulares, disponibilizando além das placas com portas Ethernet, placas com Routers (evitando o uso de Routers externos) e com Bridges FDDI/Ethernet.

Além destes equipamentos, existem Hubs com capacidade de Per-Hub Switching. Trata-se de equipamentos interligados por links proprietários que transportam vários segmentos Ethernet. Por parametrização é possível definir a que segmento Ethernet do link pertence cada Hub.

O exemplo de Per-Port Switching atrás dado pode ser desenvolvido, alargando essa capacidade para os Hubs departamentais.

Suponhamos que se trata da criação de um grupo de trabalho interdepartamental que vais utilizar em exclusivo um servidor disponibilizado no Network Center.

Se os Hub departamentais permitirem Per-Port Switching, posso associar os utilizadores de cada departamento que vão pertencer ao grupo de trabalho num segmento isolado, tendo que garantir um up-link privado até ao Network Center. No Network Center promovo a associação dos links oriundos de cada departamento e associados ao grupo de trabalho com a porta onde está ligado o servidor e com um segmento do backplane.

### 5.7.2 Switching Dinâmico

A principal característica de um Switch é a sua capacidade de transmitir informação simultaneamente entre dois conjuntos de portas. Na alínea anterior, esta capacidade resultava da presença de vários segmentos Ethernet aos quais eram associadas por parametrização portas Ethernet.

Suponhamos que o referido conjunto de segmentos é substituído por uma matriz de comutação capaz de promover a ligação de qualquer porta com as restantes portas, feita de tal forma que é possível em qualquer instante a associação das portas em pares (p.ex. num switch de 16 portas, é possível a existência de 8 ligações simultâneas entre duas portas[Matriz Non-Blocking]).

Se o dispositivo, além da matriz, tiver mecanismos que lhe permitam criar tabelas de correspondência entre os endereços MAC dos Clientes e as portas por onde as tramas enviadas por eles são recebidas, é possível, por análise do Destination Address de cada trama saber para que porta ela deve ser enviada. Note-se que o mecanismo de auto-aprendizagem é semelhante ao das Bridges Ethernet e ao dos repetidores 100VG-AnyLan. Tal como nestes, a trama, suposta Unicast, é apenas repetida para uma das portas do Switch.

O mecanismo de decisão de encaminhar ou não uma trama é feito, tal como nas Bridges por análise do Destination Address. A diferença é que o Switch não só pode isolar o tráfego, não deixando passar tramas de tráfego local da rede ligada a cada porta, como também consegue encaminhar simultaneamente tráfego entre pares de portas distintas.

Existem 3 tipos de Switches dinâmicos:

- Cut-Through

Estes Switches apenas analisam a trama de entrada até ao Destination Address da subcamada MAC. O endereço lido é cruzado com a tabela de correspondências Endereço Porta, sendo imediatamente iniciado o processo de repetição para a porta onde se encontra ligado o destinatário. No caso de aparecimento de um destinatário desconhecido ou de uma trama de broadcast, a trama é repetida para todas as portas.

Dado que não é verificado se a trama contém erros, as tramas erradas são também repetidas.

- Store-and-Forward

Estes Switches são, a menos das múltiplas ligações, funcionalmente idênticos às Bridges. Cada trama é recebida na totalidade, sendo verificado se contém ou não erros. O mecanismo de selecção da porta é idêntico ao já referido. As tramas com erros são descartadas. Os Switches utilizam sempre este método entre portas de diferentes velocidades e entre portas que, embora com velocidades idênticas, forneçam num lado um serviço Full-Duplex e no outro um serviço Half-Duplex.

- Adaptativo

O Switch adaptativo tem a capacidade de funcionar nos dois modos já referidos entre portas de iguais características. Numa situação normal, a comutação é feita em Cut-Through, embora a trama seja analisada na totalidade por um mecanismo auxiliar. Se a taxa de erros das tramas recebidas por uma porta ultrapassar um determinado nível, o modo de funcionamento passa a Store-and-Forward. O retorno ao modo Cut-Through é automático, logo que a taxa de erros desça abaixo do limiar de decisão.

Tal como no caso das Bridges, os Switches dinâmicos implementam um algoritmo de Spanning-Tree que permite a criação de encaminhamentos redundantes, sem a ocorrência de recirculação de tramas.

Uma das características atractivas de alguns Switches é a inclusão de portas de alta velocidade normalmente Fast Ethernet. Alguns Switches permitem que as portas de alta velocidade funcionem em modo standard ou em modos "enhanced" que, não só disponibilizam maiores velocidades, como também controlo fluxo entre Switches por eles interligados. Estes modos são proprietários, e não permitem a interligação de equipamentos de fabricantes diferentes (e algumas vezes nem entre modelos diferentes do mesmo fabricante).

### 5.7.2.1 Comparação entre Switches, Bridges e Routers

- Como já foi referido, a existência de caminhos alternativos pode dar origem numa implementação à base de Switches (e de Bridges) a recirculação de tramas. Um algoritmo de Spanning-Tree impede a ocorrência desse fenómeno, tornando activo apenas um caminho entre dois pontos da rede.

No caso de utilização de Routers, é possível promover a distribuição de tráfego (Load-Balancing) entre os caminhos alternativos.

- O processo de determinação de caminhos é, quer no caso dos Switches quer no caso das Bridges, primário, se comparado com as possibilidades dos Routers.
- Os Switches não promovem o isolamento de tráfego broadcast e multicast entre segmentos, enquanto que os routers por funcionarem na camada 3 do modelo OSI (os Switches e as Bridges funcionam na camada 2), promovem esse isolamento.
- No que se refere à segurança, embora alguns Switches disponibilizem a criação de filtros, estes estão limitados à informação contida no Nível 2, tal como endereços , tipo de protocolo, tamanho do pacote, etc.. Um Router consegue implementar a segurança ao nível da camada 3, autorizando ou negando o encaminhamento da informação por análise, por exemplo, dos sockets TCP/IP
- Os Routers são menos limitados no que se refere ao tipo de interfaces que disponibilizam, permitindo segmentar/assemblar a informação de modo a poder adaptar os MTUs preferidos em cada interface, maximizando o rendimento da ligação
- Os Switches apresentam uma performance bastante superior à dos Routers, devido à inexistência do overhead de processamento na camada 3. Apresentam melhores performances que as Bridges, não só pela capacidade de Cut-Through, como também por permitirem vários encaminhamentos simultâneos.
- Os Switches permitem a criação de redes virtuais (VLANs), correspondentes a domínios de broadcast, limitando a difusão de os Broadcast de cada LAN virtual às portas que dela fazem parte.

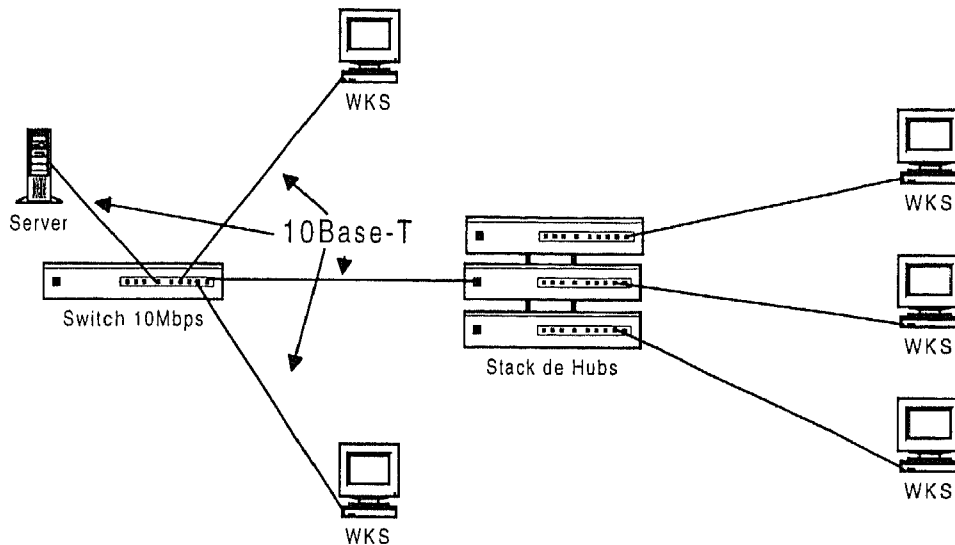
Actualmente, muitos dos Switches disponibilizam facilidades suplementares que os aproximam dos Routers:

- Reconhecimento e conversão automática de tipos de pacotes, permitindo a conversão de pacotes de tipos diferentes, por exemplo de Ethernet para FDDI.
- Filtros de Supressão de Broadcasts. Esta facilidade permite limitar o tráfego de broadcast que pode ser encaminhado para uma porta num determinado intervalo de tempo.
- Suporte a Multicasts. Com esta facilidade é possível associar as portas do Switch em grupos de multicast. Só tem aplicação quando os protocolos de alto nível funcionam com multicasts.
- Funções de Routing. Alguns Switches, designados muitas vezes por Switches de Nível 3, implementam subconjuntos das facilidades de alguns protocolos de nível 3, o que permite uma melhor gestão dos broadcasts dos protocolos contemplados e uma melhor eficiência na determinação dos encaminhamentos. Além disso, permitem a criação de redes virtuais de Nível 3, associando os clientes com base nos endereços lógicos dos protocolos de nível 3 e não com base nos endereços físicos (MAC).

### 5.7.2.2 Exemplos de Utilização de Switching Dinâmico

A figura que se segue apresenta uma rede onde se aplicou um Switch Ethernet a 10 Mbps.

Sem mais dados é impossível dizer se a aplicação de um Switch trouxe ou não quaisquer vantagens notórias.



#### Caso 1

Suponhamos que se trata de uma aplicação cliente servidor e que não há tráfego "peer-to-peer" entre as workstations.

Nesta situação, a presença do Switch não trás, no que toca à eficiência da resposta do servidor, qualquer benefício pois todo o tráfego se dirige e é originado numa porta.

No que toca aos clientes a situação é diferente. Os clientes ligados ao Stack de Hubs partilham entre si uma banda de 10 Mbps num domínio de colisões, enquanto que os clientes ligados directamente ao Switch beneficiam de links não partilhados e isentos de colisões. Estes últimos clientes são nitidamente beneficiados no acesso ao servidor.

Uma medida que pode ser tomada de imediato é desfazer o Stack e interligar cada Hub directamente ao Switch, diminuindo o número de utilizadores que partilham o mesmo domínio de colisões.

Como é evidente, esta solução não traz vantagens e ainda causa desequilíbrios na atribuição da banda.

## Caso 2

Ainda baseado na figura anterior, suponhamos que continua a existir a aplicação cliente servidor, assim como tráfego “peer-to-peer” entre as workstations ligadas ao Hub.

Nesta situação, o Switch isola o tráfego Unicast do domínio de colisões centrado no Hub da restante rede. Continuam os desequilíbrios de acesso ao servidor, agravados agora pelo tráfego peer-to-peer nos postos de trabalho ligados ao Hub.

Uma melhoria nas distribuições de banda de acesso ao servidor e para tráfego peer-to-peer seria conseguida, tal como no caso anterior, desfazendo o Stack e promovendo ligações directas entre o Switch e cada Hub.

## Caso 3

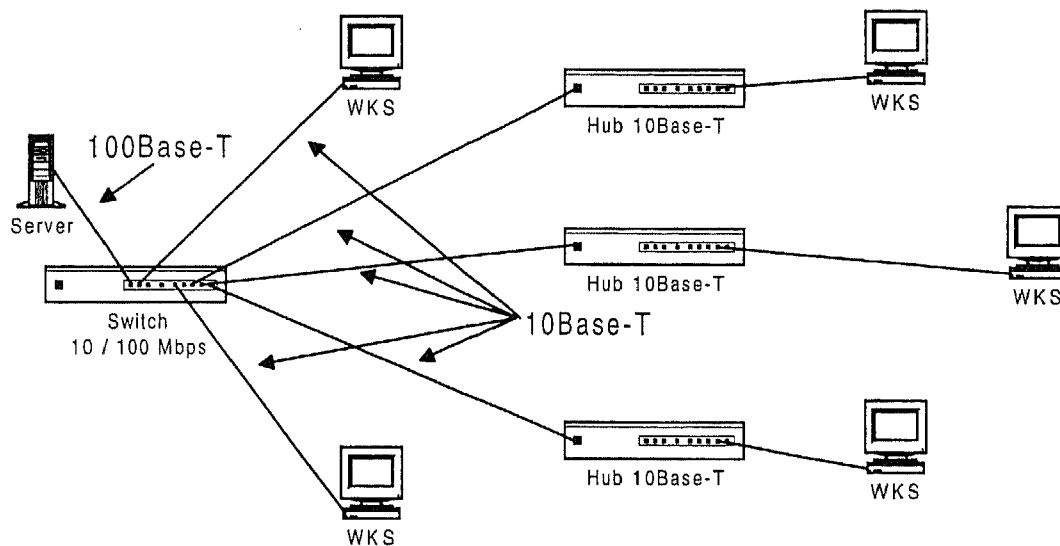
Ainda baseado na figura anterior, passam a existir 3 aplicações cliente servidor, uma residente na máquina designada por SERVER e as outras duas nas máquinas que nos exemplos anteriores tinham sido consideradas como clientes directamente ligados ao Switch.

A única vantagem da solução é que os servidores se encontram individualmente em links onde não há colisões. A banda que os clientes dispõem para acesso aos 3 servidores continua a ser 10 Mbps, a partilhar entre eles.

Supondo que cada cliente usa preferencialmente um determinado servidor, a forma de tirar o máximo de rendimento da solução da figura, passa pela reconfiguração das ligações:

- Desfazer o Stack e promover a ligação directa de cada Hub ao Switch
- Concentrar em cada um dos Hubs os utilizadores que usam prioritariamente um determinado servidor

A figura que se segue apresenta uma rede onde se aplicou um Switch Ethernet a 10/100 Mbps. Neste caso, o servidor é ligado directamente ao Switch através de uma porta a 100 Mbps. Com este arranjo, o servidor será capaz de suportar teoricamente 10 fluxos de informação "simultâneos" de e para as portas a 10 Mbps do Switch. No caso concreto da figura, o número de fluxo é 5, correspondentes aos domínios de colisões definidos.



## 6. Protocolos de Níveis 3 e superiores

O projecto de uma rede deve ter em linha de conta os protocolos que vão ser responsáveis pelo transporte da informação.

Todos os protocolos usam tramas de broadcast e de unicast para anunciarem os seus serviços e/ou para localizarem recursos dos quais necessitam informação (p.ex. o seu endereço, as facilidades disponibilizadas, etc.)

As Bridges e os Switches são, a menos de algumas características limitadores, totalmente transparentes aos Broadcasts e aos Multicasts.

Mesmo quando se utilizam técnicas de filtragem, as tramas a filtrar têm que ser judiciosamente escolhidas, sob o risco de tornar invisíveis alguns serviços fora da subrede onde se encontram.

Sempre que é necessário proceder a uma separação eficiente de Broadcasts é necessário recorrer a Routing.

No entanto, há que considerar que nem todos os protocolos são roteáveis, o que obriga a que o Routers disponibilizem também serviços de Bridging.

A introdução do Routing levanta alguns problemas. Vejamos o caso do IP: as subredes nas portas do Router têm que necessariamente ter endereços diferentes.

Quando se tratam apenas de duas redes, a definição de uma rota estática é suficiente, sendo facilmente gerível qualquer modificação.

Quando o número de routers e de subredes IP aumenta, a tarefa de gestão das rotas estáticas torna-se complexa, requerendo fundamentalmente um registo cuidado das rotas definidas em cada Router. A alternativa é a activação de um protocolo de Routing, gerador de periódico de broadcasts.

No caso do IPX, protocolo usado em ambientes operativos de rede Novell Netware, o problema dos Broadcast é complexo.

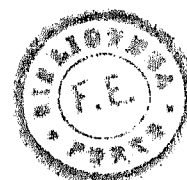
Toda a filosofia de funcionamento do Netware baseia-se no anúncio periódico dos serviços que cada dispositivo disponibiliza, através do seu protocolo SAP (Service Advertisement Protocol).

Duas opções são possíveis: acabar com o IPX na rede (a Novell disponibiliza o Netware IP que pode substituir o IPX, com uma ligeira degradação de performances) ou promover uma filtragem dos Broadcasts SAP ao nível do Router, tornando invisíveis recursos que não são utilizados fora das suas subredes (por exemplo impressoras, máquinas de bases de dados, sistemas de backup, etc.).

/

No que se refere aos restantes protocolos, deverão ser sempre utilizados cuidados especiais, como por exemplo: a introdução de um Router pode afectar a definição de zonas de uma rede AppleTalk, da mesma forma, que a activação de serviços de Bridging entre subredes que contêm redes Appletalk autónomas pode redundar em problemas para ambas, a menos que seja promovida uma filtragem eficiente de tramas Ethernet\_SNAP.

Como tal, qualquer solução introduzida requer, na grande maioria dos casos, ajustes de pormenor, que deverão ter em linha de conta os dados de tráfego recolhidos com a rede em plena exploração.



# **ANEXO I**

CARACTERIZAÇÃO DO TRÁFEGO DE DADOS

## Índice

|                                                           |    |
|-----------------------------------------------------------|----|
| 1. Caracterização do tráfego de dados.....                | 3  |
| 2. Tráfego CBR.....                                       | 4  |
| 1.2 Procura de serviços CBR.....                          | 5  |
| 1.2.1 Voz.....                                            | 5  |
| 1.2.2 Vídeo .....                                         | 7  |
| 1.2.2.1 Vídeo de difusão.....                             | 7  |
| 1.2.2.2 Videoconferência .....                            | 7  |
| 1.2.2.3 Vídeo interactivo .....                           | 9  |
| 3. Tráfego VBR.....                                       | 10 |
| 3.1 Simplificações possíveis e as suas consequências..... | 11 |
| 3.2 Aplicações de dados.....                              | 11 |
| 3.2.1 LANs e a sua interligação .....                     | 12 |
| 3.2.1.1 Introdução.....                                   | 12 |
| 3.2.1.2 Caracterização do tráfego associado às LANs ..... | 13 |
| 3.2.1.2.1 Tráfego em ETHERNET .....                       | 13 |
| 3.2.1.2.2 Tráfego em TOKEN-RING .....                     | 14 |
| 3.2.1.2.3 Conclusões .....                                | 15 |
| 3.2.1.3 A WAN .....                                       | 16 |
| 3.2.2 Aplicações interactivas .....                       | 17 |
| 3.3 Aplicações multimédia .....                           | 19 |
| 4. Referências.....                                       | 21 |

## 1. Caracterização do tráfego de dados

O tráfego de dados é caracterizado fundamentalmente pelo Débito Binário associado.

Um serviço é caracterizado pela:

- sensibilidade do receptor aos atrasos de propagação e
- à variabilidade desses atrasos

No que se refere ao Débito Binário há que considerar dois tipos de tráfego:

- CBR (Constant Bit Rate)
- VBR (Variable Bit Rate)

A caracterização de tráfego CBR é imediata, pois o seu débito binário é constante ao longo do tempo.

O Tráfego VBR pode ser caracterizado de uma forma simplificada por um Débito Binário Médio e um Débito Binário de Pico. De acordo com o ITU-T, o quociente entre o Débito Binário de Pico e o Débito Binário Médio define o grau de *burstiness* do sinal.

## 2. Tráfego CBR

O tráfego CBR é gerado normalmente por fontes de voz, áudio, *fac-similae* e vídeo, sendo os débitos binários associados, sem recurso a técnicas de compressão, apresentados na tabela.

| Serviço                                                | Débito (Bps) | Observações                                   |
|--------------------------------------------------------|--------------|-----------------------------------------------|
| Voz ([300; 3400]Hz)                                    | 64 K         |                                               |
| Áudio HI-FI estereofónico                              | 1,4 M        | $f_s = 44,1$ KHz (Qualidade CD)               |
| Vídeo 1/4 ecrã, baixa resolução (tempo real)           | 2,074 M      | 128 x 128 pixels, 9 bit/pixel, 15 tramas/seg  |
| Vídeo 1/4 ecrã, alta resolução (tempo real)            | 4,147 M      | 240 x 128 pixels, 9 bit/pixel, 15 tramas/seg  |
| Vídeo <i>full screen</i> , alta resolução (tempo real) | 8,294 M      | 240 x 128 pixels, 9 bit/pixel, 30 tramas/seg  |
| Server de vídeo, baixa resolução (tempo diferido)      | 7,603 M      | 352 x 240 pixels, 9 bit/pixel, 10 tramas/seg  |
| Server de vídeo, qualidade VCR                         | 60,825 M     | 352 x 240 pixels, 24 bit/pixel, 30 tramas/seg |
| Server de vídeo, qual. estúdio                         | 221,184 M    | 640 x 480 pixels, 24 bit/pixel, 30 tramas/seg |
| HDTV                                                   | 800 M        | 1.125 linhas, 24 bit/pixel, 30 tramas/seg     |
| Fax do Grupo III                                       | 14,4 K       |                                               |
| Fax do Grupo IV                                        | 64 K         |                                               |
| Faxes proprietários, Scanners                          | 1,5 M        |                                               |

É possível verificar que alguns sinais CBR têm débitos que ocupam uma parte importante da largura banda disponibilizada pelas LANs da 1ª geração ( $\approx 10$  Mbps), enquanto que os sinais de vídeo de alta qualidade ultrapassam, em muito, esse valor.

É conveniente salientar que os serviços de áudio e vídeo são os que são mais afectados pelos atrasos de propagação e pela sua variabilidade. A garantia de atrasos de propagação pequenos e com baixa variabilidade não é contemplada na grande maioria das LANs de 1ª geração, fundamentalmente pensadas para tráfego de dados com tramas de comprimento variável, onde as questões temporais são secundárias.

Tais débitos não podem ser entregues directamente a estruturas clássicas de WAN, não só por falta de oferta por parte dos operadores para a grande maioria dos casos, como também, em caso de existência de um serviço satisfatório, pelo seu preço proibitivo.

A introdução de técnicas de processamento de sinais (Digital Signal Processing) permitiu diminuir notoriamente os requisitos de largura de banda dos sinais digitais provenientes de fontes analógicas, nomeadamente os de áudio e de vídeo. Recorrendo a técnicas de redução de redundâncias ou de minimização/eliminação de informação associada a aspectos menos significativos, é actualmente possível transportar os sinais com débitos apresentados na tabela:

| Serviço                                           | Débito (Bps) | Observações                                   |
|---------------------------------------------------|--------------|-----------------------------------------------|
| Voz ([300; 3400]Hz)                               | < 8 k        |                                               |
| Vídeo 1/4 ecrã, baixa resolução (tempo real)      | 64 k         | 128 x 128 pixels, 9 bit/pixel, 15 tramas/seg  |
| Vídeo 1/4 ecrã, alta resolução (tempo real)       | 384 k        | 240 x 128 pixels, 9 bit/pixel, 15 tramas/seg  |
| Vídeo full screen, alta resolução (tempo real)    | 2 M          | 240 x 128 pixels, 9 bit/pixel, 30 tramas/seg  |
| Server de vídeo, baixa resolução (tempo diferido) | 384 k        | 352 x 240 pixels, 9 bit/pixel, 10 tramas/seg  |
| Server de vídeo, qualidade VCR                    | 1,1 M        | 352 x 240 pixels, 24 bit/pixel, 30 tramas/seg |
| Server de vídeo, qual. estúdio                    | 4 M          | 640 x 480 pixels, 24 bit/pixel, 30 tramas/seg |
| HDTV                                              | 60 a 127 M   | 1.125 linhas, 24 bit/pixel, 30 tramas/seg     |

Face à redução dos débitos por utilização de técnicas de compressão, é viável o transporte de alguns tipos de sinais em ambientes LAN e mesmo WAN.

Como já foi referido, é também necessário considerar os atrasos e a sua variabilidade de modo a preservar a relação temporal entre os sinais na fonte e no destino.

## 1.2 Procura de serviços CBR

Nem todos os serviços referidos na alínea anterior estão nos planos imediatos ou a prazo da grande maioria das Empresas.

### 1.2.1 Voz

No caso dos serviços de Voz ainda existe uma demarcação vincada entre os conceitos a eles associados e os conceitos associados aos serviços de dados, embora a interacção entre sistemas seja crescente.

Uma maior ou menor interacção está patente em algumas Empresas através da:

- Existência de cablagens (estruturadas) com capacidade de suporte para serviços de voz, de dados e outros
- Partilha de ambientes WAN privados para trânsito de voz e de dados, recorrendo a técnicas de multiplexagem
- Utilização das redes telefónicas públicas (p.ex. o ISDN/RDIS) ou privadas para serviços de dados
- CTI (Computer and Telephone Integration)
- Videoconferência

A introdução de técnicas de transporte capazes de responder aos requisitos de diversos serviços (p.ex. o ATM) pode acelerar a sua integração. No entanto, a médio prazo, a integração será orientada fundamentalmente para o ambientes WAN e de Backbone, por substituição dos equipamentos de multiplexagem menos flexíveis e inerentemente mais caros.

A integração do transporte ao nível da distribuição em cada localização ou departamento para cada ponto de utilização depende de um grande número de factores onde prevalece a falta de convergência entre os fabricantes de equipamentos telefónicos (comutação e terminais) e de dados.

Até ao momento e por um prazo mais ou menos dilatado, telefones e computadores coexistirão nos locais de trabalho, embora possam aparecer soluções com aparelhagem integrada (p.ex. computador, placa de som com altifalantes, microfone e microtelefone, placa de ligação à rede telefónica, placa de ligação à rede de dados, aplicação para comando da parte telefónica) ligados à rede e à central de comutação telefónica por circuitos independentes.

A demarcação está também patente no actual estágio de desenvolvimento do CTI. A interligação entre os sistemas telefónico e de dados é feita entre o PPCA e o servidor da aplicação CTI, permitindo:

- que as aplicações informáticas recebam estímulos do PPCA, por exemplo:

Numa chamada de entrada, face ao número do chamador, transferir para a extensão do técnico comercial que lhe está atribuído e abrir uma aplicação de gestão na ficha de cliente correspondente ao número chamador

- que o PPCA receba estímulos das aplicações informáticas, por exemplo:

A aplicação CTI afixa num posto de trabalho uma lista telefónica. Em vez de digitar o número pretendido no terminal telefónico, o operador do posto selecciona na aplicação um cliente. A aplicação transmite ao PPCA uma ordem de marcação do número telefónico do cliente pretendido. Logo que o chamado atenda, é estabelecida a conversação com a extensão telefónica do operador.

Como está patente, o CTI não substitui o PPCA ou as extensões telefónicas, comportando-se como uma ferramenta de integração das funcionalidades de dois sistemas distintos.

## 1.2.2 Vídeo

### 1.2.2.1 Vídeo de difusão

A distribuição generalizada de vídeo de difusão em tempo real não faz parte dos requisitos actuais da grande maioria das Empresas.

Quando muito aparece associado a departamentos de formação e a salas de entretenimento, optando-se tipicamente por uma rede privativa de suporte à distribuição de vídeo analógico.

Em Empresas que ocupam vários edifícios num *campus* tem sido crescente a procura de sistemas de distribuição que utilizem os *backbones* já instalados, embora, na grande maioria dos casos, em circuitos independentes dos utilizados para dados.

Tal como no caso da voz, a introdução de técnicas de transporte capazes de responder aos requisitos de diversos serviços (p.ex. o ATM) pode acelerar a integração da distribuição de vídeo de difusão com o transporte de dados.

No entanto, os requisitos de largura banda e de isocronismo entre sinais, associados ao facto das fontes ainda serem na quase totalidade analógicas e à necessidade de transmissão de vários canais em simultâneo, fazem com que a escolha recaia, ainda por um prazo que se prevê dilatado, sobre soluções não integradas.

### 1.2.2.2 Videoconferência

Na realidade a videoconferência é uma solução de Groupware que integra vários serviços:

- Vídeo
- Voz e, em alguns casos, áudio Hi-Fi
- Partilha de documentos e, em alguns casos, de aplicações.

Originalmente concebida para ser utilizada em estúdios, o seu âmbito acabou por ser alargado ao desktop, graças aos avanços conseguidos na algoritmia de compressão e nas técnicas DSP. Como é evidente, a este alargamento não é estranha a introdução do ISDN/RDIS, disponibilizando circuitos comutados digitais a N x 64 Kbps, nem o aparecimento de computadores com cada vez mais recursos e poder de cálculo.

A videoconferência é incluída nos serviços CBR dada a presença do áudio e do vídeo, sendo este último o grande responsável pelos requisitos de largura de banda. Deve, no entanto, ser realçado o facto de/ os serviços de videoconferência também poderem beneficiar das novas técnicas de compressão de áudio e vídeo geradoras de débitos binários variáveis.

Podemos considerar que a videoconferência de estúdio, face aos meios específicos envolvidos, aos requisitos técnicos e às exigências de qualidade de serviço por parte dos utilizadores, não se presta, por enquanto, a uma integração com as comunicações de dados ao nível departamental.

Como no caso dos serviços anteriores, a integração é apenas procurada ao nível da WAN e dos Backbones.

No que se refere à videoconferência de desktop, e dada a sua introdução recente ( $\approx 2$  anos), ainda não é possível ter uma noção exacta das pretensões das Empresas Nacionais.

Enquanto que no caso da videoconferência de estúdio a informação é transmitida em circuitos digitais RDIS, com débitos entre 384 (H0) e 2048 kbps (E1), para o caso desktop existem produtos que permitem o estabelecimento da videoconferência sobre acessos básicos RDIS ou sobre LANs.

As implementações sobre LANs têm despertado interesse por parte das Empresas com instalações geograficamente dispersas interligadas em WAN, pois permitiriam de uma forma relativamente económica dotar o seu pessoal chave de serviços de videoconferência de qualidade razoável. Embora a largura de banda ocupada não seja elevada (128 kbps apresentam resultados muito satisfatórios), o problema chave reside na incapacidade de manter os valores dos atrasos e da sua variabilidade dentro de uma gama de valores razoáveis.

As soluções baseadas sobre RDIS, potencialmente capazes de melhores resultados, embarram com a forma como são implementadas as extensões digitais dos PPCAs. Embora o seu modo de funcionamento seja semelhante ao RDIS, apresentando débitos e características idênticas, os protocolos de sinalização são proprietários, não permitindo a ligação de cartas RDIS.

Alguns fabricantes de PPCAs disponibilizam extensões standardizadas RDIS, que permitiriam a ligação, entre outros, das placas associadas à videoconferência. Como é evidente, este requisito agrava ainda mais a relação custo/ benefício que, per si, ainda é muito desfavorável.

### **1.2.2.3 Vídeo interactivo**

A procura de serviços de vídeo interactivo tem-se praticamente limitado a Empresas ou departamentos ligados à formação, sendo utilizado em acções de Ensino Assistido por Computador, aparecendo tipicamente associado (embutido) em aplicações multimédia.

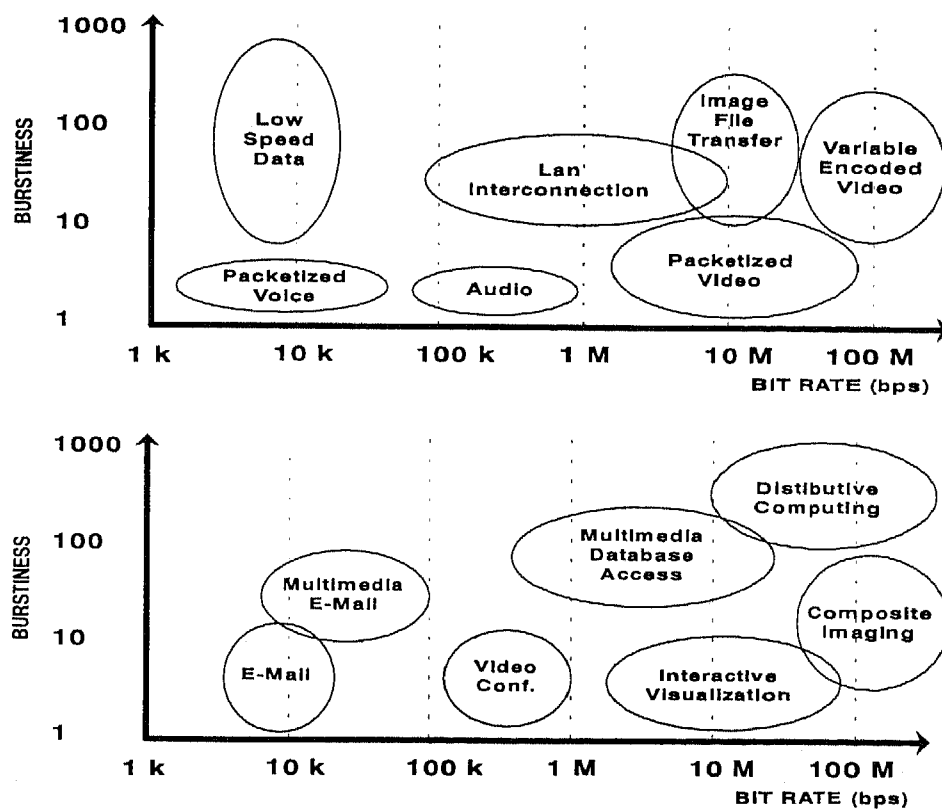
Até ao momento, e excluindo algumas experiências piloto, não têm sido procurados pelas Empresas serviços de vídeo interactivo em larga escala, baseados em Vídeo Servers.

A procura tem-se limitado a sistemas que permitam a partilha dos seus suportes (tipicamente CD-ROMs) por vários utilizadores. Tal é feito associando uma JUKE-BOX de leitores de CD-ROM a um servidor, sendo os ficheiros associados ao vídeo partilhados através de uma LAN. Note-se que são normalmente vídeos de curta duração, em que a resolução necessária é limitada e em que é pouco importante um controlo rigoroso da variabilidade do atraso de propagação.

### 3. Tráfego VBR

O tráfego gerado numa rede pelas aplicações informáticas é geralmente de dois tipos:

- Débito binário constante durante os períodos de actividade que surgem separados por períodos de silêncio, como por exemplo o tráfego gerado por uma workstation numa rede, em que os dados a transmitir são emitidos à velocidade agregada ao canal de transmissão, seguindo-se um período de silêncio enquanto não há informação a transmitir (ou enquanto o protocolo associado à rede não permite essa transmissão)
- Transmissão contínua com débito variável ao longo do tempo. Este tipo de tráfego aparece tipicamente associado a algoritmos de compressão de som e imagem, como por exemplo os resultantes da aplicação de técnicas DPCM, de minimização de redundâncias temporais e espaciais, de compensação de movimento ou outras.



As tabelas anteriores apresentam valores típicos para os débitos binários e os graus de burstiness associados a alguns serviços VBR.

### 3.1 Simplificações possíveis e as suas consequências

O tráfego VBR pode ser apresentado à rede de dados como tráfego CBR:

- Reservando uma largura de banda na rede igual ao débito de pico do sinal VBR.

Neste caso há um manifesto desaproveitamento da largura de banda total disponibilizada pelo canal de transmissão

- Reservando uma largura de banda igual ao débito médio do sinal VBR e recorrendo a *bufferização* e a controlo fluxo

Neste caso é a qualidade de serviço que é afectada. Utilizando o exemplo de uma transmissão de vídeo, o resultado seria a perda de fotogramas e/ou uma diminuição da resolução.

### 3.2 Aplicações de dados

O termo DADOS é aqui utilizado em sentido restrito, i.e., exclui as aplicações relacionadas com a transmissão de voz, áudio, vídeo ou imagens fixas, apenas incluindo as aplicações que utilizem textos codificados.

A caracterização do tráfego gerado pelas aplicações de dados apresenta especial importância no dimensionamento de uma rede, dado que constitui, para a grande maioria das redes, a quase totalidade do tráfego.

O problema principal é que, embora as redes e a partilha de dados deste tipo de aplicações já existam há várias décadas, não é possível caracterizar de forma simples e universal o tráfego por elas gerado.

Vejamos alguns exemplos:

- Existem aplicações, como a transferência de ficheiros, que geram um tráfego elevado e de baixo grau de burstiness durante toda a ligação entre a origem e o destino
- Outras aplicações, como o E-Mail, geram tráfegos reduzidos da ordem das centenas ou milhares de Bytes, em intervalos que podem ir até vários dias
- Por outro lado, algumas aplicações promovem ligações de dados *connection-oriented*, enquanto outras funcionam em modo *connectionless*
- Algumas aplicações interactivas geram tráfego bidireccional de valores praticamente idênticos, enquanto outras são nitidamente assimétricas.

Além do exposto é de realçar que o comportamento de aplicações “do mesmo tipo” difere de implementação para implementação.

As dificuldades na concretização de um modelo de tráfego são agravadas pelo facto de num ambiente LAN/WAN raramente estarmos perante uma situação simples de interligação entre dois utilizadores (ou dispositivos) que utilizam em modo exclusivo o canal de comunicação, mas sim perante uma colecção de fluxos de tráfego oriundos e destinados a um conjunto alargado de utilizadores e dispositivos que partilham concorrentemente o canal de comunicação.

### 3.2.1 LANs e a sua interligação

#### 3.2.1.1 Introdução

A metodologia associada à interligação de LANs tem, com o aparecimento e divulgação do conceito de *Computador Pessoal*, absorvido uma parte importante dos esforços de I&D no campo das (tele)comunicações.

Sob o ponto de vista histórico foram cumpridas inúmeras etapas em pouco mais de 20 anos, resumidas nos seguintes pontos:

1. Consolidação do conceito de *Computador Pessoal*, com abandono progressivo da utilização exclusiva de sistemas centralizados de médio e grande porte
2. Implementação de formas *eficientes* de trabalho em grupo, tendo em vista a partilha de informação e de dispositivos informáticos na mesma localização geográfica (introdução das LANs)
3. Alargamento da partilha de informação e de dispositivos às diversas localizações geográficas da mesma Empresa ou de Empresas associadas.

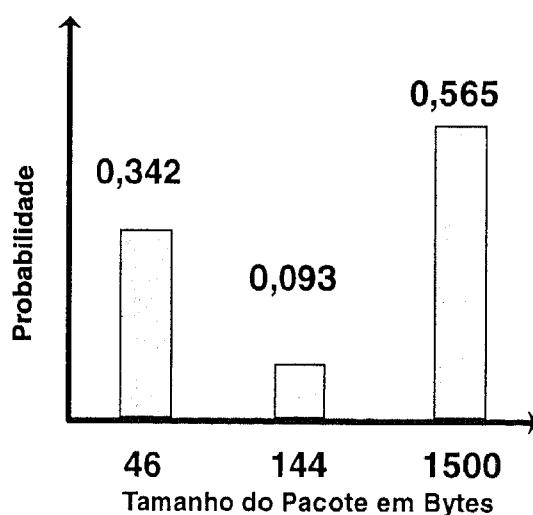
Como já foi referido, os problemas de interconectividade e interoperação entre sistemas já se encontram resolvidos de modo satisfatório, estando os esforços de I&D orientados para a performance, motivados pelo aparecimento de novos tipos de aplicação (evidentemente associados a novos requisitos de negócio) que requerem elevadas velocidades agregadas, débitos escaláveis (i.e. que possam ser negociados e implementados de forma rápida e eficiente), resposta temporal conhecida, integração de vários tipos de serviços, etc., necessidades aglutinadas no conceito de BROADBAND ISDN (B-ISDN).

### 3.2.1.2 Caracterização do tráfego associado às LANs

Como já foi referido, não existe um modelo capaz de caracterizar universalmente os tráfegos em epígrafe. No entanto, têm sido efectuados vários estudos sobre recolhas de tráfego efectuadas em diversos ambientes de trabalho.

#### 3.2.1.2.1 Tráfego em ETHERNET

De acordo com a publicação [1], a distribuição probabilística dos pacotes numa rede Ethernet é, considerando apenas o campo de dados, a da figura que se segue:



De acordo com o referido estudo, os pacotes na Ethernet apresentam 3 tamanhos preponderantes, correspondentes a 3 classes diferentes de aplicações:

- Os pacotes de menor tamanho são gerados em ligações Terminal - Host em ambos os sentidos
- Em aplicações baseadas em NFS (Network File System) os pacotes de menor tamanho são gerados no sentido cliente/servidor, enquanto as respostas, no sentido servidor/cliente, geram pacotes de tamanho intermédio
- Os pacotes de tamanho máximo ocorrem fundamentalmente em operações de bulk file transfer no sentido origem/destino.

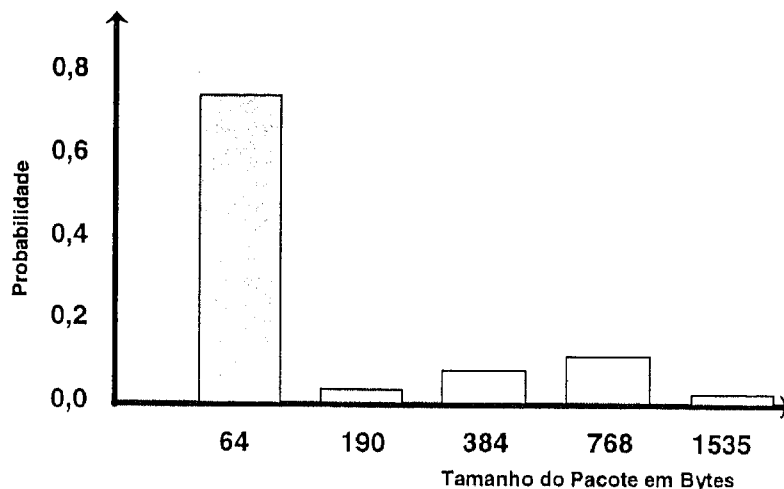
De acordo com os dados da figura anterior e para um débito agregado de 10 Mbps temos:

|                                             |             |
|---------------------------------------------|-------------|
| Tamanho médio do pacote                     | - 877 bytes |
| Duração média do pacote (só campo de dados) | - 0,7 mseg  |

O tráfego pode ser caracterizado por um processo ON/OFF em que a distribuição dos períodos ON e OFF não é exponencial.

### 3.2.1.2 Tráfego em TOKEN-RING

A figura que se segue apresenta uma distribuição probabilística típica dos pacotes numa rede Token Ring, de acordo com medidas efectuadas nas instalações da IBM no Research Triangle Park [2]:



Tal como no caso da Ethernet, o tráfego em Token Ring pode ser caracterizado por um processo ON/OFF. Para este caso, onde existe uma preponderância de pacotes com um campo de dados reduzido, foi encontrado um período médio de actividade, que pode incluir um ou mais pacotes, de 205 bytes com uma variância ( $\tau^2$ ) de 2,4 .

### 3.2.1.2.3 Conclusões

Conclui-se do atrás exposto que a tarefa de antevisão da banda (e outros requisitos) necessária ao funcionamento satisfatório de um sistema de comunicações não é simples.

Face a esta constatação, realça-se a importância de associar na fase de projecto os modelos teóricos de tráfego e as experiências anteriormente vividas.

Tomemos como exemplo uma rede Ethernet em que foi constatado um tipo de tráfego apresentado na alínea 3.2.1.2.1 .

Considerando 30% a banda máxima que pode ser ocupada eficientemente no canal Ethernet, qual será o máximo número de utilizadores emissores simultâneos possível nesta rede (para o efeito, o mesmo domínio de colisões)?

Os valores apresentados na alínea 3.2.1.2.1 referem-se exclusivamente ao campo de dados do pacote; portanto devem ser adicionados os Bytes correspondentes aos campos em falta i.e.:

| CAMPO                    | Nº de Bytes | Nº de Bits |
|--------------------------|-------------|------------|
| Preâmbulo                | 7           | 56         |
| Start of Frame Delimiter | 1           | 8          |
| Destin. Address          | 6           | 48         |
| Source Address           | 6           | 48         |
| Length of Data (Type)    | 2           | 16         |
| Data                     | 877         | 7016       |
| FCS                      | 4           | 32         |

o que totaliza 7224 Bits.

De forma aproximada, o número de utilizadores será calculado da seguinte forma:

- A banda disponível é  $10 * 10^6 * 0,3 = 3 \text{ Mbps}$
- O número de utilizadores será  $3 * 10^6 / 7224 = 415$

Neste raciocínio são ignoradas questões importantes relacionadas com a Ethernet, nomeadamente a incapacidade de transmissões simultâneas, a ocorrência de colisões, a existência obrigatória de tempos de silêncio entre pacotes, etc., e também o facto de se trabalhar sobre um valor médio de pacote, ignorando por um lado a perda de eficiência do meio com a diminuição do tamanho dos pacotes e por outro o aumento de tempo de espera para emissão (com um aumento de probabilidade de ocorrência de colisões) com o aumento dos pacotes transmitidos.

Note-se que, de acordo com as normas ISO8802.3/IEEE802.3, o número máximo de DTEs em cada domínio de colisões é de 1024.

### 3.2.1.3 A WAN

A interligação de LANs através de infra-estruturas de comunicações alargadas obriga à consideração de outras variáveis que, embora presentes no ambiente LAN, têm neste papéis secundários.

Uma das mais importantes é a velocidade agregada ao canal. Com excepção de algumas soluções a mais de 64 kbps, a grande maioria das soluções de comunicações alargadas passa por débitos muito baixos quando comparados com os das LANs.

Retomemos o exemplo utilizado na Ethernet e vejamos o número de comunicações concorrentes (num segundo) que canais de 9,6 , 19,2 e 64 kbps suportariam. Excluindo o OVERHEAD associado ao protocolo na WAN, teremos de uma forma simplificada:

Bits a transmitir: 7224 - Preâmbulo (56) = 7168

Caso 9.600 bps  $9600 / 7168 =$  1,34 comunicações concorrentes

Caso 19.200 bps  $19200 / 7168 =$  2,68 “ “

Caso 64.000 bps  $64000 / 7168 =$  8,93 “ “

Por outro lado, o tempo de encapsulamento mínimo para cada pacote seria de:

Caso 9.600 bps  $7168 / 9600 =$  750 ms

Caso 19.200 bps  $7168 / 19200 =$  375 ms

Caso 64.000 bps  $7168 / 64000 =$  112 ms.

No caso de uma ligação a 9,6 kbps, supondo sempre pacotes de tamanho médio e considerando o tempo de resposta do sistema informático e o tempo de propagação nas LANs nulos, uma transacção isolada demoraria, pelo menos, 1,5 s.

No caso de múltiplas transacções o dispositivo de internetworking tem que disponibilizar filas de espera (*buffers*) que retenham temporariamente a informação chegada no seu interface LAN, permitindo o seu encapsulamento e emissão ordenada para a WAN, causando atrasos proporcionais à quantidade de informação a transmitir.

### 3.2.2 Aplicações interactivas

A forma como os utilizadores reagem às aplicações interactivas tem um peso considerável no cálculo da largura de banda necessária.

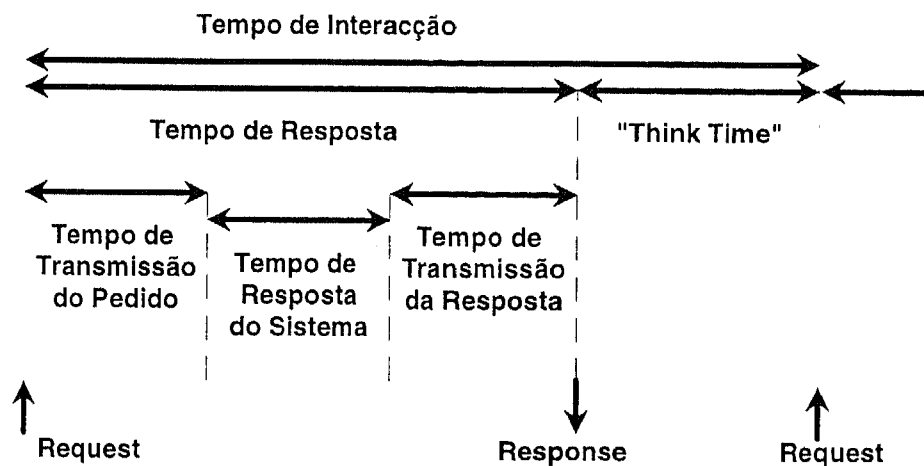
Enquanto que no caso das LANs e da sua interligação referimos o valor médio do pacote numa situação em que múltiplos utilizadores partilham concorrentemente o canal com tarefas distintas (sessões telnet, file transfer, etc.), nesta alínea consideramos que o canal é partilhado apenas pelo tráfego gerado no acesso a aplicações interactivas.

Consideremos um posto de trabalho que, através de um sistema de comunicações, acede a um sistema informático central.

Numa aplicação interactiva, o posto de trabalho transmite um pedido de serviço (request) ao sistema central. Passado algum tempo, o referido posto de trabalho recebe a resposta do sistema central (response).

Entra-se então na fase de interpretação da resposta recebida, seguida pela preparação do próximo pedido de informação (Think Period). Durante este fase e durante o tempo de resposta do sistema não há tráfego no canal associado à ligação em causa.

Este processo é apresentado graficamente na figura que se segue:



Na tabela que se segue são apresentadas algumas aplicações típicas e a banda por elas requerida [3] :

| Aplicação                | Tamanho da mensagem<br>(Bytes) | Período de<br>interacção (seg) | Banda<br>requerida (Bps) |
|--------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------|
| 1. Database READ         | 1.240                          | 30                             | 41                       |
| 2. Database RETRIEVAL    | 1.240                          | 9                              | 138                      |
| 3. Database BROWSE       | 1240                           | 3                              | 413                      |
| 4. Shared PC File Server | 12.000                         | 20                             | 600                      |

Na operação de Database READ considera-se que o utilizador está a ler uma página de informação. Na operação de RETRIEVAL considera-se que o utilizador requisitou várias páginas de informação para localizar uma em particular.

As posições 1., 2. e 3. referem-se a terminais IBM 3270 . A posição 4. refere-se a uma consulta de um posto de trabalho (PC) em rede a uma base de dados alfanumérica localizada num servidor de ficheiros.

Em [3] conclui-se também que, no caso Shared PC File Server, 80% dos acessos são feitos sobre ficheiros de menos de 10 kbytes.

Das baixas quantidades de informação em trânsito, associados às aplicações interactivas, conclui-se que a necessidade de larguras de banda crescentes não tem nada a ver com a quantidade de informação requisitada por um utilizador individual, mas sim com:

1. A melhoria do tempo de resposta, por minimização do tempo de trânsito da informação no canal de comunicações
2. O aumento do número de utilizadores concorrentes no mesmo canal de comunicações, associado à necessidade de garantir, como referido no ponto anterior, tempos de resposta que conduzam a uma utilização ergonómica das aplicações.

Deve-se ter em linha de conta que o modelo apresentado não é genérico, não podendo ser aplicado em situações que envolvam operações complexas, requerendo elevadas performances, entre computadores, como por exemplo aplicações de cálculo científico. No entanto, o modelo é perfeitamente aplicável em ambientes que utilizam aplicações de gestão e de "office".

### 3.3 Aplicações multimédia

As aplicações multimédia agrupam informação expressa em diferentes meios, i.e. : texto, voz, áudio, imagens fixas, imagens móveis (animação), vídeo, gráficos, etc..

As aplicações multimédia são diferentes das aplicações unimédia em vários aspectos:

- muitas das aplicações multimédia envolvem grupos de utilizadores, requerendo ligações ponto-a-multiponto ou multiponto-a-multiponto
- a grande maioria das aplicações multimédia gera fluxos de informação muito elevados, quando comparados com os gerados por aplicações de dados.

A tabela da próxima página apresenta os débitos típicos gerados por algumas aplicações multimédia, de acordo com [4] :

| <b>Aplicação MM</b>                        | <b>Composição da aplicação</b>                                                                                                                                                                                                                   | <b>Débito (Kbps)</b> | <b>Exemplo</b>                                   |
|--------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|--------------------------------------------------|
| Texto anotado c/ voz                       | Voz a 32 kbps<br>1 x página texto c/ um período de 30 s                                                                                                                                                                                          | 32,3                 |                                                  |
| Imagem anotada c/voz                       | Voz a 32 kbps<br>1 x formulário c/ um período de 90 s                                                                                                                                                                                            | 37,3                 | Discussão sobre o preenchimento de um formulário |
| Imagem de alta resolução anotada c/voz     | Voz a 32 kbps<br>1 x imagem de alta resolução c /um período de 90 s (1)                                                                                                                                                                          | 85,3                 | Tele-Diagnóstico médico                          |
| Sistema de "office" com áudio qualidade CD | Audio a 384 kbps<br>1 x imagem de alta resolução c /um período de 90 s (1)                                                                                                                                                                       | 392                  | Catálogo multimídia (s/ vídeo)                   |
| Teleconferência complexa                   | Voz a 32 kbps<br>1 x página texto com 1240 kbytes c/ um período de 60 s<br>35 kbytes de gráficos c/ um período de 60 s<br>2 x imagens de alta resolução de 60 kbytes c/ um período de 60 s<br>2 x janelas de vídeo de baixa resolução (128 kbps) | 325                  |                                                  |
| Sistema de distribuição de vídeo           | Áudio a 1.100 kbps<br>Vídeo de qualidade VCR (384 kbps)                                                                                                                                                                                          | 1.484                | /                                                |

(1) - Supõe-se uma imagem 2000 x 2000 pixel, 12 bits/pixel, comprimida a 10:1

Além das características já referidas há que considerar que componentes das aplicações multimédia como o áudio, a voz e o vídeo requerem da rede capacidade de resposta em tempo-real assim como a/preservação do sincronismo entre elas.

Paralelamente, e tendo em linha de conta a necessidade de diferentes requisitos, nomeadamente em termos de banda, resposta em tempo real, isocronismo, etc., há que estabelecer concorrentemente tantas ligações como os diferentes componentes , negociando e garantindo simultaneamente o nível de serviço requerido por cada um deles.

Como já foi referido, diversas aplicações multimédia, como por exemplo a videoconferência, envolvem o estabelecimento de múltiplas ligações ponto-a-multiponto ou multiponto-a-multiponto, que tornam mais complicado o processo de negociação dos requisitos, já por si complexo, nas ligações simples (ponto-a-ponto).

#### **4. Referências**

- [1] - Gusella, R., "A Measurement Study of Diskless Workstation Traffic on an Ethernet", IEEE Transactions on Communications, Vol. 39-9, 1990
- [2] - Chimento, P. . Conversa pessoal com R. O. Onvural, publicada em [5]
- [3] - Jalali, A. e Mason, L.G., "Open Loop Schemas for Network Congestion Control", ICC '91, 1991
- [4] - Russel, J., "Multimedia Networking Performance Requirements", ATM Networks, Edição de Viniotis, I. e de Onvural, R. O., Plenum, 1993
- [5] - Onvural, R.O., "Asynchronous Transfer Mode, Performance Issues", 2ª edição, 1995, Artech House

# **ANEXO II**

**SISTEMAS GENÉRICOS DE CABLAGEM**

**aplicáveis às**

**TECNOLOGIAS DE INFORMAÇÃO**

**Norma Europeia EN 50173**

## Índice

|                                                                       |    |
|-----------------------------------------------------------------------|----|
| 1. Introdução .....                                                   | 1  |
| 2. Normas Europeias e Internacionais aplicáveis .....                 | 3  |
| 2.1 Outras Normas .....                                               | 6  |
| 3. A norma europeia EN 50173 .....                                    | 7  |
| 3.1 Definições e abreviaturas .....                                   | 7  |
| 3.1.1 Definições .....                                                | 7  |
| 3.1.2 Abreviaturas .....                                              | 12 |
| 3.2 Objectivo e âmbito da Norma EN 50173 .....                        | 12 |
| 3.3 Estrutura do Sistema Genérico de Cablagem .....                   | 15 |
| 3.3.1 Estrutura Elementar .....                                       | 15 |
| 3.3.1.1 Elementos Funcionais .....                                    | 15 |
| 3.3.1.2 Subsistemas de Cablagem .....                                 | 15 |
| 3.3.2 Estrutura Global .....                                          | 18 |
| 3.3.3 Localização dos Distribuidores .....                            | 20 |
| 3.3.4 Interfaces de ligação ao Sistema Genérico de Cablagem .....     | 21 |
| 3.3.5 Dimensionamento e configuração .....                            | 22 |
| 3.3.5.1 Distribuidores de Andar .....                                 | 22 |
| 3.3.5.2 Tipos de Cabos recomendados para pré-cablagem .....           | 22 |
| 3.3.5.3 Tomadas de Telecomunicações .....                             | 23 |
| 3.3.5.4 Armários de Telecomunicações e Salas de Equipamento .....     | 24 |
| 3.3.5.5 Pontos de Entrada nos Edifícios .....                         | 25 |
| 3.3.6 Compatibilidade Electromagnética (EMC) .....                    | 25 |
| 3.3.7 Ligação à Terra .....                                           | 25 |
| 3.4 Implementação .....                                               | 26 |
| 3.4.1 Generalidades .....                                             | 26 |
| 3.4.2 Cablagem Horizontal .....                                       | 28 |
| 3.4.2.1 Distâncias na Cablagem Horizontal .....                       | 28 |
| 3.4.2.2 Escolha do Tipo de Cabo .....                                 | 30 |
| 3.4.2.3 Configuração das Tomadas de Telecomunicações .....            | 31 |
| 3.4.3 Cablagem de backbone .....                                      | 32 |
| 3.4.3.1 Topologia Física .....                                        | 32 |
| 3.4.3.2 Escolha do Tipo de Cabo .....                                 | 33 |
| 3.4.3.3 Distâncias nas Cablagens de Backbone .....                    | 34 |
| 3.4.3.3.1 Backbones de Edifício e de Campus .....                     | 34 |
| 3.4.3.3.2 Serviços Externos .....                                     | 35 |
| 3.4.3.3.3 Conexões aos Equipamentos de Telecomunicações .....         | 35 |
| 3.5 Especificações do Link .....                                      | 36 |
| 3.5.1 Generalidades .....                                             | 36 |
| 3.5.2 Classificação das Aplicações e dos Links .....                  | 37 |
| 3.5.2.1 Classificação das Aplicações .....                            | 37 |
| 3.5.2.2 Classificação dos Links .....                                 | 38 |
| 3.5.3 Links em Cabos Balanceados .....                                | 39 |
| 3.5.3.1 Impedância Característica .....                               | 39 |
| 3.5.3.2 Perdas de Retorno .....                                       | 40 |
| 3.5.3.3 Atenuação .....                                               | 41 |
| 3.5.3.4 Perdas por Diafonias (Near-end Crosstalk [NEXT]) .....        | 42 |
| 3.5.3.5 Relação Atenuação Perdas por Diafonias (ACR) .....            | 43 |
| 3.5.3.6 Resistência D.C. de Lacete dos Pares .....                    | 44 |
| 3.5.3.7 Atraso de Propagação .....                                    | 44 |
| 3.5.3.8 Longitudinal to Differential Conversion Loss .....            | 45 |
| 3.5.3.9 Impedância de Transferência do Ecrã .....                     | 46 |
| 3.5.4 Links em Fibra Óptica .....                                     | 47 |
| 3.5.4.1 Generalidades .....                                           | 47 |
| 3.5.4.2 Atenuação Óptica .....                                        | 47 |
| 3.5.4.3 Largura de Banda Modal nas Fibras Multimodo (Dispersão) ..... | 48 |
| 3.5.4.4 Perdas de Retorno Ópticas .....                               | 48 |
| 3.5.4.5 Tempo de Propagação .....                                     | 49 |

|                                                                        |    |
|------------------------------------------------------------------------|----|
| 3.6 Requisitos dos Cabos .....                                         | 50 |
| 3.6.1 Generalidades.....                                               | 50 |
| 3.6.2 Cabos Balanceados .....                                          | 51 |
| 3.6.3 Considerações adicionais sobre os Cabos Balanceados .....        | 53 |
| 3.6.3.1 Cabos com mais de dois Pares ou mais de uma Quadra.....        | 53 |
| 3.6.3.2 Cabos interligando múltiplas Tomadas de Telecomunicações ..... | 54 |
| 3.6.3.3 Cordões de Patching e Jumpers.....                             | 54 |
| 3.6.4 Cabos em Fibra Óptica Multimodo.....                             | 55 |
| 3.6.4.1 Requisitos das Fibras Ópticas .....                            | 55 |
| 3.6.4.2 Requisitos de Transmissão.....                                 | 55 |
| 3.6.4.3 Requisitos Mecânicos e Ambientais.....                         | 55 |
| 3.6.5 Cabos em Fibra Óptica Monomodo .....                             | 55 |
| 3.6.5.1 Requisitos das Fibras Ópticas .....                            | 55 |
| 3.6.5.2 Requisitos de Transmissão.....                                 | 56 |
| 3.6.5.3 Requisitos Mecânicos e Ambientais.....                         | 56 |
| 3.7 Requisitos do Hardware de Conectorização.....                      | 57 |
| 3.7.1 Generalidades.....                                               | 57 |
| 3.7.1.1 Localização .....                                              | 57 |
| 3.7.1.2 Funcionalidades do Hardware de Conectorização .....            | 57 |
| 3.7.1.3 Ambiente de operação.....                                      | 58 |
| 3.7.1.4 Montagem .....                                                 | 58 |
| 3.7.1.5 Práticas de Instalação .....                                   | 58 |
| 3.7.1.6 Marcação.....                                                  | 59 |
| 3.7.2 Hardware de Conectorização para Cabos de 100 e 120 Ohm .....     | 59 |
| 3.7.2.1 Requisitos gerais .....                                        | 59 |
| 3.7.2.2 Marcação.....                                                  | 60 |
| 3.7.2.3 Características mecânicas.....                                 | 60 |
| 3.7.2.4 Características eléctricas .....                               | 61 |
| 3.7.2.5 Requisitos das Tomadas de Telecomunicações .....               | 62 |
| 3.7.2.6 Práticas de instalação .....                                   | 62 |
| 3.7.3 Hardware de Conectorização para Cabos de 150 Ohm .....           | 63 |
| 3.7.3.1 Requisitos gerais .....                                        | 63 |
| 3.7.3.2 Características Mecânicas .....                                | 63 |
| 3.7.3.3 Características Eléctricas .....                               | 64 |
| 3.7.3.4 Requisitos das Tomadas de Telecomunicações.....                | 64 |
| 3.7.3.5 Práticas de Instalação .....                                   | 65 |
| 3.7.4 Hardware de Conectorização para Fibras Ópticas .....             | 65 |
| 3.7.4.1 Características Mecânicas e Ópticas .....                      | 65 |
| 3.7.4.2 Requisitos das Tomadas de Telecomunicações.....                | 65 |
| 3.7.4.3 Cordões de Patching .....                                      | 66 |
| 3.7.4.4 Conectividade da Fibra Óptica.....                             | 66 |
| 3.8 Práticas de Blindagem.....                                         | 67 |
| 3.8.1 Generalidades.....                                               | 67 |
| 3.8.2 Compatibilidade Electromagnética .....                           | 67 |
| 3.8.3 Ligação à Terra .....                                            | 68 |
| 3.9 Administração .....                                                | 69 |
| 3.9.1 Generalidades.....                                               | 69 |
| 3.9.2 Identificadores .....                                            | 69 |
| 4. Compatibilidade Electromagnética (EMC) das Cablagens .....          | 72 |
| 4.1 Introdução .....                                                   | 72 |
| 4.1.1 Cotas de Mercado .....                                           | 73 |
| 4.2 Considerações sobre a instalação de Cabos .....                    | 74 |
| 4.2.1 Cabos Balanceados sem Ecrãs .....                                | 74 |
| 4.2.2 Cabos Balanceados com Ecrãs.....                                 | 74 |
| 4.3 Fabricantes e Integradores. Notas Técnicas e Ensaios .....         | 75 |
| 4.3.1 Telesafe.....                                                    | 75 |
| 4.3.2 ENL (European Network Laboratories).....                         | 79 |
| 4.3.3 ITT Cannon.....                                                  | 79 |
| 4.3.4 AT&T (Lucent Technologies).....                                  | 79 |
| 4.4 Conclusão.....                                                     | 81 |

|                                                                |     |
|----------------------------------------------------------------|-----|
| 4.5 ANEXOS à alínea 4.3.4 .....                                | 83  |
| 4.5.1 Publicação 1 .....                                       | 83  |
| 4.5.2 Publicação 2 .....                                       | 92  |
| 4.5.3 Publicação 3 .....                                       | 103 |
| 4.5.2 Publicação 4 .....                                       | 106 |
| 5. Cablagem de Categoria 6 .....                               | 114 |
| 5.1 Ponto da Situação .....                                    | 114 |
| 5.2 Alguns comentários .....                                   | 114 |
| 5.2.1 Aplicações de LAN e Requisitos de Largura de Banda ..... | 114 |
| 5.2.2 Materiais e Instalação .....                             | 115 |
| 5.2.3 Outros desenvolvimentos .....                            | 115 |
| 5.3 Conclusões .....                                           | 117 |

## 1. Introdução

Actualmente, e como consequência da cada vez maior dependência funcional das Empresas face às Tecnologias da Informação, as infra-estruturas de Cablagem têm quase tanta importância nos edifícios como as redes de distribuição de energia eléctrica e os sistemas de iluminação, de aquecimento ou de ar condicionado.

Em qualquer destas facilidades, as interrupções de serviço podem ter consequências graves; mau projecto ou má previsão das necessidades, utilização de componentes pouco apropriados, instalação incorrecta, má administração ou mau suporte de manutenção podem ameaçar a eficiência desses sistemas, e com ela a eficiência da Empresas.

Historicamente, podemos considerar 2 épocas bem definidas, adaptadas às necessidades das Empresas, complementadas por uma terceira de transição entre aquelas duas:

- Décadas de 70 e de 80

As cablagens eram implantadas para servir um conjunto de aplicações específicas, maioritariamente proprietárias, baseadas em recursos centralizados, produzindo débitos típicos muito inferiores a 10 Mbps.

Sempre que era requerida uma nova aplicação, era, salvo raras excepções, lançada nova cablagem específica, que coexistia em paralelo com as já existentes. Um exemplo desta situação é a coexistência da redes de Voz e de Dados em cablagens distintas

- De 1990 em diante

As Empresas, conscientes da permanente evolução das suas necessidades, passam a optar por sistemas integrados de cablagem (Sistemas Genéricos) e por sistemas abertos e distribuídos e a requerer integração de serviços de Voz/Dados/Imagem/Vídeo e velocidades de 100 Mbps e superiores

A transição ocorre com o aparecimento da microinformática que, por sua vez, “força” o desenvolvimento das Redes de Área Local.

Na fase de transição, redes de filosofia “Domínio Público” coexistem com cablagens proprietárias específicas de aplicações.

Note-se que apesar do carácter “Público” dos seus standards, as cablagens iniciais de suporte ainda estavam longe de poderem ser apelidadas de genéricas. A sua generalidade ficava-se pelo facto de (finalmente) ser possível interligar (e interoperar) sistemas de diferentes filosofias.

A divulgação das LANs trouxe problemas suplementares. Um exemplo que pode ilustrar esta afirmação é o da Ethernet, especificada inicialmente para uma topologia em Barramento, implementada em torno de cabos coaxiais, bem distante das topologias em estrela, presentes na implementação Token-Ring da IBM (Star-wired Token-Ring) e nas redes de distribuição de serviços telefónicos.

Retomando o exemplo da Ethernet, rapidamente se notou que a topologia física em barramento era desajustada em termos de flexibilidade (e não só) em relação à distribuição de meios informáticos num edifício, o que levou à especificação de um ambiente físico com uma topologia em estrela.

É lícito afirmar que com a especificação 10Base-T, as topologias físicas utilizadas em três situações estratégicas (Ethernet, Token-Ring e distribuição de serviços telefónicos), passaram a estar em consonância, o que permitiu lançar as bases para um Sistema Genérico de Cablagem, que, no seu texto actual, se estende à totalidade dos serviços de filosofia "Domínio Público" (ver alínea 3.5.2.1, "Classificação das Aplicações e dos Links").

É importante referir que continua a haver lugar para cablagens específicas de determinadas aplicações. No entanto, o esforço dos fabricantes e das entidades normalizadoras está orientado para a produção de normas e meios tendentes a reduzir cada vez mais a necessidade da sua utilização.

## 2. Normas Europeias e Internacionais aplicáveis

A importância de que se revestem as cablagens e os equipamentos associados é reflectida por uma profusão de normas e recomendações, para além da Norma EN 50173, que será detalhada neste capítulo, versando os mais diversos aspectos e características, das quais se destacam:

- EN 50081  
Emissão de radiações electromagnéticas
- EN 50082  
Imunidade às radiações electromagnéticas

No que toca aos sistemas genéricos de cablagem, é aplicável a Parte 1 destas últimas normas, onde são definidas as regras a aplicar em instalações residenciais, comerciais e de indústria ligeira.

- EN 55022  
Limites e métodos de medida das interferências electromagnéticas em equipamentos de tecnologias da informação
- EN 60068, Parte 2, Secções 2 e 6  
Definição de testes ambientais, nomeadamente no que se refere ao calor seco e às vibrações
- EN 60603, Parte 7  
Regras a aplicar a conectores em circuitos impressos, utilizados em frequências inferiores a 3 MHz
- EN 60794 (EN 187100), Parte 3  
Especificação das dimensões (secção) de cabos de fibra óptica em aplicações de telecomunicações
- EN 60811, Parte 1, Secção 1  
Métodos de teste do Isolamento e das bainhas dos cabos eléctricos. Medidas da espessura e das dimensões em geral. Testes para determinação das características mecânicas
- EN 60825, Parte 2  
Segurança de sistemas de comunicações em fibra óptica (segurança de produtos Laser)

- EN 186000, Parte 1  
Requisitos, métodos de teste e procedimentos de aprovação para conectores de fibra óptica /
- EN 187000  
Especificação genérica de cabos de fibra óptica
- EN 188000  
Especificação genérica das fibras ópticas
- EN 188100  
Especificação das dimensões (secção) de cabos de fibra óptica Single-mode
- EN 188101  
Especificação da família de fibras ópticas Single-mode Unshifted
- EN 188201 e EN 188202  
Especificação da família de fibras ópticas Multi-mode Graded Index
- HD 323, Parte 2, Capítulo 14 e HD 384, Parte 2, Capítulo 38  
Testes ambientais, no que se refere às variações de temperatura e humidade relativa
- HD 384, Parte 5, Capítulo 54  
Terras e condutores de protecção nas instalações eléctricas
- HD 608  
Especificação de cabos de pares/quadras simétricos e de cabos multicondutores para aplicações de comunicações digitais
- IEC 68, Parte 2, Capítulo 60  
Testes ambientais, no que se refere à corrosão em ambientes poluídos
- IEC 96, Parte 1  
Requisitos gerais e métodos de medida em cabos de radio-frequência
- IEC 189, Parte 1  
Testes e métodos de medida em cabos de baixa-frequência com isolamento e manga em PVC

- IEC 512, Parte 2  
Regras para a inspecção geral, para medidas de continuidade, de resistência nos contactos e de isolamento, e para testes de resistência às sobretensões de componentes electromecânicos aplicáveis em equipamentos electrónicos
- IEC 793, Parte 2 e IEC 794, Parte 2  
Especificação de fibras ópticas e de cabos de fibras ópticas
- IEC 807, Parte 8  
Especificação de conectores rectangulares com 4 contactos e terra, para uso em frequências abaixo de 3 MHz
- IEC 874, Parte 10 e Parte 14  
Especificação dos conectores de fibra óptica BFOC/2,5 e SC
- IEC 1073, Parte 1  
Especificação do Hardware e dos acessórios para juntas em fibras ópticas
- ISO/IEC 8802, Parte 5  
Método de acesso Token-Ring, especificações do meio físico
- ITU-T G.117  
Definições e métodos de transmissão em situações de não balanceamento em relação à terra
- ITU-T O.9 (Blue Book)  
Métodos de medida para determinar o grau de não balanceamento em relação à terra

No entanto, só a partir de Agosto de 1995 é que passou a existir uma norma europeia, EN 50173, aplicável aos sistemas genéricos de cablagem, derivada a partir da norma internacional ISO/IEC 11801, *Information Technology - Generic Cabling for Customer Premises*, produzida pelo grupo de trabalho ISO/IEC JTC1/SC25.

A descrição da norma EN 50173 é o principal objectivo deste capítulo.

## 2.1 Outras Normas

Além das Normas referidas na alínea anterior, reguladoras dos aspectos construtivos dos componentes de um sistema genérico de cablagem, das suas características eléctricas, etc., outras há reguladoras de outras características fundamentais, nomeadamente aquelas que se referem à segurança de pessoas e bens, tais como:

- HD 606 / IEC 1034, Parte 2  
Normas cujo objectivo é a minimização da libertação de fumos por parte dos cabos em caso de incêndio, prevenindo a ocorrência de sufocações e de perdas de visibilidade
- HD 405 / IEC 332, Parte 3  
Normas cujo objectivo é a minimização em termos quantitativos da propagação das chamas e a maximização, em termos temporais, da demora na ocorrência dessa propagação para outras partes dos edifícios, através das substâncias que os constituem
- NES 713 / IEC 754, Partes 1 e 2  
Além da libertação de fumos e da propagação de chamas, há que ter em linha de conta a libertação de produtos que, não só podem provocar fenómenos de corrosão, como também pode provocar intoxicações graves. Os cabos em PVC libertam, quando inflamados, gases ácidos (Hcl). Os cabos construídos em torno de compostos halogenados, excelentes na minimização da propagação das chamas, libertam produtos de elevada toxicidade.

As normas em epígrafe preconizam a utilização de cabos Low Smoke Zero Halogen em que todos os componentes não metálicos (manga exterior, isolamentos dos condutores e outros materiais protectores ou isolantes) não só não devem libertar halogéneos, como também devem estar de acordo com as normas relevantes para a libertação de fumos e de propagação de chamas.

### **3. A norma europeia EN 50173**

#### **3.1 Definições e abreviaturas**

##### **3.1.1 Definições**

- **Adaptador Duplex de Fibra Óptica (Optical Fibre Duplex Adapter)**  
Dispositivo mecânico que promove o alinhamento e a ligação de dois Conectores Duplex de Fibra Óptica
- **Aplicação (Application)**  
Sistema ao qual se encontra associado um método de transmissão, suportado por uma cablagem de telecomunicações
- **Área de Trabalho (Work Area)**  
Espaço de um edifício onde os ocupantes interagem com Equipamento Terminal de Telecomunicações
- **Área de Trabalho Individual (Individual Work Area)**  
O espaço mínimo num edifício reservado para um ocupante
- **Armário de Telecomunicações (Telecommunications Closet)**  
Espaço fechado destinado à colocação de equipamento de comunicações, terminações de cabos e repartidores
- **Cabo (Cable)**  
Peça composta por uma ou mais Unidades de Cablagem do mesmo tipo e da mesma categoria, contidas no mesmo invólucro (manga). O conjunto das unidades de cablagem pode ser opcionalmente envolvido por um ecrã
- **Cabo Balanceado (Balanced Cable)**  
Cabo constituído por um ou mais elementos de cabo simétricos (pares ou quadras entrançadas)
- **Cabo de Área de Trabalho (Work Area Cable)**  
Cabo que interliga o Equipamento Terminal à Tomada de Telecomunicações
- **Cabo de Backbone do Campus (Campus Backbone Cable)**  
Cabo que interliga o Distribuidor de Campus ao(s) Distribuidor(es) do(s) Edifício(s). Os Cabos de Backbone do Campus podem também interligar directamente (i.e. sem passarem por um Distribuidor de Campus) Distribuidores de Edifícios

- Cabo de Backbone do Edifício (Building Backbone Cable)  
Cabo que interliga o Distribuidor do Edifício ao(s) Distribuidor(es) do(s) Andar(es)
- Cabo do Equipamento (Equipment Cable)  
Cabo que interliga o Equipamento ao Distribuidor
- Cabo com Ecrã (Screened Cable)  
Peça constituída por dois ou mais Elementos de Cabo em Par Entrançado Balanceado ou por dois ou mais Elementos de Cabo em Quadras, envolvidos por um ecrã e por um invólucro (manga) comuns
- Cabo Híbrido (Hybrid Cable)  
Peça constituída por dois ou mais tipos diferentes de Unidades de Cabo, de Cabos ou de Categorias, contidas no mesmo invólucro (manga). O conjunto pode ser opcionalmente envolvido por um ecrã
- Cabo Horizontal (Horizontal Cable)  
Cabo que interliga o Distribuidor de Andar a uma Tomada de Telecomunicações (Telecommunications Outlet)
- Cabo Óptico ou Cabo de Fibra Óptica (Optical Fibre Cable)  
Cabo constituído por um ou mais Elementos de Cabo em Fibra Óptica
- Cabo de Pares Entrançados com Ecrã (Screened Twisted Pair Cable)  
Cabo constituído por um ou mais Elementos de Cabo, sendo cada um envolvido individualmente por um Ecrã. Os elementos podem ainda ser opcionalmente envolvidos por um ecrã comum. Neste caso, o cabo é referido como Cabo de Pares Entrançados com Ecrã e com Ecrã Comum (Screened Twisted Pair Cable with Overall Screen)
- Cabo de Pares Entrançados sem Ecrã (Unscreened Twisted Pair Cable)  
Cabo constituído por um ou mais pares, não sendo nenhum deles protegido individualmente por um ecrã. Poderá existir opcionalmente um Ecrã comum a envolver todos os pares, sendo o cabo designado por Cabo de Pares Entrançados sem Ecrã e com Ecrã Comum (Unscreened Twisted Pair Cable with Overall Screen)
- Cablagem (Cabling)  
Sistema constituído por Cabos de Telecomunicações, Cordões e Hardware de Conectorização, capaz de suportar a ligação de equipamentos associados às tecnologias de informação

- **Cablagem Genérica**  
Sistema de Cablagem de Telecomunicações Estruturada, capaz de suportar uma grande diversidade de Aplicações. Uma Cablagem Genérica pode ser instalada sem conhecimento antecipado das aplicações requeridas. O hardware destinado a aplicações específicas não faz parte de um Sistema Genérico de Cablagem
- **Campus (Campus)**  
Um local onde se encontram implantados um ou mais edifícios de uma mesma organização ou de organizações cooperantes
- **Canal (Channel)**  
Caminho de transmissão extremo-a-extremo que interliga quaisquer dois equipamentos de aplicação específica (p.ex. 2 PCs). São considerados como fazendo parte do Canal os Cabos dos Equipamentos e os Cabos da Área de Trabalho
- **Conector Duplex de Fibra Óptica (Optical Fibre Duplex Connector)**  
Dispositivo mecânico de terminação destinado a promover a transferência de energia óptica entre dois pares de fibras ópticas
- **Cordão de Patching (Patching Cord)**  
Unidade ou Elemento de Cabo Flexível com Conectores, usado para estabelecer ligações em Painéis de Patching (Patch Panel)
- **Distribuidor**  
Termo usado para as funções de uma colecção de componentes usados para terminar e interligar cabos ( p.ex. Painéis e Cordões de Patching)
- **Distribuidor de Andar (Floor Distributor)**  
Distribuidor usado para efectuar as ligações entre o Cabo Horizontal, os outros Subsistemas de Cablagem e os Equipamentos Activos
- **Distribuidor de Campus (Campus Distributor)**  
Distribuidor a partir do qual emerge o Backbone do Campus
- **Elemento de um Cabo (Cable Element)**  
A mais pequena unidade construtiva de um Cabo. O Elemento de um Cabo pode ser envolvido opcionalmente por um ecrã. São exemplos de Elementos de um Cabo:
  - Um par
  - Uma quadra
  - Uma (única) fibra

- Interface (Interface)  
Ponto onde são feitas as ligações ao Sistema Genérico de Cablagem
- Interface com a Rede Pública (Public Network Interface)  
Ponto de demarcação entre as Redes Pública e Privada
- Interligação (Interconnect)  
Local onde os Cabos dos Equipamentos são terminados e interligados aos Subsistemas de Cablagem sem recurso a Cordões de Patching ou a Jumpers
- Jumper [Fiador] (Jumper)  
Unidade de Cabo ou Elemento de Cabo, sem conectores, usado para ligações em Repartidores (Cross-Connect)
- Junta (Splice)  
União mecânica e eléctrica/óptica de condutores ou fibras ópticas, normalmente de cabos separados
- Keying (Keying)  
Particularidade mecânica de um Conector que garante uma orientação correcta da ligação ou impede a ligação de outros dispositivos além dos apropriados
- Link (Link)  
Caminho de Transmissão entre dois quaisquer interfaces da Cablagem Genérica. São excluídos os Cabos dos Equipamentos e os Cabos das Áreas de Trabalho
- Painel de Patching (Patch Panel)  
Repartidor (Cross-Connect) em que a interligação entre as terminações dos cabos é promovida por Cordões de Patching (Patch Cords)
- Par (Pair)  
Representa um Par Entrançado ou dois condutores em posição diametralmente oposta numa Quadra em Estrela
- Par Entrançado (Twisted Pair)  
Elemento de Cabo constituído por dois condutores isolados, entrançados em conjunto, de acordo com um método conhecido, de forma a formarem uma linha de transmissão balanceada

- **Ponto de Entrada no Edifício (Building Entrance Facility)**  
Instalação que disponibiliza todos os serviços mecânicos e eléctricos, em conformidade com a regulamentação relevante, necessários à entrada de cabos de telecomunicações num edifício.
- **Ponto de Transição (Transition Point)**  
Ponto da Cablagem Horizontal onde se dá uma mudança na forma do Cabo. Por exemplo uma mudança de cabo “redondo” para “Flat-cable” ou uma junta entre cabos em que o número de condutores por cabo é diferente de cada lado (o número total de cada lado deve ser igual)
- **Quadra em Estrela (Star Quad)**  
Elemento de Cabo constituído por quatro Condutores Entrançados em conjunto. Os condutores diametralmente opostos constituem um Par. Os cabos de Pares Entrançados e de Quadras podem ser usados em substituição uns dos outros, sempre que as características eléctricas sejam idênticas  
  
O termo Quadra é utilizado frequentemente em substituição de Quadra em Estrela
- **Repartidor (Cross-Connect)**  
Dispositivo que permite a terminação de Elementos de Cabo e sua interligação dois a dois através de Cordões de Patching ou de Jumpers
- **Sala do Equipamento (Equipment Room)**  
Sala dedicada ao alojamento de Distribuidores e de Equipamentos para Aplicações específicas
- **Unidade de Cabo (Cable Unit)**  
Uma peça composta por um ou mais Elementos de Cabo, usualmente do mesmo tipo e da mesma categoria. Uma Unidade de Cabo pode ser envolvida opcionalmente por um ecrã.

### 3.1.2 Abreviaturas

|     |                                  |     |                               |
|-----|----------------------------------|-----|-------------------------------|
| DE  | Distribuidor de Edifício         | BD  | Building Distributor          |
| L   | Ligação                          | C   | Connection                    |
| DC  | Distribuidor de Campus           | CD  | Campus Distributor            |
| EMC | Compatibilidade Electromagnética | EMC | Electromagnetic Compatibility |
| EMI | Interferência Electromagnética   | EMI | Electromagnetic Interference  |
| EQP | Equipamento                      | EQP | Equipment                     |
| SE  | Sala de Equipamento              | ER  | Equipment Room                |
| DA  | Distribuidor de Andar            | FD  | Floor Distributor             |
| J   | Junta                            | S   | Splice                        |
| AT  | Armário de Telecomunicações      | TC  | Telecommunications Closet     |
| ET  | Equipamento Terminal             | TE  | Terminal Equipment            |
| TT  | Tomada de Telecomunicações       | TO  | Telecommunications Outlet     |
| PT  | Ponto de Transição               | TP  | Transition Point              |

### 3.2 Objectivo e âmbito da Norma EN 50173

A norma EN 50173 especifica uma cablagem genérica para uso em instalações comerciais concentradas num edifício ou dispersas por vários edifícios num Campus.

A norma foi optimizada para instalações com uma dispersão de até 3000 metros, compreendendo uma área de trabalho até 1.000.000 m<sup>2</sup> e uma população entre 50 a 50.000 pessoas. Embora pensada tendo em linha de conta as dimensões apresentadas, pode e deve ser aplicada em situações aquém e além desses limites.

A cablagem é implementada sobre cabos de cobre balanceados e/ou sobre fibra óptica, permitindo o suporte de uma vasta gama de serviços, incluindo aplicações de Voz, Dados, Texto, Imagem e Vídeo.

Embora (pelo menos a nível Nacional) a infra-estrutura de telecomunicações ainda seja, numa grande parte dos casos, das últimas coisas a serem pensadas na construção de novos edifícios (excluindo a infra-estrutura de comunicações telefónicas, normalizada pela regulamentação RITA), dando-se prioridade aos aspectos arquitectónicos e de construção civil, tem-se notado uma crescente consciencialização sobre a importância das infra-estruturas de telecomunicações serem consideradas nos projectos dos edifícios, onde começam a ser contemplados locais para implantação de bastidores (Armários de Telecomunicações) e caminhos de cabos com folgas suficientes.

Tendo em linha de conta que é difícil, na maioria dos casos, antever quais vão ser as necessidades dos futuros locatários de um edifício, resta a alternativa de se prever uma infra-estrutura genérica, independente das aplicações e, como já foi referido, capaz de suportar de base uma vasta gama de serviços já existentes ou em fase de estudo.

Por outro lado, e mesmo que sejam conhecidas as aplicações que vão ser utilizadas no presente e num futuro próximo, há que ter em linha de conta que a esperança de vida de uma cablagem é superior a 10 anos, valor que excede largamente a esperança de vida de algumas tecnologias, nomeadamente as aplicáveis às LANs.

De acordo com o atrás referido, os objectivos da norma EN 50173 são dotar:

- os utilizadores de um sistema genérico de cablagem não proprietário (Multi-Vendor) e independente das aplicações, flexível e económico nas reconfigurações e nas ampliações;
- os projectistas dos edifícios (Arquitectos, Eng. Civis, etc.) de linhas mestras que lhes permitam contemplar nos seus projectos os espaços e os caminhos de cabos necessários e suficientes, mesmo antes de serem conhecidas as necessidades específicas de cada caso;
- os construtores de componentes para a cablagem genérica de recomendações e de características mínimas às quais os seus produtos devem obrigatoriamente obedecer;
- os investigadores e as entidades normalizadoras (Standardisation Bodies) de um sistema de cablagem que suporta as aplicações correntes e que disponibiliza uma base para o desenvolvimento de novos produtos e aplicações,

apresentando, para tal, especificações sobre:

- a estrutura e a configuração mínima da Cablagem Genérica
- os requisitos de implementação
- os requisitos de performance para cada Link individual em cabo
- os requisitos de conformidade com as normas e os procedimentos de verificação.

Não são contempladas na Norma quaisquer recomendações normativas relacionadas com cabos ou cordões utilizados para a ligação de equipamentos associados a aplicações específicas, inseridos na cablagem genérica; no entanto, dada a sua influência nas características de transmissão globais, são apresentadas, a título indicativo, características, procedimentos e valores que devem ser respeitados.

Estão também fora do âmbito da Norma EN 50173 recomendações relacionadas com a segurança de pessoas e bens e com a problemática da compatibilidade electromagnética (EMC), objecto de outras normas, embora sejam apresentados, a título indicativo, características, procedimentos e valores que devem ser respeitados.

### 3.3 Estrutura do Sistema Genérico de Cablagem

#### 3.3.1 Estrutura Elementar

Nesta alínea são identificados os Elementos Funcionais da Cablagem Genérica e descrita a forma como aqueles são ligados, de modo a formar os Subsistemas de Cablagem.

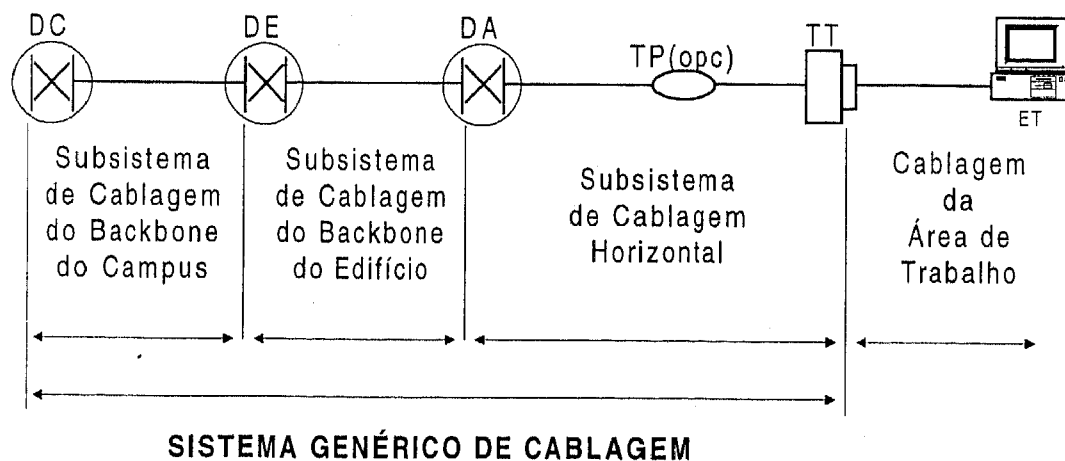
##### 3.3.1.1 Elementos Funcionais

Os elementos funcionais de um Sistema Genérico de Cablagem são os seguintes:

- Distribuidor de Campus (DC)
- Cabo de Backbone de Campus
- Distribuidor de Edifício (DE)
- Cabo de Backbone do Edifício
- Distribuidor de Andar (DA)
- Cabo Horizontal
- Ponto de Transição (PT)
- Tomada de telecomunicações (TT).

A existência de Pontos de Transição é opcional.

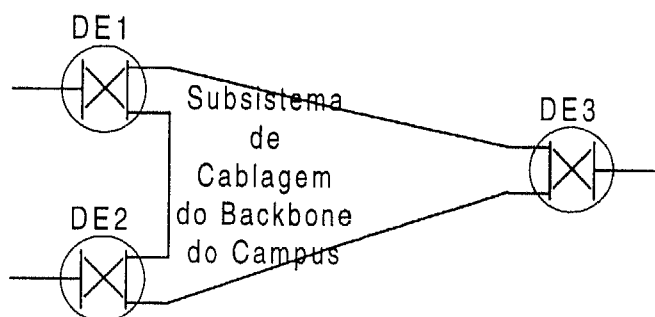
##### 3.3.1.2 Subsistemas de Cablagem



De acordo com a figura anterior, um Sistema Genérico de Cablagem é constituído e criado pela interligação de 3 Subsistemas:

- Subsistema de Cablagem do Backbone do Campus  
Este Subsistema é opcional, existindo quando os Edifícios de uma organização se encontram distribuídos num Campus.  
Os componentes deste Subsistema incluem os cabos do Backbone de Campus, as suas terminações mecânicas, quer do lado do Distribuidor de Campus (DC), quer do lado do(s) Distribuidor(es) do(s) Edifício(s) (DE) e o Repartidor (Cross-Connect) do Distribuidor de Campus.

Note-se que este Subsistema pode promover a ligação directa entre Distribuidores de Edifício, não existindo, neste caso, Distribuidor de Campus (ver exemplo na figura que se segue).



- Subsistema de Cablagem do Backbone do Edifício  
O Subsistema do Backbone do Edifício promove a interligação entre o Distribuidor do Edifício (DE) e os Distribuidores de Andar (DA).  
Os componentes deste Subsistema incluem os cabos de Backbone do Edifício, as suas terminações mecânicas, quer do lado do Distribuidor de Edifício (DE), quer do lado dos Distribuidores dos Andares (DA) e o Repartidor (Cross-Connect) do Distribuidor de Edifício.

A Norma impõe como condições de conformidade:

- \* a não existência de Pontos de Transição (PT) neste Subsistema
- \* a não utilização de Juntas (Splices) **nos Cabos de Cobre** utilizados neste Subsistema.

- **Subsistema de Cablagem Horizontal**

O Subsistema de Cablagem Horizontal promove a interligação entre o Distribuidor do Andar (DE) e as Tomadas de Telecomunicações (TT).

Os componentes deste Subsistema incluem os cabos Horizontais do Andar, as suas terminações mecânicas e o Repartidor (Cross-Connect) no Distribuidor do Andar (DA) e as Tomadas de Telecomunicações.

A Norma impõe como condições de conformidade:

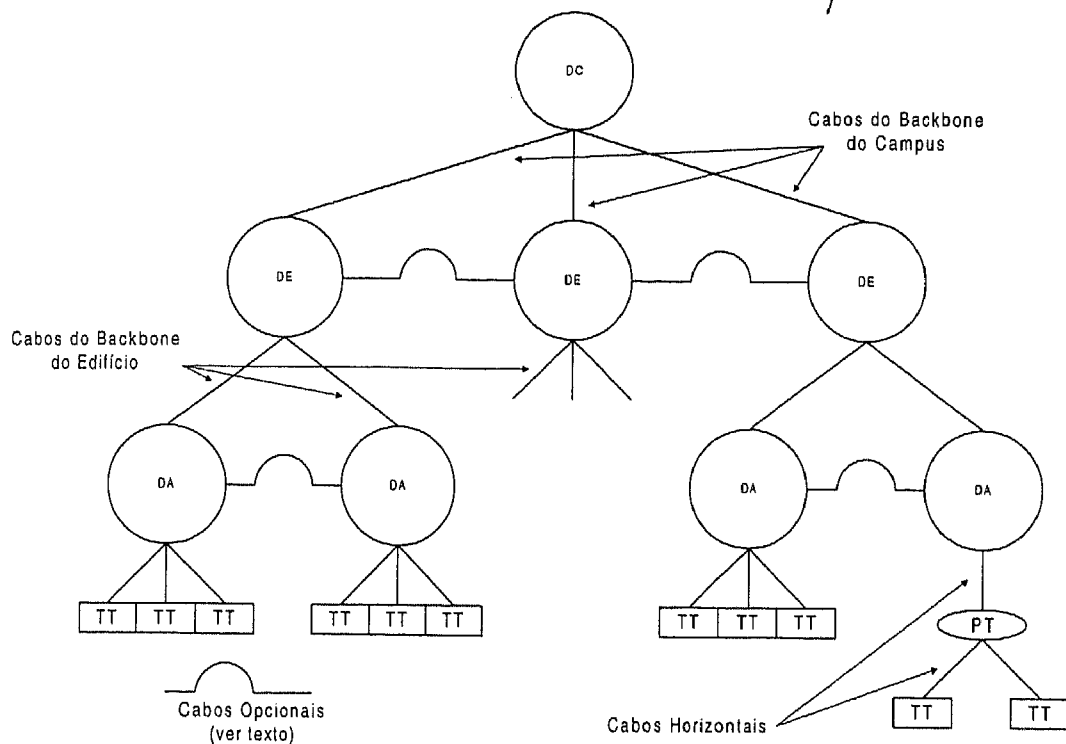
- \* que os cabos entre o DE e as TT's sejam contínuos
- \* é permitida a utilização, se necessário, de um e um só Ponto de Transição (PT) em cada Link deste Subsistema. No caso de utilização de PTs, as características de transmissão dos cabos usados a montante e a jusante do PT devem ser idênticas; Complementarmente, o número total de pares dos cabos a jusante deve ser igual ao número total de pares dos cabos a montante, promovendo uma ligação de 1:1 . O Ponto de Transição deve obrigatoriamente promover a terminação mecânica dos cabos (i.e. não são permitidas Juntas)
- \* que os Pontos de Transição, quando aplicável, não sejam utilizados como Pontos de Administração, não podendo, como tal, ser utilizados como Repartidores nem conter equipamento activo. Os PTs podem conter elementos passivos de ligação
- \* A utilização de Cabos com múltiplas Unidades de Cabo é sujeita a restrições a referir no Capítulo Características de Transmissão.

Note-se que a Cablagem da Área de Trabalho não faz parte do Sistema Genérico de Cablagem dado que aquela, além de não ser permanente e fixa, é específica de um equipamento e/ou de uma aplicação, o que a coloca fora do âmbito da recomendação aqui tratada. No entanto, dada a sua importância (porque é esta cablagem que interliga os equipamentos de utilização à Cablagem Genérica), a Norma, sempre que relevante, apresenta recomendações sobre as características de transmissão e os comprimentos permitidos.

Tratando-se de uma Cablagem Genérica, deve ser possível configurá-la fisicamente de acordo com a topologia física pretendida caso a caso.

Como tal, é ao nível dos Distribuidores, utilizando a flexibilidade dos seus Repartidores (Cross-Connect), que se configuram as diferentes topologias (i.e. Barramento, Estrela, Anel, etc.).

### 3.3.2 Estrutura Global



A Cablagem Genérica apresenta uma estrutura em Estrela Hierárquica (Ver figura anterior).

O número e tipo de Subsistemas de uma Cablagem Genérica depende da dispersão geográfica e do tamanho do Campus ou do Edifício. Vejamos alguns exemplos:

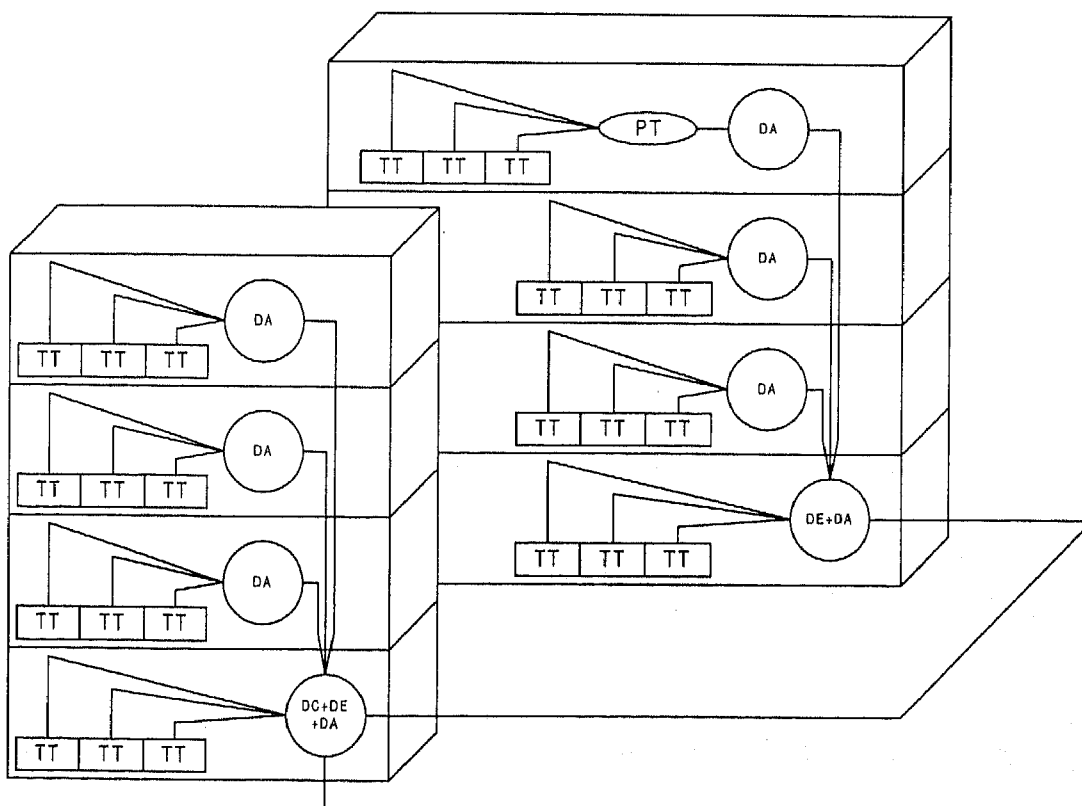
- Uma instalação com um só Edifício não tem necessidade de recorrer à implantação de um Backbone de Campus
- Em algumas situações, embora o Campus seja constituído por vários Edifícios, pode-se prescindir da implementação do Distribuidor de Campus, terminando os Cabos do Backbone do Campus em ambas as extremidades nos Distribuidores de Edifício (i.e. existe uma implementação parcial do Subsistema de Cablagem do Backbone de Campus)
- Um Edifício com elevadas dimensões pode ser tratado como um Campus, passando o Subsistema de Cablagem do Backbone de Campus a ser a entidade de mais alta hierarquia na Cablagem Genérica do Edifício.

Embora, e de acordo com uma Estrela Hierárquica, os cabos devam ser lançados **primariamente** entre Distribuidores de níveis hierárquicos adjacentes (p.ex. do DC para os DEs), acomodando, desta forma, todas as topologias de redes de comunicações (a Norma EN 50173 apresenta no seu Anexo D exemplos de implementação das várias topologias físicas), são permitidas (**e desejadas**) ligações directas entre Distribuidores do mesmo nível hierárquico, como se pode ver na figura anterior, debaixo da legenda "Cabos Opcionais".

Tal permissão dota a Cablagem Genérica de um grau excepcional de flexibilidade, quer no que toca à implementação das diversas topologias físicas, quer no que toca à possibilidade de rápida reconfiguração da rede global, necessária, por exemplo, em situações de avaria dos equipamentos activos associados aos Distribuidores.

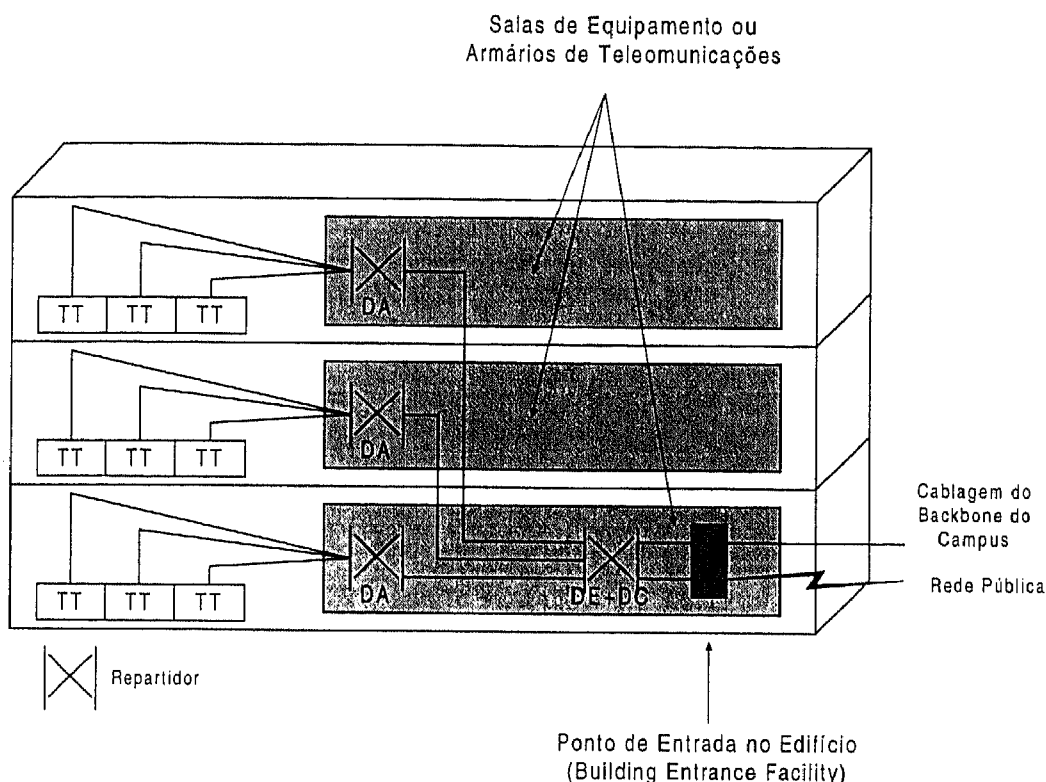
Note-se, no entanto, e de acordo com o articulado da Norma, que os cabos opcionais devem ser lançados em complemento dos necessários à implementação da Estrela Hierárquica e não em sua substituição. Os cabos opcionais lançados entre DE's fazem parte do Subsistema de Cablagem do Backbone de Campus, enquanto que os cabos opcionais lançados entre DAs fazem parte do Subsistema de Cablagem do Backbone do Edifício.

Não é obrigatório que os diversos Distribuidores sejam entidades fisicamente separadas, podendo, se tal se justificar, ser combinados numa só entidade. A figura que se segue apresenta um exemplo de combinação de Distribuidores.



### 3.3.3 Localização dos Distribuidores

Os Distribuidores devem estar localizados em Salas de Equipamento ou em Armários de Telecomunicações. A figura que se segue apresenta uma distribuição típica num edifício dos elementos funcionais da Cablagem Genérica.



Os cabos dos Subsistemas utilizados devem ser lançados por Caminhos de Cabos adequados que podem tomar a forma de Condutas, Túneis, Calhas, Esteiras, etc..

Embora a Norma não seja explícita no que se refere à amarração dos cabos (a não ser no caso da terminação mecânica nos Repartidores dos Distribuidores e nos Pontos de Transição), ela deve ser efectuada por meios adequados ao tipo de cabos e de caminhos em uso. Paralelamente, e de modo a facilitar a introdução de novos cabos, os cabos já lançados devem ser dispostos de uma forma ordenada, alinhados e evitando cruzamentos entre si.

Os Caminhos de Cabos devem ser projectados com amplas folgas. Tal medida, embora vá aumentar o investimento inicial, vai facilitar ampliações futuras e minimizar as perturbações numa rede em plena exploração.

### 3.3.4 Interfaces de ligação ao Sistema Genérico de Cablagem

Os Interfaces de ligação ao Sistema Genérico de Cablagem estão localizados nas extremidades de cada Subsistema de Cablagem, sendo neles promovida a ligação dos equipamentos específicos de cada aplicação.

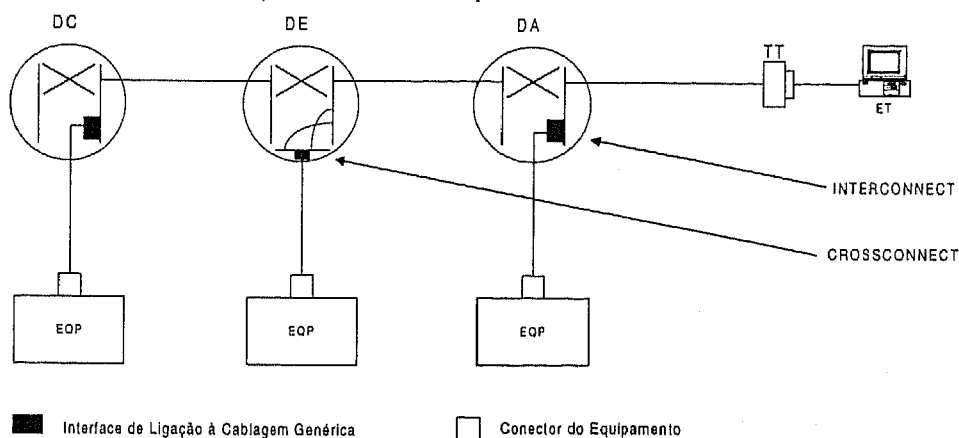
Note-se que, de acordo com o já referido, os Pontos de Transição opcionais não podem conter interfaces de ligação ao Sistema Genérico de Cablagem.

Além dos Interfaces para os equipamentos específicos, referidos no parágrafo anterior, qualquer dos Distribuidores pode conter Interfaces para Cabos de Ligação a Serviços Externos de Telecomunicações, embora tipicamente (mas não obrigatoriamente) estes últimos Interfaces estejam localizados no Distribuidor de Campus.

A performance dos Cabos de Ligação aos Serviços Externos deve ser considerada como fazendo parte do projecto de implementação das aplicações requeridas.

Um caso especial de Ligação a Serviços Externos é o da ligação aos Operadores Públicos de Telecomunicações, efectuada no Interface de Ligação à Rede Pública. A localização, forma e facilidades que este Interface deve disponibilizar são definidas em Normas próprias, fora do âmbito da Norma em discussão, e que devem ser escrupulosamente respeitadas.

No caso do Interface com a Rede Pública não estar directamente ligado à Cablagem Genérica, deve ser promovida a sua interligação, através do lançamento de cabos, respeitando, em cada uma das extremidades, os requisitos impostos pelas normas aplicáveis.



### 3.3.5 Dimensionamento e configuração

#### 3.3.5.1 Distribuidores de Andar

Deverá existir pelo menos um Distribuidor de Andar (DA) por cada 1.000 m<sup>2</sup> de espaço reservado para escritórios em cada andar.

De forma geral, deverá existir pelo menos um Distribuidor de Andar por cada andar do Edifício.

Excepcionalmente, é permitido, em situações de Andares sujeitos a baixas taxas de ocupação ou a ocupação esporádica (p.ex. recepções, zonas de lazer, cantinas, etc.), que a distribuição para as suas Tomadas de Telecomunicações seja feita a partir de um DA de um andar adjacente.

#### 3.3.5.2 Tipos de Cabos recomendados para pré-cablagem

| Subsistema                       | Tipo de Cabo      | Uso Recomendado                         |
|----------------------------------|-------------------|-----------------------------------------|
| Cablagem Horizontal              | Cabos Balanceados | Voz e Dados (1)                         |
|                                  | Fibra Óptica      | Dados (1)                               |
| Cablagem do Backbone do Edifício | Cabos Balanceados | Voz e Dados de baixa a média velocidade |
|                                  | Fibra Óptica      | Dados de média a alta Velocidade        |
| Cablagem do Backbone de Campus   | Fibra Óptica      | Para a maioria das aplicações (2)       |
|                                  | Cabos Balanceados | Quando necessário (3)                   |

(1) - Em determinadas condições (p.ex. segurança, etc.) deve ser ponderada a utilização preferencial de Fibra Óptica

(2) - No Subsistema de Cablagem do backbone de Campus recomenda-se vigorosamente o uso de Fibra Óptica, tendo em vista a eliminação dos problemas decorrentes de as terras dos edifícios serem normalmente diferentes. Tal recomendação pode ser estendida à Cablagem do Backbone do Edifício.

(3) - O uso de Cabos Balanceados no Backbone de Campus pode ser justificado em situações em que a Banda disponibilizada pela Fibra Óptica não seja requerida (ou o seu custo seja proibitivo face aos serviços requeridos).

Por outro lado, a distribuição de serviços telefónicos para o Campus, a partir de um único PPCA, não é compatível com Backbones em Fibra Óptica.

### 3.3.5.3 Tomadas de Telecomunicações

As localizações das Tomadas de Telecomunicações (TT) são diversas, por exemplo nas paredes, no chão em caixas embutidas, etc..

O projecto da Cablagem Genérica deve contemplar a instalação de Tomadas de Telecomunicações em locais acessíveis e com uma distribuição coerente com a distribuição dos espaços nos andares.

Uma elevada densidade de Tomadas de Telecomunicações melhora substancialmente a adaptabilidade da Cablagem Genérica a novas distribuições de Áreas de Trabalho, permitindo as melhores escolhas na ligação dos Cabos de Área de Trabalho.

Em muitos países a regra adoptada considera 2 Tomadas de Telecomunicações para um máximo de 10 m<sup>2</sup> de Área de Trabalho.

De acordo com a Norma, as Tomadas de Telecomunicações podem ser implantadas individualmente ou em grupos, devendo, no entanto, cada Área individual de Trabalho ser servida pelo mínimo de 2 TTs.

A regra preferida pelo autor é ligeiramente diferente: cada Área Individual de Trabalho deve ser dotada de 3 TTs, uma para acesso a serviços telefónicos, outra para acesso a serviços de dados e uma terceira de reserva. Esta aproximação, embora implique um maior investimento inicial, permite a rápida colocação de um novo telefone ou (exclusivo) de um equipamento informático suplementar. Quer seja adoptada a solução de 2 ou 3 TTs, e dado que tipicamente sobram pares nos Cabos Horizontais, há sempre a possibilidade de desdobrar, através de dispositivos externos às TTs, o número de ligações a equipamentos; tal medida tem que ser necessariamente acompanhada por uma redistribuição dos pares nos Distribuidores de Andar que servem a Cablagem Horizontal. Note-se que existem sistemas de cablagem, coerentes com a norma EN 50173, que permitem, graças ao tipo de Repartidores utilizados, uma fácil gestão par a par dos cabos.

Note-se que a cablagem da Área de Trabalho está fora do âmbito da presente Norma, fazendo com que os dispositivos que permitem externamente às TTs desdobrar as ligações também o estejam. Na perspectiva do autor, a utilização destes dispositivos deve ser vivamente desaconselhada. O desdobramento das ligações num Cabo Horizontal pode conduzir a uma mistura de serviços, por exemplo a ligação de um terminal V24/RS232C e de PC em Ethernet; o facto de a primeira conter sinais não balanceados (e com tensões de linha bastante elevadas), pode trazer perturbações inesperadas ao acesso do PC à rede Ethernet. Situações idênticas podem ocorrer quando serviços de dados partilham Cabos Horizontais com serviços telefónicos convencionais (corrente de chamar).

No que se refere ao tipo de cabos utilizados na Cablagem Horizontal, a Norma recomenda que, pelo menos uma das TTs da Área individual de Trabalho, seja ligada ao Distribuidor de Andar por um cabo balanceado de 100 ou de 120 Ohm. De acordo com o articulado da Norma, é dada preferência ao uso de Cabos balanceados de 100 Ohm.

As restantes TTs podem ser ligadas por cabos balanceados ou por cabos de fibra óptica.

Os cabos balanceados que ligam as TTs devem conter 2 ou 4 pares. Todos os pares de um cabo balanceado que liga uma TT devem, mandatoriamente, nela ser terminados (i.e. não são permitidos pares “no ar”). Os esquemas de ligação dos pares para estes dois casos serão apresentados na alínea “Requisitos do Hardware de Ligação”.

Todas as TTs devem estar convenientemente assinaladas por etiquetas indeléveis; além disso, as TTs que sejam interligadas por cabos de apenas 2 pares devem estar inequivocamente assinaladas.

A Norma prevê o uso de dispositivos tais como Baluns, Adaptadores de Impedância e aparelhagem que permita a redistribuição de pares, que devem, no entanto, ser externos às TTs (i.e. ligados entre as TTs e os equipamentos de utilização).

A localização, tipo e esquema de ligação utilizado em cada Tomada de Telecomunicações deve ser registado. A norma indica, na sua alínea “Administração”, os procedimentos a usar.

#### **3.3.5.4 Armários de Telecomunicações e Salas de Equipamento**

Os Armários de Telecomunicações devem providenciar facilidades tais como espaço, energia eléctrica, controlo de ambiente (humidade e temperatura), etc., para os equipamentos activos, componentes passivos e Interfaces com a Rede Pública neles alojados. Os Armários de Telecomunicações devem ter acesso directo aos Backbones onde estão inseridos.

As Salas de Equipamento são áreas onde se encontram alojados equipamentos de telecomunicações e que podem ou não conter Distribuidores.

As Salas de Equipamento são tratadas de maneira diferente dos Armários de Telecomunicações dada a natureza ou complexidade dos equipamentos que alojam (p.ex. PPCAs, computadores de grande porte, servidores, etc.).

Mais do que um Distribuidor pode estar alojado numa Sala de Equipamento. Qualquer espaço reservado a aplicações de telecomunicações que aloje mais do que um Distribuidor deve ser considerado como uma Sala de Equipamento.

### **3.3.5.5 Pontos de Entrada nos Edifícios**

Os Pontos de Entrada nos Edifícios são requeridos sempre que existam Subsistemas de Cablagem de Backbone de Campus, cabos de acesso a Redes Públicas ou Privadas (incluindo antenas) que entrem nos edifícios para ligação ao Sistema Genérico de Cablagem.

Como já foi referido na alínea 3.3.4, "Interfaces de ligação ao Sistema Genérico de Cablagem", o acesso a Redes externas, nomeadamente às Redes Públicas, está sujeito a recomendações nacionais (tipicamente resultantes de adaptações à realidade local de recomendações internacionais) que devem ser respeitadas e contempladas no projecto da Cablagem Genérica.

### **3.3.6 Compatibilidade Electromagnética (EMC)**

As Normas Europeias que se referem à emissão e à imunidade electromagnética, nomeadamente as Normas EN 50081-1, EN 50082-1, EN 55022 e EN 55024, devem ser tomadas em linha de conta quando do projecto da Cablagem Genérica.

NOTE-SE QUE a Cablagem Genérica é considerado UM SISTEMA PASSIVO e, como tal, NÃO PODE SER TESTADO INDIVIDUAL e ISOLADAMENTE no que se refere à Compatibilidade Electromagnética.

De qualquer maneira, a Norma recomenda o uso de equipamentos activos certificados, a instalar com os cuidados necessários de modo a não degradar as características do Sistema Genérico de Cablagem.

O Cenelec, responsável pela elaboração da Norma EN 50173, está a desenvolver recomendações no tocante à instalação da Cablagem Genérica, que serão reflectidas pela presente Norma, logo que aprovadas.

### **3.3.7 Ligação à Terra**

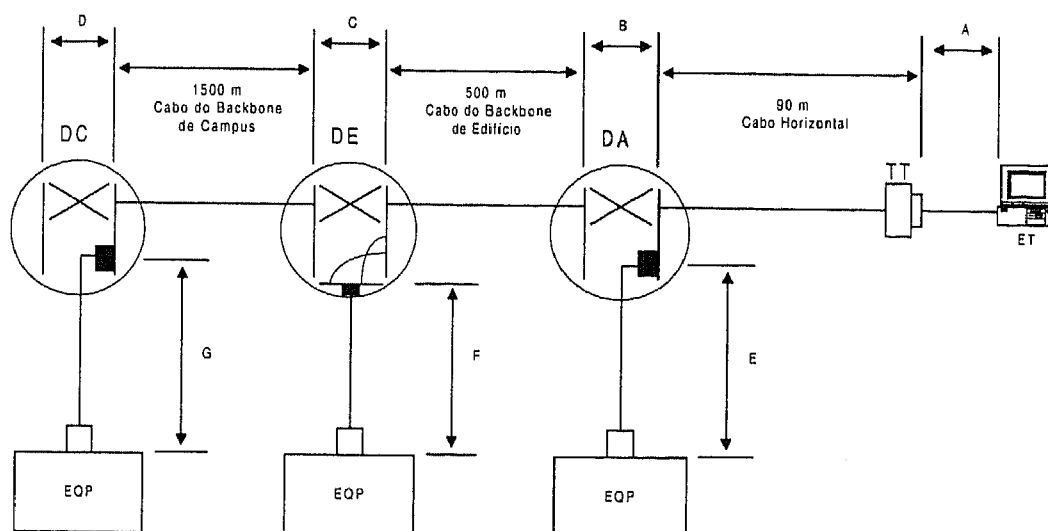
A Ligação à Terra, quando aplicável, dos componentes da Cablagem Genérica deve obedecer à Norma HD 384, Parte 5, Capítulo 54, regulamentadora das Terras e dos Condutores de Protecção nas instalações eléctricas.

As recomendações que o Cenelec está a desenvolver, referidas na alínea anterior, também se debruçarão sobre esta problemática.

### 3.4 Implementação

#### 3.4.1 Generalidades

A alínea “Implementação” especifica um projecto de uma cablagem que, quando correctamente instalada, é conforme à Norma EN 50173. O projecto deve ser aplicável à maioria das instalações, devendo ser respeitados os comprimentos máximos, indicados na figura que se segue, para as Cablagens dos Subsistemas Horizontal e dos Backbones.



As distâncias assinaladas na figura anterior devem obedecer às seguintes regras:

| Referência | Comprimento | Observações                                                                                                                                        |
|------------|-------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| A + B + E  | ≤ 10 metros | Comprimento combinado do Cabo da Área de Trabalho, do Cabo do Equipamento e do Cordão de Patching (ou Jumper) no Subsistema de Cablagem Horizontal |
| C          | ≤ 20 metros | Cordão de Patching (ou Jumper) no DE                                                                                                               |
| D          | ≤ 20 metros | Cordão de Patching (ou Jumper) no DC                                                                                                               |
| F          | ≤ 30 metros | Cabo do Equipamento no DE                                                                                                                          |
| G          | ≤ 30 metros | Cabo do Equipamento no DC                                                                                                                          |

Nota 1: Os Cabos Flexíveis (Cordões de Patching ou Jumpers), referidos na figura e na tabela anteriores, estão sujeitos à conformidade com as características a apresentar na alínea 3.6.3.3

Nota 2: Recomenda-se vivamente que sejam respeitadas os comprimentos máximos apresentados na tabela anterior, embora, dado que incluem cabos fora do âmbito da presente norma, os valores não tenham carácter normativo

Nota3: Todos os comprimentos apresentados são mecânicos (i.e. correspondem aos comprimentos físicos dos cabos)

Os requisitos a que devem obedecer os componentes da cablagem serão apresentados, para o caso dos Cabos, na alínea 3.6, "Requisitos dos Cabos" e na alínea 3.7, "Requisitos do Hardware de Conectorização", para o caso do Hardware de Conectorização. Os Cabos Balanceados de 100 ou de 120 Ohm de Impedância Característica e o Hardware de Conectorização são classificados por Categorias de performance crescente; os cabos de Categoria 3 são especificados até 16 MHz e os cabos de Categoria 5 até 100 MHz.

Além dos comprimentos já apresentados, a Norma prevê outras autorizações e restrições:

- Podem ser misturados Cabos e Hardware de Conectorização de diferentes Categorias num Subsistema ou num Link. No entanto, se tal política for utilizada, as características de um Link serão determinadas pela Categoria dos Componentes de mais baixa performance
- Não devem ser misturados Cabos de Pares Balanceados de diferentes impedâncias características num mesmo Link
- Fibras Ópticas com diâmetros de núcleo diferentes não devem ser misturados no mesmo Link
- Réplicas de um mesmo condutor ou condutores (i.e. derivações ou ligações de condutores em ponte [Bridged Taps]), não devem existir como parte da Cablagem Genérica. Note-se que estas réplicas podem existir se os equipamentos específicos de uma aplicação assim o exigirem; no entanto, estarão nas cablagens externas à Cablagem Genérica.

### **3.4.2 Cablagem Horizontal**

#### **3.4.2.1 Distâncias na Cablagem Horizontal**

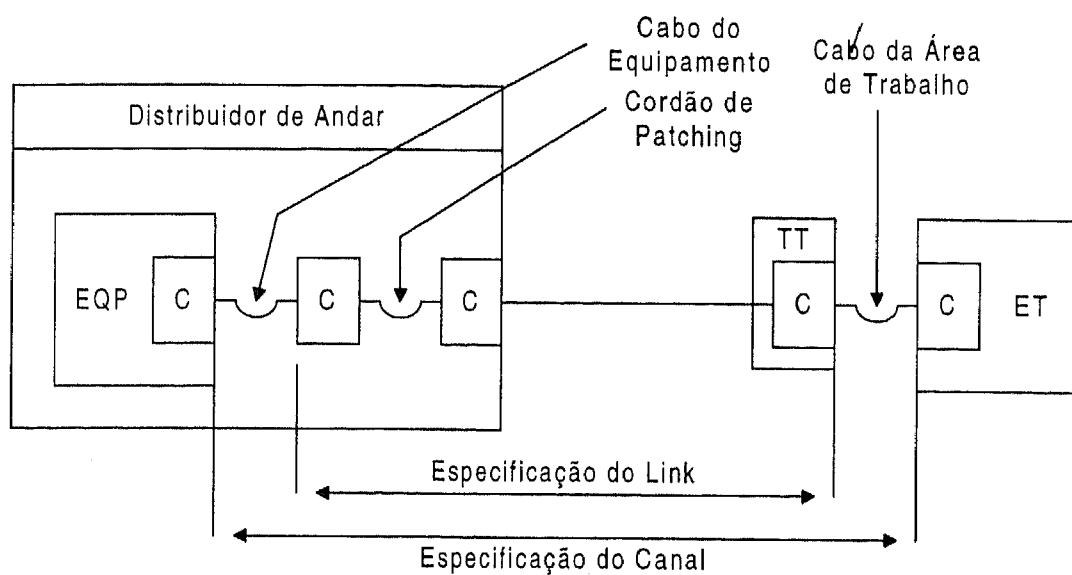
O comprimento máximo de Cabo entre o Distribuidor de Andar e uma Tomada de Telecomunicações deve ser de 90 metros, tal como apresentado na figura anterior, medido entre as terminações mecânicas do Repartidor do DA e da TT.

Como também já foi referido, o comprimento mecânico combinado do Cabo da Área de Trabalho, do Cabo do Equipamento e do Cordão de Patching (ou Jumper) no Subsistema de Cablagem Horizontal não deve exceder 10 metros.

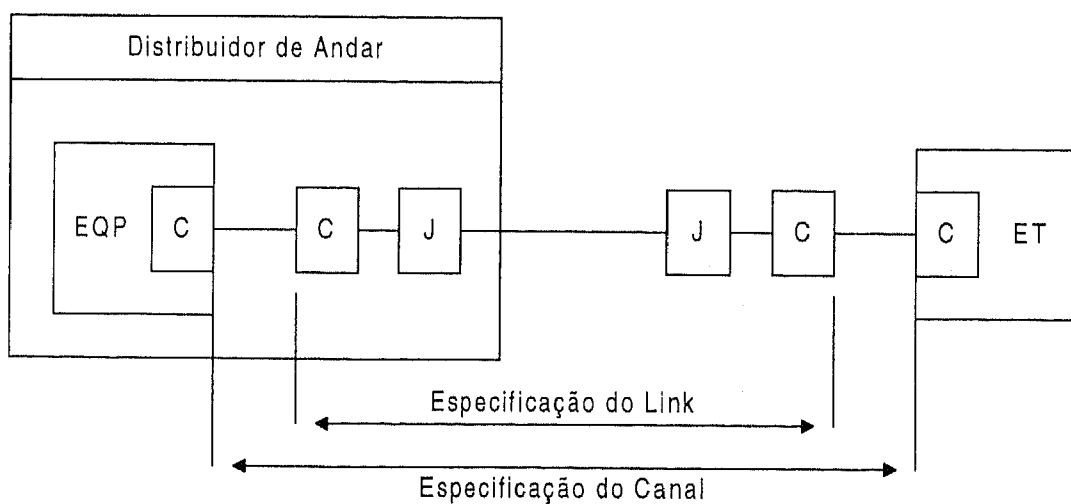
Respeitado o máximo, podem ser utilizados comprimentos que satisfaçam as necessidades; recomenda-se, no entanto, o uso de coerência, i.e., deve ser finito (e o mais reduzido possível) o conjunto de comprimentos utilizados nos cabos de Área de Trabalho, Cordões de Patching e Cabos de Equipamento. Tal medida permite facilmente verificar os comprimentos combinados em uso, caso a caso.

Além da restrição imposta ao comprimento acumulado, o comprimento mecânico máximo dos Cordões de Patching (ou Jumper) utilizados no Distribuidor de Andar não deve ultrapassar 5 metros.

As figuras que se seguem mostram os modelos usados para correlacionar as especificações da Cablagem Horizontal com o articulado na alínea 3.5, onde serão apresentadas as especificações da performance dos Links. As duas figuras apresentam sequencialmente cablagens horizontais em Cabos Balanceados e em Fibra Óptica.



EQP - Equipamento no Distribuidor de Andar  
 C - Conexão  
 ET - Equipamento Terminal



EQP - Equipamento no Distribuidor de Andar  
 C - Conexão  
 J - Junta (Splice)  
 ET - Equipamento Terminal

No caso da primeira das duas figuras anteriores, a Cablagem Horizontal em Cobre consiste em 90 metros de cabo FIXO, em 5 metros de cabo FLEXÍVEL (Cordões de Patching ou Jumpers) e em 3 Conexões./Os Cabos e o Hardware de Conectorização serão, para o efeito de especificação da Cablagem Horizontal, da mesma Categoria.

No caso de serem utilizados Pontos de Transição opcionais, deverão ser garantidas as características mínimas de transmissão que seriam conseguidas se se usasse o cabo de 90 metros especificado.

Como será visto na alínea 3.6.3.3, estes comprimentos **mecânicos** (90 + 5 metros) são equivalentes a um comprimento **eléctrico** de 90 + 7,5 metros. Enquanto que no caso dos Cabos Fixos os comprimentos mecânico e eléctrico são iguais, o mesmo não acontece com os Cabos Flexíveis (Cordões de Patching e Jumpers); tal diferença é justificada pelos requisitos de atenuação dos Cabos Flexíveis.

No caso da utilização de Fibra Óptica (segunda figura do grupo anterior de figuras), são utilizadas uma Conexão e uma Junta em cada extremidade do Subsistema de Cablagem Horizontal.

Dado que os Cabos dos Equipamentos e os Cabos da Área de Trabalho fazem parte da especificação do Canal mas estão fora do âmbito da Norma EN 50173, é necessário fazer algumas suposições.

#### **3.4.2.2 Escolha do Tipo de Cabo**

É recomendado o uso dos seguintes tipos de cabo:

- Cabo Balanceado de 100 Ohm de impedância característica
- Cabo de Fibra Óptica multimodo 62,5/125 µm

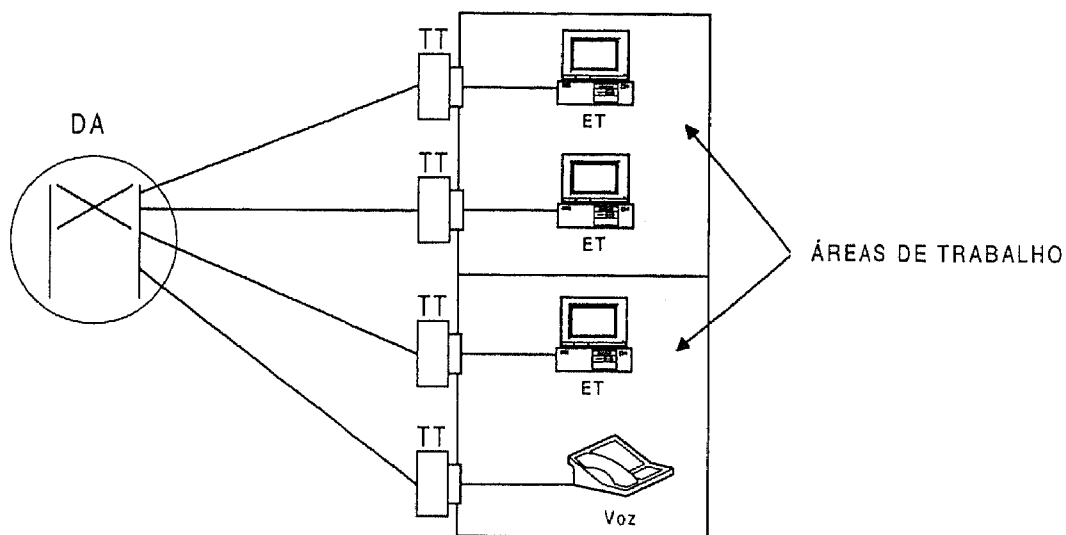
Como alternativa poderão ser utilizados Cabos Balanceados de 120 ou de 150 Ohm de impedância característica e Fibras Ópticas de 50/125 µm.

Os cabos aqui referidos serão descritos na alínea 3.6, "Requisitos dos Cabos". Caso sejam usados ecrãs ou componentes metálicos ligados à Terra, deve ser respeitado o articulado na alínea 3.8, "Prática de Blindagens".

### 3.4.2.3 Configuração das Tomadas de Telecomunicações

As duas Tomadas de Telecomunicações numa Área de Trabalho (número mínimo de TTs de acordo com a alínea 3.3.5.3) devem ser configuradas da seguinte forma:

- Uma das TTs deve ser servida por um Cabo Balanceado de 100 ou de 120 Ohm. É recomendado o uso de cabos de Categoria 5
- A segunda TT pode ser servida por um Cabo Balanceado de Categoria 5 ou por um Cabo de Fibra Óptica.



### **3.4.3 Cablagem de backbone**

#### **3.4.3.1 Topologia Física**

A Norma impõe algumas restrições na topologia física, ao nível dos Subsistemas de Backbone:

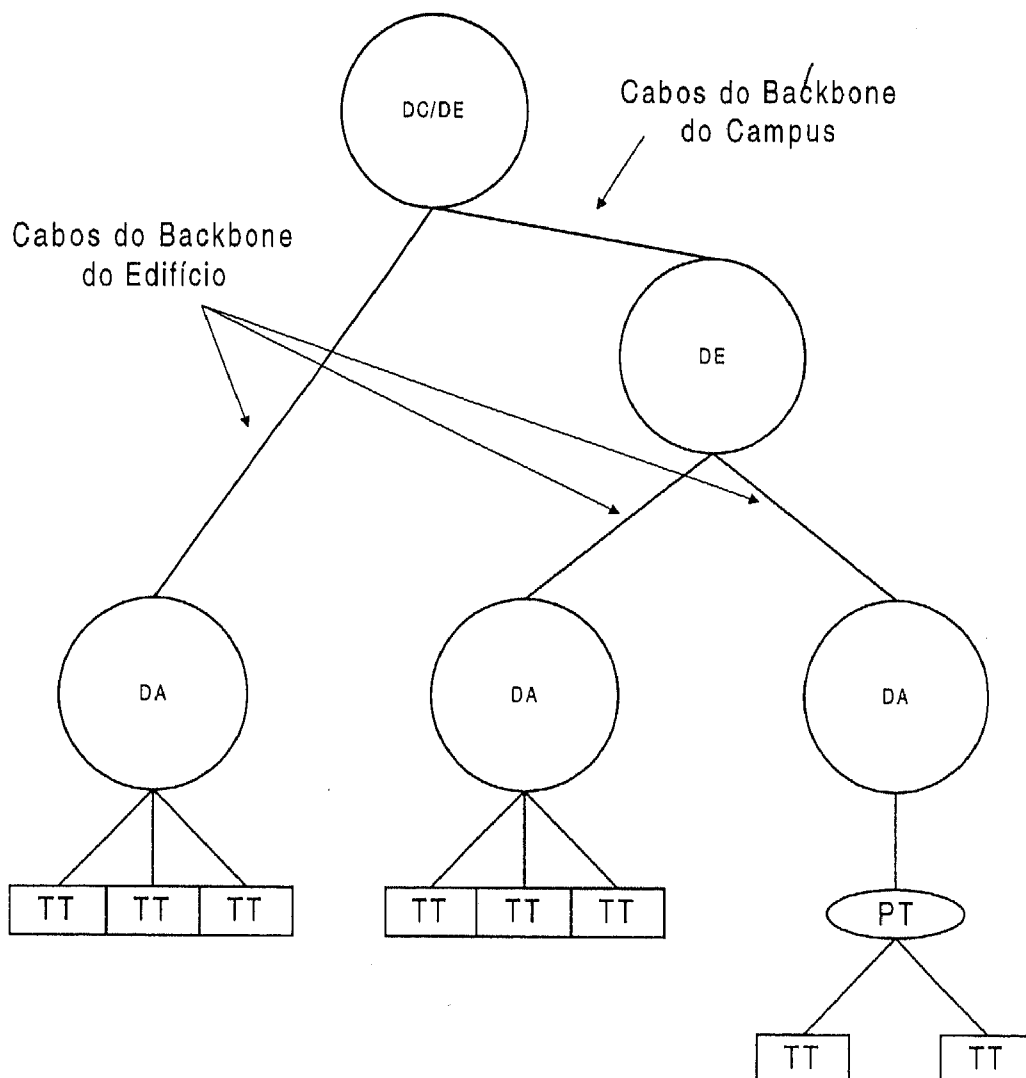
- De modo a limitar a degradação dos sinais nos dispositivos passivos de Repartição e de Conectorização, facilitando, simultaneamente, as tarefas de administração ao nível do conhecimento e do registo dos Links e dos Canais estabelecidos ao longo da Cablagem Genérica, não devem existir mais do que 2 níveis hierárquicos de Repartidores nas Cablagens de Backbone (i.e. os Repartidores dos Distribuidores de Campus e de Edifício)
- Para alcançar o Subsistema de Cablagem de Backbone de Campus, um Canal não passará por mais de um Repartidor, contado a partir do Distribuidor de Andar ao qual o referido Canal está associado. Isto é: um Distribuidor de Andar tem que estar directamente ligado a um Distribuidor de Edifício; o Repartidor que se encontra inserido no Canal está associado ao Distribuidor de Edifício.

Numa parte importante dos casos, um só Repartidor responde a todas as necessidades de repartição ao nível do Backbone (incluindo os Subsistemas de Edifício e de Campus).

Os Repartidores associados aos Backbones podem ser alojados em Armários de Telecomunicações ou em Salas de Equipamento. Como já foi referido, é possível, através da utilização judiciosa de Cordões de Patching nos Repartidores, acomodar na topologia em Estrela Hierárquica, forma como se encontra implementada a Cablagem Genérica, as diversas topologias de redes tais como Barramento, Anel, Estrela, Árvore, etc..

A Norma apresenta, nos seus anexos, diversos exemplos de implementação das referidas topologias.

A figura que se segue apresenta uma topologia de Backbone em Estrela.



### 3.4.3.2 Escolha do Tipo de Cabo

São especificados na Norma EN 50173 cinco tipos de cabos, passíveis de utilização nos Backbones e que podem ser utilizados simultaneamente.

São, no entanto, recomendados para pré-cablagem os seguintes tipos:

- Fibra Óptica Multimodo ou Monomodo. É recomendado o uso de Fibra Óptica Multimodo 62,5/125  $\mu\text{m}$
- Cabos Balanceados de 100 Ohm. Em alternativa, poderão ser utilizados Cabos Balanceados de 120 Ohm.

Os cabos aqui referidos serão descritos na alínea 3.6, "Requisitos dos Cabos". Caso sejam usados ecrãs ou componentes metálicos ligados à Terra, deve ser respeitado o articulado na alínea 3.8, "Prática de Blindagens".

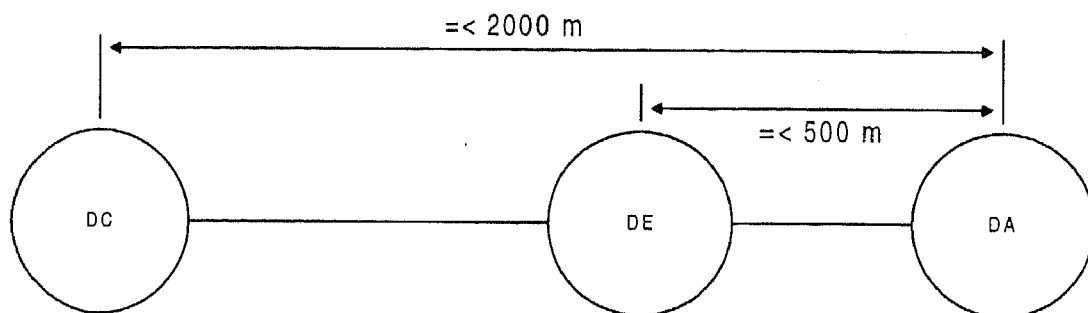
### 3.4.3.3 Distâncias nas Cablagens de Backbone

**NOTA:**

Poderão existir aplicações que não sejam capazes de suportar os comprimentos máximos apresentados nesta alínea.

#### 3.4.3.3.1 Backbones de Edifício e de Campus

As distâncias máximas entre o Distribuidor de Campus, os Distribuidores de Edifício e os Distribuidores de Andar (ligados a um Distribuidor de Edifício), deverão estar de acordo com a figura que se segue:



As instalações em que estes limites possam ser ultrapassados, devem ser subdivididas em áreas mais pequenas, nas quais possam ser instalados Backbones em conformidade com a presente Norma.

De acordo com a figura, a distância máxima (considerando o caminho dos cabos e não a distância linear) entre o Distribuidor de Campus e qualquer dos Distribuidores de Andar não deve ultrapassar 2000 metros. A distância entre um Distribuidor de Edifício e qualquer dos Distribuidores de Andar a ele ligados não deve ultrapassar 500 metros.

Embora o limite de 2000 metros possa ser ultrapassado recorrendo ao uso de Fibras Ópticas Monomodo, há que ter em linha de conta que cablagens em que as distâncias entre o Distribuidor de Campus e qualquer dos Distribuidores de Andar sejam superiores a 3000 metros, saiem fora do âmbito da Norma EN 50173.

Mesmo em situações em que o limite seja excedido, graças à utilização de meios técnicos que permitam garantir as especificações de funcionamento dos equipamentos, recomenda-se a utilização do modelo estrutural preconizado nesta norma (ver alíneas 3.3 e seguintes).

As distâncias máximas apresentadas na figura anterior não são aplicáveis para todas as combinações possíveis de cabos preconizados. As distâncias máximas possíveis para cada tipo de cabo serão apresentadas na alínea 3.5, “Especificações do Link”. Recomenda-se, também, a consulta às entidades normalizadoras das aplicações específicas a implementar e aos fabricantes/fornecedores dos equipamentos e componentes.

As cablagens de Backbone estão sujeitas a restrições no que se refere aos Cordões de Patching ou Jumpers a utilizar nos Distribuidores de Campus e de Edifício, recomendando-se um comprimento máximo de 20 metros. Caso este valor máximo seja ultrapassado, o comprimento em excesso em relação aos 20 metros deve ser deduzido do comprimento máximo permitido para os Subsistemas de Backbone.

#### **3.4.3.3.2 Serviços Externos**

Os Serviços Externos podem entrar num Campus ou num Edifício longe de um Distribuidor. As distâncias entre os Pontos de Entrada desses serviços e os Distribuidores aos quais esses serviços estão ligados devem ser consideradas no cálculo dos comprimentos máximos dos cabos.

Como já foi referido, as recomendações nacionais aplicáveis a esses serviços devem ser respeitadas e contempladas no projecto da Cablagem Genérica.

#### **3.4.3.3.3 Conexões aos Equipamentos de Telecomunicações**

Os cabos que ligam equipamentos de Telecomunicações directamente ao Distribuidor de Campus ou aos Distribuidores de Edifícios, como por exemplo os PPCA's, não devem exceder 30 metros. Caso este valor máximo seja ultrapassado, o comprimento em excesso em relação aos 30 metros deve ser deduzido do comprimento máximo permitido para os Subsistemas de Backbone.

### 3.5 Especificações do Link

#### 3.5.1 Generalidades

A alínea 3.5 define os requisitos de performance de uma Cablagem Genérica Instalada.

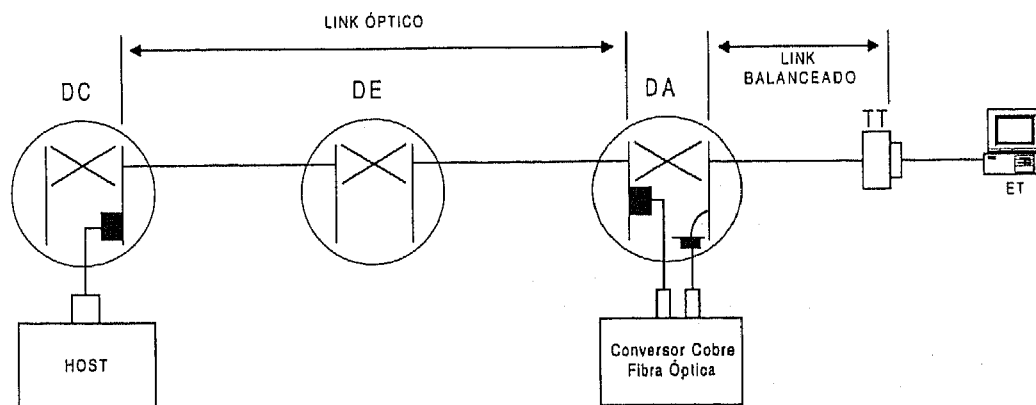
Os requisitos de performance aqui apresentados podem ser utilizados para qualificação de uma Cablagem Genérica e para verificação de conformidade com a Norma EN 50173.

Os testes nos Links devem ser efectuados de acordo com os procedimentos prescritos na presente Norma, sob pena da obtenção de resultados duvidosos.

A performance de um Link de cablagem é especificada nos e entre os Interfaces de acesso ao Link.

Uma Cablagem só contém Cabos (elementos passivos), o seu Hardware de Conectorização e Cabos de Patching (ou Jumpers). Como já foi referido, elementos passivos ou activos, específicos de uma aplicação, estão fora do âmbito da Norma.

No exemplo da figura que se segue, um equipamento terminal está ligado a um Host, através de dois Links, interligados entre si por um conversor fibra-cobre. Neste exemplo existem 4 interfaces: 2 nas extremidades do Link de Fibra Óptica, 2 nas extremidades do Link de Cabo de cobre Balanceado.



### 3.5.2.2 Classificação dos Links

São definidas 5 Classes para os Links, de acordo com a tabela.

| Classe do Link | Frequência máxima especificada                |
|----------------|-----------------------------------------------|
| A              | 100 KHz                                       |
| B              | 1 MHz                                         |
| C              | 16 MHz                                        |
| D              | 100 MHz                                       |
| Óptica         | Suporte para aplicações a 10 MHz e superiores |

Os Links das Classes A a D deverão disponibilizar níveis mínimos de performance necessários ao suporte de Aplicações com Classe idêntica.

Os Links de Classe C correspondem a implementações de Subsistemas de Distribuição Horizontal de Categoria 3.

Os Links de Classe D correspondem a implementações de Subsistemas de Distribuição Horizontal de Categoria 5.

A tabela que se segue apresenta os comprimentos máximos possíveis com cabos de diferentes tipos e categorias. Note-se que no caso das Fibras Ópticas são apresentadas Fibras Multimodo e Monomodo.

| Meio                        | Comprimento do Canal para uma dada Classe (metros) |     |         |         |          |
|-----------------------------|----------------------------------------------------|-----|---------|---------|----------|
|                             | A                                                  | B   | C       | D       | Óptico   |
| Cabo Balanceado Categoria 3 | 2000                                               | 200 | 100 (1) | ----    | ----     |
| Cabo Balanceado Categoria 3 | 3000                                               | 260 | 160 (2) | 100 (1) | ----     |
| Cabo Balanceado de 150 Ohm  | 3000                                               | 400 | 250 (2) | 150 (2) | ----     |
| Fibra Óptica Multimodo      | n/a                                                | n/a | n/a     | n/a     | 2000     |
| Fibra Óptica Monomodo       | n/a                                                | n/a | n/a     | n/a     | 3000 (3) |

- (1)- Os 100 metros incluem um máximo de 10 metros para o comprimento acumulado de Cordões de Patching ou Jumpers, Cabos da Área de Trabalho e Cabos dos Equipamentos, de acordo com a especificação do Link apresentada na alínea 3.4.2.1
- (2)- Quando os Subsistemas de Distribuição Horizontal requirem comprimentos em Cabo Balanceado maiores do que 100 metros, devem ser consultadas as Normas relevantes para a aplicação a implementar
- (3)- O valor máximo apresentado é o limite no âmbito da Norma, e não um limite imposto pelo meio utilizado.

Quando do projecto e da especificação dos Cabos a utilizar, deve-se ter em linha de conta a possibilidade da conexão dos diversos Subsistemas de modo a formar Links compostos por Links individuais em cada Subsistema. De acordo com o clausulado da Norma, os ensaios de conformidade são feitos nos Links ao nível de cada Subsistema, de acordo com procedimentos preconizados na Norma que devem ser respeitados. O teste de Links combinados deve ser feito de acordo com as Normas relevantes para a aplicação em causa.

As distâncias apresentadas são baseadas nos máximos admissíveis em cada Classe para as perdas por Crosstalk (Diafonia), Largura de Banda (no caso das Fibras Ópticas) e atenuações. Sempre que os Cabos excedam (para melhor!) as características mínimas impostas pela Norma, serão possíveis maiores comprimentos de Links e de Canais do que os previstos na Norma.

### **3.5.3 Links em Cabos Balanceados**

Os parâmetros que vão ser apresentados nesta alínea são aplicáveis a Cabos com e sem ecrãs. Os ecrãs, caso existam, podem ser globais e/ou em torno dos Elementos de Cabo.

Os procedimentos para as medidas de conformidade são preconizadas na Norma EN 50173 no seu Anexo A.

#### **3.5.3.1 Impedância Característica**

No que se refere a esta constante, aplicam-se as seguintes cláusulas:

- A Impedância Característica de um Link deve ser 100, 120 ou 150 Ohm, medidos entre a frequência de 1 MHz e a mais alta frequência especificada para a Classe a que pertence o Link
- As variações da Impedância Característica ao longa da banda de frequências especificada para cada Classe não deve ultrapassar  $\pm 15$  Ohm. Note-se que este valor é apresentado ainda a título de referência, estando ainda em fase de estudo um valor definitivo

Os procedimentos para a medida da Impedância Característica de uma Cablagem já instalada estão ainda em fase de estudo. Como tal, e até esses procedimentos estarem definidos, a verificação de conformidade com a Norma no que se refere àquela característica é feita pela verificação dos componentes utilizados.

### 3.5.3.2 Perdas de Retorno

A medida das Perdas de Retorno reveste-se de uma importância particular. Desadaptações de Impedâncias na Cablagem, por exemplo ao nível da Conectorização, causam Ondas Reflectidas que, quando não controladas, podem degradar a qualidade dos sinais até os tornar inutilizáveis.

As Perdas de Retorno medem o grau de desadaptação entre os diversos componentes da Cablagem utilizados no Link.

As Perdas de Retorno são medidas utilizando um instrumento de medida apropriado, ligado a um Interface numa extremidade do Link. A outra extremidade é terminada com uma carga resistiva de valor igual ao da Impedância Característica nominal do Link.

A tabela que se segue apresenta valores para as Perdas de Retorno que devem ser igualados ou excedidos.

| Gama de Frequências (MHz) | Mínimo para as Perdas de Retorno em dB, por Classe de Link |    |
|---------------------------|------------------------------------------------------------|----|
|                           | C                                                          | D  |
| $1 \leq f \leq 10$        | 18                                                         | 18 |
| $10 \leq f \leq 16$       | 15                                                         | 15 |
| $16 \leq f \leq 20$       | n/a                                                        | 15 |
| $20 \leq f \leq 100$      | n/a                                                        | 10 |

Os valores apresentados para as Perdas de Retorno ainda se encontram em fase de estudo.

### 3.5.3.3 Atenuação

A Atenuação num Link não deve exceder os valores apresentados na tabela que se segue. As medidas de atenuação devem ser efectuadas de acordo com o Ponto 3.3.2 da norma HD 608 de 1992, e apresentadas para o comprimento do Link (sem converter o valor lido para um valor à escala, correspondente ao valor da atenuação para 1.000 Pés [305 metros] de comprimento de Cabo, como prevê a citada Norma).

| Frequência<br>(MHz) | Atenuação Máxima em dB,<br>por Classe de Link |     |      |      |
|---------------------|-----------------------------------------------|-----|------|------|
|                     | A                                             | B   | C    | D    |
| 0,1                 | 16                                            | 5,5 | n/a  | n/a  |
| 1,0                 | n/a                                           | 5,8 | 3,7  | 2,5  |
| 4,0                 | n/a                                           | n/a | 6,6  | 4,8  |
| 10,0                | n/a                                           | n/a | 10,7 | 7,5  |
| 16,0                | n/a                                           | n/a | 14   | 9,4  |
| 20,0                | n/a                                           | n/a | n/a  | 10,5 |
| 31,25               | n/a                                           | n/a | n/a  | 13,1 |
| 62,5                | n/a                                           | n/a | n/a  | 18,4 |
| 100                 | n/a                                           | n/a | n/a  | 23,2 |

Os valores da tabela são baseados nos requisitos de atenuação das aplicações referidas na alínea 3.5.2.1

Note-se que, para Links da Classe D, a conformidade com os valores do ACR (Attenuation to Crosstalk Loss Ratio), a apresentar na alínea 3.5.3.5, pode requerer valores de atenuação máximos mais baixos que os propostos na tabela anterior.

Os Links de Classe D utilizam Cabos cuja curva de atenuação segue de perto, a partir de 1 MHz, a curva gerada por uma função da raiz quadrada da frequência.

No caso de se efectuarem medidas que incluam os Cabos dos Equipamentos e os Cabos da Área de Trabalho, os resultados obtidos não deverão exceder os valores apresentados na tabela para além dos valores das atenuações dos referidos Cabos.

### 3.5.3.4 Perdas por Diafonias (Near-end Crosstalk [NEXT])

As perdas por Near-end Crosstalk medem acoplamento indesejado entre os pares de emissão e recepção de um Cabo Balanceado.

Quanto mais alto for o valor do NEXT melhor é o isolamento entre pares. Note-se que o NEXT é uma relação de potências que é calculada subtraindo à potência injectada num par (em dB) a potência recebida no outro par; a medida é efectuada neste último par na mesma extremidade do Cabo em que são injectados os sinais (daí chamar-se "Near-end"). As medidas são efectuadas com os pares terminados, no lado distante, com resistências de valor igual ao da sua impedância característica.

As perdas por Next num Link devem igualar ou exceder os valores da tabela que se segue. As medidas devem ser efectuadas de acordo com o Ponto 3.3.4 da norma HD 608 de 1992, e apresentadas para o comprimento do Link (sem converter o valor lido para um valor à escala, correspondente ao valor das perdas por Next para 1.000 Pés [305 metros] de comprimento de Cabo, como prevê a citada Norma).

| Frequência<br>(MHz) | Mínimo para as perdas por NEXT,<br>em dB, por Classe de Link |     |     |     |
|---------------------|--------------------------------------------------------------|-----|-----|-----|
|                     | A                                                            | B   | C   | D   |
| 0,1                 | 27                                                           | 40  | n/a | n/a |
| 1,0                 | n/a                                                          | 25  | 39  | 54  |
| 4,0                 | n/a                                                          | n/a | 29  | 45  |
| 10,0                | n/a                                                          | n/a | 23  | 39  |
| 16,0                | n/a                                                          | n/a | 19  | 36  |
| 20,0                | n/a                                                          | n/a | n/a | 35  |
| 31,25               | n/a                                                          | n/a | n/a | 32  |
| 62,5                | n/a                                                          | n/a | n/a | 27  |
| 100                 | n/a                                                          | n/a | n/a | 24  |

Os valores da tabela são baseados nos requisitos das aplicações referidas na alínea 3.5.2.1 .

Note-se que, para Links da Classe D, a conformidade com os valores do ACR (Attenuation to Crosstalk Loss Ratio), a apresentar na alínea 3.5.3.5, pode requerer valores mínimos de Perdas por NEXT mais baixos que os propostos na tabela anterior.

As medições de Perdas de Next efectuadas com os Cabos de Equipamento e de Área de Trabalho devem, apesar dos cabos suplementares, cumprir os valores mínimos apresentados na tabela anterior. Note-se que a presença dos referidos cabos pode degradar, para além do limite estipulado, a performance no que se refere às Perdas por Next.

Dado que as Diafonias não são as únicas fontes de ruído num sistema de Telecomunicações, assume-se que todas as outras fontes geram ruído pelo menos 10 dB abaixo do gerado pelas Diafonias, às frequências relevantes.

### 3.5.3.5 Relação Atenuação Perdas por Diafonias (ACR)

O ACR (Attenuation to Crosstalk loss Ratio) é a diferença (em Decibéis) entre as Perdas por Diafonias e a Atenuação de um Link.

É uma medida aparentada com a Relação Sinal Ruído (SNR), embora distinta nos procedimentos de medida (a SNR é calculada a partir dos níveis de emissão e de recepção de equipamentos de utilização específicos de uma aplicação, enquanto que o ACR é genérico).

A fórmula geral de cálculo do ACR é a seguinte:

$$ACR = a_n - a \text{ em que:}$$

- $a_n$  é a medida (em dB) das Perdas por Diafonias (NEXT), medida entre os dois piores pares, de acordo com o referido na alínea 3.5.3.4
- $a$  é a Atenuação (em dB) do Link, medida de acordo com o referido na alínea 3.5.3.3

No caso dos Links de Classes A, B e C, o ACR mínimo necessário para o funcionamento das aplicações pode ser calculado pela aplicação directa da fórmula sobre os valores das tabelas de Atenuação e de Perdas por NEXT.

No Caso dos Links de Classe D, o referido no parágrafo anterior **não é válido**, sendo os valores mínimos de ACR mais exigentes dos que os conseguidos pela fórmula.

Esta política permite efectuar alguns exercícios no projecto da Cablagem Genérica, por exemplo: deixando degradar as Diafonias e compensando com a Atenuação (função do comprimento do Cabo), pode-se manter um ACR concordante com o clausulado da Norma.

A tabela que se segue apresenta os valores mínimos do ACR preconizados pela Norma EN 50173 para os Links de Classe D.

| Frequência (MHz) | ACR mínimo para Links de Classe D, em dB |
|------------------|------------------------------------------|
| 1,0              | ----                                     |
| 4,0              | 40                                       |
| 10,0             | 35                                       |
| 16,0             | 30                                       |
| / 20,0           | 28                                       |
| 31,25            | 23                                       |
| 62,5             | 13                                       |
| 100,0            | 4                                        |

### 3.5.3.6 Resistência D.C. de Lacete dos Pares

A máxima Resistência de Lacete, em corrente contínua, que os pares de um Link podem apresentar, é o objecto da tabela que se segue.

| Classe do Link               | A   | B   | C  | D  |
|------------------------------|-----|-----|----|----|
| Resistência de Lacete em Ohm | 560 | 170 | 40 | 40 |

### 3.5.3.7 Atraso de Propagação

O máximo Atraso de Propagação permitido nos Links é apresentado na tabela que se segue.

| Classe do Link | Frequência da Medida em MHz | Atraso em $\mu$ s |
|----------------|-----------------------------|-------------------|
| A              | 0,01                        | 20,0              |
| B              | 1                           | 5,0               |
| C              | 10                          | 0,9               |
| D              | 30                          | 0,9               |

Além da conformidade com os valores da Tabela, o Atraso de Propagação, na componente dos Links Classes A e B ao nível do Subsistema de Cablagem Horizontal, não deve ultrapassar 1 $\mu$ s.

### 3.5.3.8 Longitudinal to Differential Conversion Loss

O Longitudinal to Differential Conversion Loss, também designado por Balance (Balanceamento), é uma medida da qualidade do Cabo, importante na determinação do seu comportamento em relação ao ruído e à Compatibilidade Electromagnética.

São normalmente efectuadas duas medidas de Balanceamento:

- Longitudinal Conversion Loss (LCL). Esta medida é efectuada num Interface e permite identificar deficiências nos balanceamentos dos pares nas proximidades do emissor, que podem ser responsáveis por uma quantidade significativa de radiação electromagnética
- Longitudinal Conversion Transfer Loss (LCTL). Esta medida é efectuada entre os Interfaces nas extremidades de um Link, registando a quantidade de ruído diferencial entregue no receptor.

A tabela que se segue apresenta os valores mínimos para as Perdas por Conversão de Propagação Longitudinal para Propagação Diferencial.

| Frequência<br>(MHz) | Mínimos para Longitudinal to<br>Differential Conversion Loss,<br>em dB, por Classe de Link |     |     |     |
|---------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|-----|-----|-----|
|                     | A                                                                                          | B   | C   | D   |
| 0,1                 | 30                                                                                         | 45  | 35  | 40  |
| 1,0                 | n/a                                                                                        | 20  | 30  | 40  |
| 4,0                 | n/a                                                                                        | n/a | (1) | (1) |
| 10,0                | n/a                                                                                        | n/a | 25  | 30  |
| 16,0                | n/a                                                                                        | n/a | (1) | (1) |
| 20,0                | n/a                                                                                        | n/a | (1) | (1) |
| 100                 | n/a                                                                                        | n/a | n/a | (1) |

(1)- Estes valores ainda não estão definidos, encontrando-se em fase de estudo

Além dos valores ainda não definidos, não estão ainda estabelecidos os procedimentos de medida em Sistemas Genéricos de Cablagem já instalados, pelo que para haver conformidade basta que o projecto seja feito de acordo com os valores para esta variável.

### **3.5.3.9 Impedância de Transferência do Ecrã**

Este parâmetro só se aplica em Cablagens em que os Cabos e o Hardware de Conectorização contêm ecrãs ou blindagens.

A Impedância de Transferência do Ecrã mede a capacidade do ecrã em "blindar" um par ou um conjunto de pares da influência de campos electromagnéticos externos.

A Impedância de Transferência do Ecrã é a relação entre a tensão induzida entre um par e o ecrã e a corrente que circula no ecrã; os valores da tensão e da corrente são medidos com o par ligado ao ecrã no Interface oposto àquele em que se faz a medida.

Os sinais de teste para a medida têm uma frequência de 100 KHz.

Os procedimentos de medida em Cablagens já instaladas não estão ainda totalmente definidos.

Em situações em que são utilizados ecrãs deve ser aplicado o clausulado descrito nas alíneas 3.6, 3.7 e 3.8 .

### 3.5.4 Links em Fibra Óptica

#### 3.5.4.1 Generalidades

Nos requisitos de performance para os Links em Fibra Óptica assume-se que cada Link utiliza um só Comprimento de Onda numa só Janela de Transmissão.

Estão fora do âmbito da norma EN 50173 técnicas e equipamentos que promovam a multiplexagem de comprimentos de onda. De qualquer forma, não existem requisitos especiais nas Cablagens Genéricas necessários ao suporte da referida multiplexagem.

A Norma apresenta, no seu Anexo A, os procedimentos de medida necessários à determinação dos valores das variáveis relevantes que serão apresentadas nas próximas alíneas.

#### 3.5.4.2 Atenuação Óptica

A Atenuação Óptica Máxima permitida para um Link é função da Janela de Transmissão e do tipo de Fibra Óptica utilizada, de acordo com a tabela que se segue, assumindo que cada Link tem dois Conectores e duas Juntas.

| Subsistema                       | Comprimento do Link, em metros | Atenuação Óptica, em dB |         |           |         |
|----------------------------------|--------------------------------|-------------------------|---------|-----------|---------|
|                                  |                                | Monomodo                |         | Multimodo |         |
|                                  |                                | 1310 nm                 | 1550 nm | 850 nm    | 1300 nm |
| Cablagem Horizontal              | 90                             | 2,2                     | 2,2     | 2,5       | 2,2     |
| Cablagem do Backbone do Edifício | 500                            | 2,7                     | 2,7     | 3,9       | 2,6     |
| Cablagem do Backbone de Campus   | 1500                           | 3,6                     | 3,6     | 7,4       | 3,6     |

Além dos valores da tabela anterior, aplica-se a seguinte restrição:

- A Atenuação Óptica total em Links compostos por Links Ópticos parciais em diferentes Subsistemas não deve ultrapassar 11 dB, para Fibras 62,5/125  $\mu\text{m}$  e 8/125  $\mu\text{m}$  (Monomodo), usados às frequências nominais. O uso de outros tipos de Fibra Óptica pode estar sujeito a restrições adicionais

A tabela que se segue especifica os limites inferior e superior dos comprimentos de onda em cada janela, assim como os comprimentos de onda que devem ser utilizados nos ensaios.

| Tipo de Fibra | Comprimento de Onda, em nm |         |        | Comprimento de Onda de Teste, em nm | Largura Espectral, em nm |
|---------------|----------------------------|---------|--------|-------------------------------------|--------------------------|
|               | Mínimo                     | Nominal | Máximo |                                     |                          |
| Multimodo     | 790                        | 850     | 910    | 850                                 | 50                       |
|               | 1285                       | 1300    | 1330   | 1300                                | 150                      |
| Monomodo      | 1288                       | 1310    | 1339   | 1310                                | 10                       |
|               | 1525                       | 1550    | 1575   | 1550                                | 10                       |

#### 3.5.4.3 Largura de Banda Modal nas Fibras Multimodo (Dispersão)

O uso de Fibras Ópticas Multimodo obriga à consideração de uma característica que não é comum às Fibras Monomodo.

A Largura de Banda Modal está relacionada com os múltiplos modos de propagação permitidos pelas Fibras Multimodo, agravados pelo facto de as Fontes de Luz não serem compostas por um único Comprimento de Onda. Tal origina uma dispersão dos impulsos que, na prática, limita a Largura de Banda utilizável em cada Janela.

De acordo com a tabela que se segue, são apresentados os valores mínimos de Largura de Banda admissíveis para duas Janelas utilizadas com Fibras Multimodo.

| Comprimento de Onda, em nm | Largura de Banda Mínima, em MHz |
|----------------------------|---------------------------------|
| 850                        | 100                             |
| 1300                       | 250                             |

#### 3.5.4.4 Perdas de Retorno Ópticas

As Perdas de Retorno nos Links Ópticos devem igualar ou exceder os valores apresentados na tabela que se segue.

| Tipo de Fibra | Comprimento de Onda, em nm | Valores Mínimos para as Perdas de Retorno, em dB |
|---------------|----------------------------|--------------------------------------------------|
| Monomodo /    | 1310                       | 26                                               |
|               | 1550                       | 26                                               |
| Multimodo     | 850                        | 20                                               |
|               | 1300                       | 20                                               |

#### **3.5.4.5 Tempo de Propagação**

A Norma EN 50173 não coloca quaisquer restrições no que se refere ao Tempo de Propagação.

NOTE-SE QUE, no entanto, algumas aplicações podem colocar restrições em relação a esta variável dos Links em Fibra Óptica.

## **3.6 Requisitos dos Cabos**

### **3.6.1 Generalidades**

As alíneas 3.6 e seguintes definem as características a que devem obedecer os Cabos instalados nos diversos Subsistemas, assim como a sua compatibilidade com o Hardware de Conectorização.

Assume-se que as características dos Cabos não mudam significativamente em relação àquelas que detinham antes da instalação, pois foram respeitados os procedimentos recomendados de instalação.

Os Cabos usados nos Sistemas Genéricos de Cablagem devem estar de acordo com o clausulado da Norma HD 608 ou da Norma EN 187000, conforme a apropriada.

As especificações referentes a características sectoriais dos Cabos devem ser respeitadas logo que disponíveis. Entre elas destacam-se as Normas EN 50167, EN 50168 (que pode ser usada para os Cordões de Patching) e EN 50169 onde são descritas as características de Cabos de Categoria 5, com ecrã integral, concordantes com as emissões de fumos e de compostos halogenados, aplicáveis nos Subsistemas de Cablagem Horizontal e dos Backbones.

A instalação deve ser feita de acordo com as normas de segurança e de acordo com os procedimentos de instalação preconizados pelo fabricante e/ou pelas normas aplicáveis.

### 3.6.2 Cabos Balanceados

A Norma prevê um largo conjunto de características mecânicas e eléctricas, apresentadas nas tabelas que se seguem.

| REQUISITOS CONSTRUTIVOS DOS CABOS BALANCEADOS INSTALADOS    |         |                                                            |
|-------------------------------------------------------------|---------|------------------------------------------------------------|
| Característica                                              |         | Requisitos                                                 |
|                                                             |         | 100 e 120 Ohm      150 Ohm                                 |
| Diâmetro do Condutor (1)                                    |         | 0,4 mm a 0,6 mm (2)                                        |
| Diâmetro do Condutor com Isolamento (3)                     |         | ≤ 1,6 mm      ≤ 2,6 mm                                     |
| Ecrã em Torno do Elemento de Cabo (4)                       |         | Opcional (ver Alínea 3.8)                                  |
| Número de Elementos de Cabo num Cabo (5)                    | Pares   | ≥ 2                                                        |
|                                                             | Quadras | ≥ 1                                                        |
| Ecrã em Torno de uma Unidade de Cabo (4)                    |         | Opcional (ver Alínea 3.8)                                  |
| Número de Unidades de Cabo num Cabo                         |         | ≥ 1 (5)                                                    |
| Ecrã em Torno do Cabo (4)                                   |         | Opcional (ver Alínea 3.8)                                  |
| Diâmetro Externo do Cabo                                    |         | Deve ser minimizado                                        |
| Gama de Temperatura de Operação sem Degradação Mecânica (6) |         | Instalação: 0 °C até +50 °C<br>Operação: -20 °C até +60 °C |
| Raio de Curvatura Mínimo                                    |         | 8 Vezes o Diâmetro Externo do Cabo                         |
| Esforço de Tracção Máximo                                   |         | De acordo com as Especificações do Cabo                    |
| Grau de Resistência ao Fogo                                 |         | De acordo com as Regras de Instalação                      |

- (1)- Devem ser tomadas as devidas precauções no que se refere à compatibilidade do Diâmetro do Condutor com os dispositivos de Conectorização. Diâmetros inferiores a 0,5 mm podem não ser compatíveis com todo o Hardware de Conectorização
- (2)- A gama apresentada inclui diâmetros de 0,35 mm até 0,649 mm
- (3)- Devem ser tomadas as devidas precauções no que se refere à compatibilidade do Diâmetro do Condutor com Isolamento com os dispositivos de Conectorização. Diâmetros superiores a 1,4 mm podem não ser compatíveis com todo o Hardware de Conectorização
- (4)- Deve ter-se em atenção que o Hardware de Conectorização deve estar dotado de capacidade de terminação dos ecrãs
- (5)- Embora sejam possíveis múltiplas Unidades de Cabo num Cabo, devem ser tomadas medidas de modo a garantir a conformidade com os requisitos de Perdas por NEXT, a apresentar numa das próximas tabelas
- (6)- Valores informativos, não normativos

| CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS GERAIS DOS CABOS BALANCEADOS INSTALADOS |                 |                 |                |                |          |
|--------------------------------------------------------------------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|----------|
| Característica Eléctrica                                           | Freq. em MHz    | Tipo de Cabo    |                |                |          |
|                                                                    |                 | 100 Ohm Cat. 3  | 100 Ohm Cat. 5 | 120 Ohm Cat. 5 | 150 Ohm  |
| Impedância Característica $Z_0$ em Ohm                             | 0,064           | 125 ± 15        | 125 ± 15       | 125 ± 45       | Estudo   |
|                                                                    | 1               | 100 ± 15        | 100 ± 15       | 120 ± 15       | 150 ± 15 |
| Máx. Resistência de Lacete em Ohm / 100m                           | d.c.            | 30              |                |                |          |
| Mín. Velocidade de Propagação                                      | 1               | 0,4 c           | 0,60 c         |                |          |
|                                                                    | 10              | 0,6 c           | 0,60 c         |                |          |
|                                                                    | 100             | n/a             | 0,60 c         |                |          |
| Máx Desvio de Resistência em %                                     | d.c             | 3               |                |                |          |
| Máx. Desvio de Capacitância de um Par em relação à Terra em pF/Km  | 0,0008 ou 0,001 | 1600            |                |                |          |
|                                                                    | 10              | 100             |                |                |          |
| Máx. Impedância de Transferência em mOhm / m (1)                   | d.c             | 150             |                |                |          |
| Mín. Resistência de Isolamento em Mohm x Km                        | d.c             | 750 V, 1 minuto |                |                |          |
| Rígedez Dialéctrica Condutor / Condutor e Condutor / Ecrã          | d.c ou a.c.     | 500 V, 1 minuto |                |                |          |
| Mín. Perdas de Retorno em dB em 100 m                              | 1 a 100         | Em Estudo       |                |                |          |

(1)- Só aplicável em Cabos com Ecrãs. Estão em estudo outros métodos de medida para parâmetros de acoplamento em Cabos com e sem Ecrãs.

| ATENUAÇÃO DOS CABOS BALANCEADOS INSTALADOS               |              |                |                |                |         |
|----------------------------------------------------------|--------------|----------------|----------------|----------------|---------|
| Característica Eléctrica                                 | Freq. em MHz | Tipo de Cabo   |                |                |         |
|                                                          |              | 100 Ohm Cat. 3 | 100 Ohm Cat. 5 | 120 Ohm Cat. 5 | 150 Ohm |
| Atenuação Máxima em dB para 100 metros de Cabo instalado | 0,064        | 0,9            | 0,8            | 0,8            | Estudo  |
|                                                          | 0,256        | 1,3            | 1,1            | 1,1            | Estudo  |
|                                                          | 0,512        | 1,8            | 1,5            | 1,5            | Estudo  |
|                                                          | 0,772        | 2,2            | 1,8            | 1,8            | Estudo  |
|                                                          | 1            | 2,6            | 2,1            | 2,0            | 1,1     |
|                                                          | 4            | 5,6            | 4,3            | 3,8            | 2,2     |
|                                                          | 10           | 9,8            | 6,6            | 5,7            | 3,5     |
|                                                          | 16           | 13,1           | 8,2            | 7,1            | 4,4     |
|                                                          | 20           | n/a            | 9,2            | 8,0            | 4,9     |
|                                                          | 31,25        | n/a            | 11,8           | 10,0           | 6,9     |
|                                                          | 62,5         | n/a            | 17,1           | 15,0           | 9,8     |
|                                                          | 100          | n/a            | 22,0           | 19,0           | 12,3    |

| PERDAS POR NEXT EM 100 METROS DE CABO BALANCEADO INSTALADO |                   |                                         |                  |
|------------------------------------------------------------|-------------------|-----------------------------------------|------------------|
| Frequência<br>em<br>MHz                                    | Tipo de Cabo      |                                         |                  |
|                                                            | 100 Ohm, Cat. 3   | 100 ou 120 Ohm, Categoria 3, ou 150 Ohm |                  |
|                                                            | NEXT Mínimo em dB | NEXT Mínimo em dB                       | ACR Mínimo em dB |
| 0,772                                                      | 43                | 64                                      | 62,2             |
| 1                                                          | 41                | 62                                      | 59,9             |
| 4                                                          | 32                | 53                                      | 48,7             |
| 10                                                         | 26                | 47                                      | 40,4             |
| 16                                                         | 23                | 44                                      | 35,8             |
| 20                                                         | n/a               | 42                                      | 32,8             |
| 31,25                                                      | n/a               | 40                                      | 28,2             |
| 62,5                                                       | n/a               | 35                                      | 17,9             |
| 100                                                        | n/a               | 32                                      | 10,0             |

No caso dos Cabos de Categoria 5 ou de 150 Ohm é permitido que os valores do NEXT para cada frequência sejam mais baixos 3 dB, desde que os valores mínimos do ACR sejam garantidos.

Embora as tabelas apresentem valores para um conjunto discreto de frequências, as curvas de medida devem garantir conformidade em toda a gama de frequências. Os valores para as frequências intermédias podem ser obtidos por interpolação linear.

### 3.6.3 Considerações adicionais sobre os Cabos Balanceados

#### 3.6.3.1 Cabos com mais de dois Pares ou mais de uma Quadra

Ficam sujeitos à aplicação do articulado desta alínea todos os Cabos com mais de dois Elementos de Cabo numa Unidade de Cabos.

Nestes Cabos as Perdas por NEXT do pior par devem ser calculadas usando a soma das potências NEXT individuais de modo a calcular o NEXT total a que está sujeito um par.

O Cabo estará, no que se refere ao Next, conforme a Norma, se cumprir os valores da tabela apresentada na alínea 3.6.2 .

### 3.6.3.2 Cabos interligando múltiplas Tomadas de Telecomunicações

Ficam sujeitos à aplicação do articulado desta alínea todos os Cabos, incluindo os Cabos Híbridos e os Cabos com múltiplas Unidades de Cabo, que sejam responsáveis pela ligação de múltiplas Tomadas de Telecomunicações, através da utilização de um Ponto de Transição ou outro qualquer meio.

As Unidades de Cabo podem ser do mesmo Tipo ou de Tipos diferentes.

Para que o Cabo esteja conforme a Norma, o NEXT de todas as Unidades ou Elementos de Cabo deve exceder em  $\Delta\text{NEXT}$  os valores do NEXT apresentados na alínea 3.6.2 .

O valor do  $\Delta\text{NEXT}$ , em dB, é calculado de acordo com a seguinte fórmula:

$$\Delta\text{NEXT} = 6 + 10 \log_{10} (n+1); n \text{ é o número de pares adjacentes no Cabo.}$$

### 3.6.3.3 Cordões de Patching e Jumpers

A interligação dos Links nos Repartidores é feita, como já foi referido, por Cordões de Patching ou, alternativamente, por Jumpers.

Os Cordões de Patching (ou Jumpers) a utilizar deverão ter características semelhantes às dos Cabos Balanceados utilizados nos Links, nomeadamente a Impedância Característica (Note-se que nunca existirão situações em que os Links a interligar tenham Impedâncias diferentes pois, de acordo com a alínea 3.4.1, tal prática não é permitida pela Norma).

As características a que devem obedecer os Cordões de Patching baseiam-se nas tabelas de Atenuação, Resistência de Lacete, etc., apresentadas nas alíneas 3.6 e seguintes, sendo aplicadas as seguintes restrições suplementares:

- A Atenuação em dB/100 m não deve exceder em mais de 50% os valores requeridos para os Cabos
- A Resistência d.c. de Lacete não deve exceder em mais de 50% os valores requeridos para os Cabos

Estas restrições sugerem explicações para os termos Comprimento Mecânico (i.e. o comprimento real) e o Comprimento Eléctrico (i.e. o Comprimento Mecânico agravado de 50%).

Encontram-se ainda em fase de estudo os valores a que devem obedecer as Perdas por Next. No caso dos Cordões de Patching com ecrãs, aplicam-se as regras e os procedimentos preconizados para os Cabos com Ecrãs.

Complementarmente, recomenda-se vivamente que os Cabos dos Equipamentos e das Áreas de Trabalho obedeçam às características preconizadas para os Cordões de Patching.

### **3.6.4 Cabos em Fibra Óptica Multimodo**

#### **3.6.4.1 Requisitos das Fibras Ópticas**

As Fibras Ópticas a utilizar deverão ser Multimodo, com Índice de Refracção em Degrau com dimensões nominais Núcleo/Bainha de 62,5/125 µm ou de 50/125 µm, em conformidade com as fibras ópticas do tipo A1b (Norma EN 188202:1995) e do tipo A1a (Norma EN 188201:1995), respectivamente.

#### **3.6.4.2 Requisitos de Transmissão**

As características de transmissão das Fibras Ópticas Multimodo deverão obedecer aos valores Máximo de Atenuação e Mínimo de Largura de Banda Modal em cada Janela de Transmissão, apresentados na tabela que se segue.

| Comprimento de Onda<br>em nm | Atenuação Máxima em<br>dB/Km a 20º C | Largura de Banda<br>Modal em MHz x Km a<br>20º C |
|------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------------------|
| 850                          | 3,5                                  | 200                                              |
| 1300                         | 1,0                                  | 500                                              |

#### **3.6.4.3 Requisitos Mecânicos e Ambientais**

Os requisitos Mecânicos e Ambientais para os Cabos de Fibra Óptica para Interiores e Exteriores são definidos nas Normas EN 187000, IEC 794-2 e EN 60794-3 (EN 187100).

### **3.6.5 Cabos em Fibra Óptica Monomodo**

#### **3.6.5.1 Requisitos das Fibras Ópticas**

As Fibras Ópticas a utilizar deverão ser Monomodo, com dimensões nominais Núcleo/Bainha de 8/125 µm, em conformidade com as fibras ópticas do tipo B1 definidas nas Normas EN 188100:1995 e EN 188101:1995.

### **3.6.5.2 Requisitos de Transmissão**

As características de transmissão das Fibras Ópticas Multimodo deverão obedecer às seguintes características e respectivos valores:

- Atenuação inferior a 1dB/Km em transmissões efectuadas a 1310 ou a 1550 nm
- Comprimento de Onda de Corte inferior a 180 nm

As medidas deverão ser efectuadas de acordo com o preconizado na Norma EN 188000 .

### **3.6.5.3 Requisitos Mecânicos e Ambientais**

Os requisitos Mecânicos e Ambientais para os Cabos de Fibra Óptica para Interiores e Exteriores são definidos nas Normas EN 187000, IEC 794-2 e EN 60794-3 (EN 187100).

### **3.7 Requisitos do Hardware de Conectorização**

#### **3.7.1 Generalidades**

Na alínea 3.7 e seguintes são apresentados os requisitos do Hardware de Conectorização.

Um Conector (também designado genericamente por Ligação [Connection]) é um dispositivo ou um conjunto de dispositivos usado para ligar dois Cabos ou Elementos de Cabo.

Note-se que não estão incluídos nas especificações dos Conectores quaisquer tipos de dispositivos passivos ou activos tais como “Media converters”, adaptadores de impedâncias, dispositivos de protecção, filtros, etc., resumindo-se o seu âmbito às Tomadas de Telecomunicações, Painéis de Patching, Repartidores, etc..

##### **3.7.1.1 Localização**

O Hardware de Conectorização que constitui uma Cablagem é encontrado:

- No Distribuidor de Campus, permitindo a ligação ao Equipamento Activo e a ligação da Cablagem Backbone de Campus com destino aos Distribuidores de Edifício
- Nos Distribuidores de Edifício, permitindo a ligação ao Equipamento Activo e a ligação da Cablagem do Backbone de Edifício com destino aos Distribuidores de Andar
- Nos Distribuidores de Andar, permitindo a ligação ao Equipamento Activo e a ligação da Cablagem Horizontal com destino aos Pontos de Transição opcionais ou directamente às Tomadas de Telecomunicações
- Nos Pontos de Transição (opcionais)
- Nas Tomadas de Telecomunicações.

##### **3.7.1.2 Funcionalidades do Hardware de Conectorização**

O Hardware de Conectorização deve ser projectado de modo a disponibilizar as seguintes funcionalidades:

- métodos de interligação dos Subsistemas de Cablagem através do uso de Cordões de Patching (ou Jumpers) ou de Equipamento Específico de cada aplicação
- meios de identificação dos diversos Links, não só no acto da instalação, como também, a posteriori, na fase de exploração

- meios que permitam a manipulação e gestão ordenada dos Cabos dos Subsistemas
- meios de acesso para operações de monitorização ou ensaio das Cablagens e dos Equipamentos
- um grau de protecção razoável contra agentes externos causadores de degradação das características físicas que possam afectar a continuidade dos Links
- uma densidade de Terminações compacta, que permita, no entanto, uma manipulação eficiente e cómoda
- meios que permitam acomodar a ligação e a amarração dos Ecrãs (quando aplicável)

#### **3.7.1.3 Ambiente de operação**

O Hardware de Conectorização deve poder operar na gama de temperaturas de -10 °C a 60 °C.

Paralelamente, o Hardware de Conectorização deve ser instalado em de forma a minimizar a ocorrência de estragos físicos e a exposição à humidade ou a ambientes corrosivos.

#### **3.7.1.4 Montagem**

O projecto do Hardware de Conectorização deve permitir a sua montagem de forma flexível, por exemplo, em paredes, à superfície (*saliente*) ou embutido, em *racks*, em painéis, etc..

#### **3.7.1.5 Práticas de Instalação**

A forma e os cuidados com que é instalado o Hardware de Conectorização (assim como os Cabos) é crucial para o desempenho da Cablagem Genérica e para a sua conservação a longo prazo.

No caso dos Cabos, devem ser tomadas precauções de modo a evitar esforços elevados de tracção durante o seu lançamento. Devem ser colocados o mais rectilineamente possível (i.e. esticados mas sem deformar o seu aspecto inicial), evitando passagens sobre arestas vivas. Além disso, os raios de curvatura não devem ser exagerados, cumprindo o raio mínimo indicado nas características do fabricante. A amarração aos caminhos de cabos deve ser firme mas sem exaustos.

A instalação do Hardware de Conectorização deve ser feita de modo a:

- minimizar a quebra do balanceamento na zona de conectorização
- quando aplicável, promover uma ligação fiável e efectiva dos ecrãs

A eficiência passa por uma preparação cuidada dos cabos e pelo respeito judicioso de todas as recomendações de instalação exaradas pelos fabricantes.

Nos locais onde é instalado Hardware de Conectorização (p.ex. num Armário de Telecomunicações) deve ser previsto espaço para o alojamento de Equipamento Activo.

Note-se que, além de causar uma degradação da qualidade do sinal, terminações impróprias nos elementos dos cabos balanceados, nos ecrãs ou em ambos podem dar origem a níveis de radiação electromagnética que excedam os preconizados pelas Normas relevantes.

#### **3.7.1.6 Marcação**

Devem ser utilizados métodos de marcação que permitam inequivocamente distinguir os Links entre si e os tipos de Cabos e Conectores. Este último aspecto reveste-se de particular importância em Cablagens em que coexistam Cabos e Conectores de diferentes Categorias.

Cuidados especiais devem ser tomados quando os componentes de categorias diferentes têm aspecto físico semelhante (o que acontece numa grande parte dos casos).

A identificação pode ser feita utilizando códigos alfanuméricos, cores ou outro qualquer método.

### **3.7.2 Hardware de Conectorização para Cabos de 100 e 120 Ohm**

#### **3.7.2.1 Requisitos gerais**

Embora sem excluir outros tipos, é recomendado que os Conectores usados para terminar directamente Cabos Balanceados de 100 ou de 120 Ohm sejam do tipo IDC (Insulation Displacement Connection).

Num Conector do tipo IDC os fios de cada Par não necessitam de ser despojados do seu isolamento para proceder à ligação. O fio é inserido num contacto metálico ranhurado que corta o isolamento, promovendo o contacto com o condutor.

Sempre que se usem Cabos com Ecrãs, além do articulado nas alíneas 3.7.2 e seguintes, devem ser respeitadas as recomendações das alíneas 3.8 e seguintes.

### 3.7.2.2 Marcação

O Hardware de Conectorização deve estar marcado, por iniciativa do fabricante, de modo a indicar a sua Categoria de funcionamento. As marcações devem ser visíveis durante a instalação.

Tais marcações referem-se exclusivamente ao componente em causa, não substituindo as marcações referidas na alínea 3.7.1.6 ou a referir na alínea 3.9, "Administração".

### 3.7.2.3 Características mecânicas

A tabela que se segue apresenta algumas características mecânicas do Hardware de Conectorização para Cabos Balanceados de 100 e de 120 Ohm.

| Características Mecânicas dos Cabos Balanceados de 100 ou de 120 Ohm |                            |                                    |
|----------------------------------------------------------------------|----------------------------|------------------------------------|
| Característica Mecânica                                              |                            | Requisitos                         |
| Compatibilidade com a Terminação dos Cabos                           |                            |                                    |
| Diâmetro Nominal dos Condutores (1)                                  |                            | 0,5 a 0,65 mm                      |
| Tipo de Condutor                                                     | Cordões de Patching        | Condutores Sólidos ou Multifilares |
|                                                                      | Outros                     | Condutores Sólidos                 |
| Diâmetro Nominal do Condutor mais Isolamento (2)(3)                  |                            | 0,7 a 1,4 mm                       |
| Número de Condutores                                                 | Tomada de Telecomunicações | 8                                  |
|                                                                      | Outros                     | 2n (n=1,2,...)                     |
| Diâmetro Externo do Cabo                                             | Tomada de Telecomunicações | ≤ 20 mm (3)                        |
|                                                                      | Outros                     | n/a                                |
| Meios para Ligação dos Ecrãs                                         |                            | Ver próxima tabela                 |
| Durabilidade                                                         |                            |                                    |
| Ciclos de Terminação de Condutores                                   |                            | ≥ 200                              |
| Ciclos de Enfichamento                                               |                            | ≥ 750                              |

- (1)- Deve-se ter em linha de conta que, de acordo com a alínea 3.6.2, os condutores dos Cabos Balanceados podem ter um diâmetro mínimo de 0,4 mm. Quando são usados cabos deste tipo, deve ser escolhido Hardware de Conectorização compatível, que, pelo menos para esta característica, ultrapassará os requisitos da Norma
- (2)- Deve-se ter em linha de conta que, de acordo com a alínea 3.6.2, os condutores dos Cabos Balanceados podem ter um diâmetro máximo, quando incluído o isolamento, de 1,6 mm. Quando são usados cabos deste tipo, deve ser escolhido Hardware de Conectorização compatível, que, pelo menos para esta característica, ultrapassará os requisitos da Norma
- (3)- Os Conectores modulares especificados conforme a Norma EN60603-7, usados numa grande parte das instalações permitem:

Diâmetros de condutores mais isolamento de 0,8 a 1,0 mm

Diâmetros externos de cabos de 4 a 6 mm, podendo ser usados cabos de secção circular ou oval de área equivalente.

### 3.7.2.4 Características eléctricas

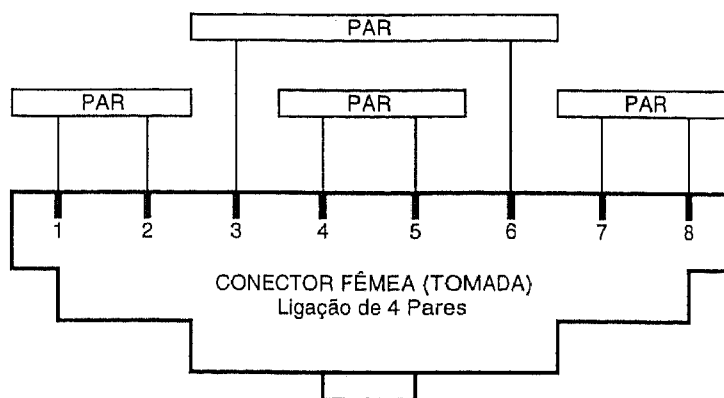
A tabela que se segue apresenta algumas características eléctricas do Hardware de Conectorização para Cabos Balanceados de 100 e de 120 Ohm.

| Características Eléctricas dos Cabos Balanceados de 100 ou de 120 Ohm |                                  |                       |     |
|-----------------------------------------------------------------------|----------------------------------|-----------------------|-----|
| Características Eléctrica<br><br>a 20 °C                              | Frequência<br><br>,<br>em<br>MHz | Requisitos            |     |
|                                                                       |                                  | Categoria do Conector |     |
|                                                                       |                                  | 3                     | 5   |
| Performance de Transmissão                                            |                                  |                       |     |
| Atenuação Máxima em dB                                                | 1,0                              | 0,2                   | 0,1 |
|                                                                       | 4,0                              | 0,2                   | 0,1 |
|                                                                       | 10,0                             | 0,2                   | 0,1 |
|                                                                       | 16,0                             | 0,2                   | 0,2 |
|                                                                       | 20,0                             | n/a                   | 0,2 |
|                                                                       | 31,25                            | n/a                   | 0,2 |
|                                                                       | 62,5                             | n/a                   | 0,3 |
|                                                                       | 100                              | n/a                   | 0,4 |
| Perdas Mínimas por Next em dB                                         | 1,0                              | 58                    | 65  |
|                                                                       | 4,0                              | 46                    | 65  |
|                                                                       | 10,0                             | 38                    | 60  |
|                                                                       | 16,0                             | 34                    | 56  |
|                                                                       | 20,0                             | n/a                   | 54  |
|                                                                       | 31,25                            | n/a                   | 50  |
|                                                                       | 62,5                             | n/a                   | 44  |
|                                                                       | 100                              | n/a                   | 40  |
| Perdas de Retorno Mínimas em dB                                       | > 1,0                            | n/a                   | 23  |
|                                                                       | < 20,0                           | n/a                   | 23  |
|                                                                       | ≥ 20                             | n/a                   | 14  |
|                                                                       | ≤ 100                            | n/a                   | 14  |
| Resistência Entrada/Saída em mΩ                                       | d.c                              | 300                   |     |
| Máxima Impedância de Transferência em mΩ (1)                          | 1                                | 100 (em estudo)       |     |
|                                                                       | 10                               | 100 (em estudo)       |     |
|                                                                       | 100                              | Em Estudo             |     |

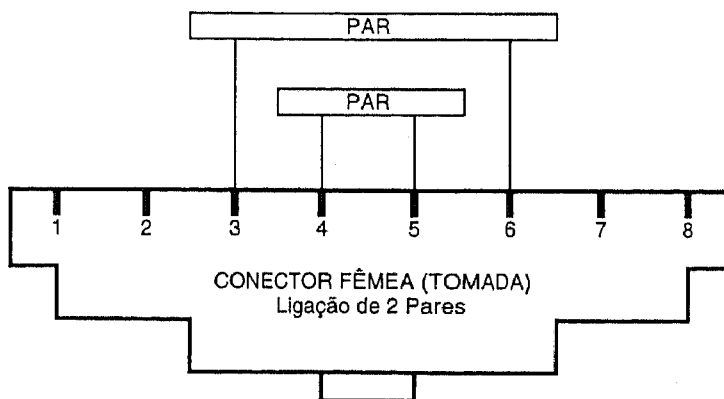
(1)- Só usado em Cabos com Ecrã Global

### 3.7.2.5 Requisitos das Tomadas de Telecomunicações

Cada Cabo Horizontal Balanceado de 100 ou 120 Ohm deve terminar numa Tomada de Telecomunicações, sendo a distribuição dos 4 Pares a da figura que se segue.



No caso de só ser promovida a ligação de 2 pares a distribuição dos pares será a da figura que se segue.



São permitidos rearranjos dos Pares nas Tomadas de Telecomunicações. No entanto, estes rearranjos não devem envolver modificações nas terminações dos Cabos Horizontais.

### 3.7.2.6 Práticas de instalação

O comprimento não entrançado dos pares, resultado da necessidade de os terminar nos conectores, deve ser reduzido ao mínimo imprescindível, não devendo, no caso dos Cabos de Categoria 5, ultrapassar 13 mm. Por outro lado, os mantos dos Cabos e os demais elementos protectores devem ser removidos apenas no comprimento necessário a uma correcta terminação dos Pares.

### 3.7.3 Hardware de Conectorização para Cabos de 150 Ohm

#### 3.7.3.1 Requisitos gerais

Embora sem excluir outros tipos, é recomendado que os Conectores usados para terminar directamente Cabos Balanceados de 150 Ohm sejam do tipo IDC (Insulation Displacement Connection).

Num Conector do tipo IDC os fios de cada Par não necessitam de ser despojados do seu isolamento para proceder à ligação. O fio é inserido num contacto metálico ranhurado que corta o isolamento, promovendo o contacto com o condutor.

#### 3.7.3.2 Características Mecânicas

A tabela que se segue apresenta algumas características mecânicas do Hardware de Conectorização para Cabos Balanceados de 150 Ohm.

| Características Mecânicas dos Cabos Balanceados de 150 Ohm |                            |                         |
|------------------------------------------------------------|----------------------------|-------------------------|
| Característica Mecânica                                    |                            | Requisitos              |
| Compatibilidade com a Terminação dos Cabos                 |                            |                         |
| Diâmetro Nominal dos Condutores (1)                        |                            | 0,5 a 0,65 mm           |
| Tipo de Condutor                                           | Cordões de Patching        | Condutores Multifilares |
|                                                            | Outros                     | Condutores Sólidos      |
| Diâmetro Nominal do Condutor mais Isolamento (2)           |                            | 1,1 a 1,9 mm            |
| Número de Condutores                                       | Tomada de Telecomunicações | 4                       |
|                                                            | Outros                     | 2n (n=1,2,...)          |
| Diâmetro Externo do Cabo                                   | Tomada de Telecomunicações | ≤ 20 mm (3)             |
|                                                            | Outros                     | n/a                     |
| Durabilidade                                               |                            |                         |
| Ciclos de Terminação de Condutores                         |                            | ≥ 200                   |
| Ciclos de Enfichamento                                     |                            | ≥ 1000                  |

- (1)- Deve-se ter em linha de conta que, de acordo com a alínea 3.6.2, os condutores dos Cabos Balanceados podem ter um diâmetro mínimo de 0,4 mm. Quando são usados cabos deste tipo, deve ser escolhido Hardware de Conectorização compatível, que, pelo menos para esta característica, ultrapassará os requisitos da Norma
- (2)- Deve-se ter em linha de conta que, de acordo com a alínea 3.6.2, os condutores dos Cabos Balanceados podem ter um diâmetro máximo, quando incluído o isolamento, de 2,6 mm. Quando são usados cabos deste tipo, deve ser escolhido Hardware de Conectorização compatível, que, pelo menos para esta característica, ultrapassará os requisitos da Norma
- /

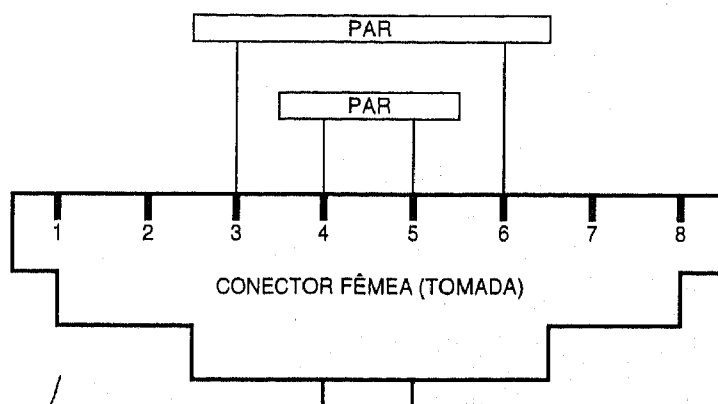
### 3.7.3.3 Características Eléctricas

A tabela que se segue apresenta algumas características eléctricas do Hardware de Conectorização para Cabos Balanceados de 150 Ohm.

| Características Eléctricas dos Cabos Balanceados de 150 Ohm |                   |                 |
|-------------------------------------------------------------|-------------------|-----------------|
| Características Eléctrica a 20 °C                           | Frequência em MHz | Requisitos      |
| <b>Performance de Transmissão</b>                           |                   |                 |
| Atenuação Máxima em dB                                      | 1,0               | 0,05            |
|                                                             | 4,0               | 0,05            |
|                                                             | 10,0              | 0,10            |
|                                                             | 16,0              | 0,15            |
|                                                             | 20,0              | 0,15            |
|                                                             | 31,25             | 0,15            |
|                                                             | 62,5              | 0,20            |
|                                                             | 100               | 0,25            |
| Perdas Mínimas por Next em dB                               | 1,0               | > 65            |
|                                                             | 4,0               | > 65            |
|                                                             | 10,0              | > 65            |
|                                                             | 16,0              | 62,4            |
|                                                             | 20,0              | 60,5            |
|                                                             | 31,25             | 56,6            |
|                                                             | 62,5              | 50,6            |
|                                                             | 100               | 46,5            |
| Perdas de Retorno Mínimas em dB                             | Em Estudo         | Em Estudo       |
| Resistência Entrada/Saída em mΩ                             | d.c               | 300             |
| Máxima Impedância de Transferência em mΩ                    | 1                 | 100 (em estudo) |
|                                                             | 10                | 200 (em estudo) |
|                                                             | 100               | Em Estudo       |

### 3.7.3.4 Requisitos das Tomadas de Telecomunicações

Cada Cabo Horizontal Balanceado de 150 Ohm deve terminar numa Tomada de Telecomunicações, sendo a distribuição dos 2 Pares a da figura que se segue, de acordo com a Norma ISO/IEC 8802-5:1995 .



### 3.7.3.5 Práticas de Instalação

O comprimento não entrançado dos pares, resultado da necessidade de os terminar nos conectores, deve ser reduzido ao mínimo imprescindível, não devendo ultrapassar 13 mm. Por outro lado, os mantos dos Cabos e os demais elementos protectores devem ser removidos apenas no comprimento necessário a uma correcta terminação dos Pares.

### 3.7.4 Hardware de Conectorização para Fibras Ópticas

#### 3.7.4.1 Características Mecânicas e Ópticas

A tabela que se segue apresenta algumas características mecânicas e ópticas dos Conectores para Cabos de Fibra Óptica utilizados nos Sistemas Genéricos de Cablagem.

| Conectores para Cabos de Fibra Óptica    |           |            |
|------------------------------------------|-----------|------------|
| Características Mecânicas e Ópticas      |           | Requisitos |
| Compatibilidade com a terminação do Cabo |           |            |
| Diâmetro Nominal da Bainha               |           | 125 µm     |
| Performance de Transmissão               |           |            |
| Atenuação Máxima em db                   | Juntas    | 0,3        |
|                                          | Outros    | 0,5 (1)    |
| Mínimo para as Perdas de Retorno         | Multimodo | 20         |
|                                          | Monomodo  | 26         |

#### 3.7.4.2 Requisitos das Tomadas de Telecomunicações

Nas instalações NOVAS ou em instalações que ainda não tenham traçados em Fibra Óptica, devem ser instalados, no Subsistema de Cablagem Horizontal, Conectores Duplex do tipo SC (SC-D), especificados pela Norma IEC 874-14 (ver figura que se segue).

Nas instalações onde já existam instalados conectores BFOC/2,5 (ST), conformes com a Norma IEC 874-10, as ampliações podem, por questões de coerência, manter o uso deste tipo de Conector .

#### **3.7.4.3 Cordões de Patching**

Os Cordões de Patching a usar nos Distribuidores de Campus, de Edifício e de Andar devem obedecer ao articulado nas alíneas 3.6.4 e seguintes.

#### **3.7.4.4 Conectividade da Fibra Óptica**

Deve ser mantida uma polarização consistente das ligações em Fibra Óptica, ao longo dos Links, devendo, para tal, serem utilizados meios mecânicos (Keying), etiquetagem ou ambos.

A Norma apresenta no seu Anexo G recomendações sobre o assunto em epígrafe.

## **3.8 Práticas de Blindagem**

### **3.8.1 Generalidades**

As alíneas 3.8 e seguintes aplicam-se a Cabos com Ecrãs globais ou a Cabos com Ecrãs a envolver Elementos ou Unidades de Cabo.

A Norma EN 50173 apenas inclui considerações de ordem geral, dado que os procedimentos necessários a uma ligação adequada à Terra, para fins de segurança ou de performance electromagnética, são definidos em outras Normas Europeias e Internacionais.

A adequação da instalação face aos requisitos preconizados nas referidas Normas é função do rigor com que é efectuada, requerendo, muitas vezes, a intervenção de pessoal altamente especializado nas tarefas de instalação.

Como já foi referido, o CENELEC, responsável pela Norma EN 50173, agora em discussão, está a preparar uma série de recomendações que se referirão aos procedimentos de instalação dos Sistemas Genéricos de Cablagem.

### **3.8.2 Compatibilidade Electromagnética**

A presença de Ecrãs nos Cabos Balanceados tem como objectivo melhorar a sua performance no que se refere à problemática da Compatibilidade Electromagnética.

Para que este objectivo seja atingido, os ecrãs devem ser perfeitamente amarrados, envolvendo, sem descontinuidades nem caminhos de fuga, os contactos eléctricos que recebem o circuito por eles formado (Bounding). Complementarmente, para que ao longo de um Link os Ecrãs sejam eficazes, todos os seus componentes devem conter Ecrãs, em conformidade com as recomendações aplicáveis das diversas Normas.

Um baixo valor da Impedância de Transferência dos Cabos e do Hardware de Conectorização não é por si só indicador de um Link com elevada performance electromagnética, pois esta depende fundamentalmente da aplicação judiciosa das recomendações dos fabricantes e da manutenção de Ecrãs contínuos ao longo do Link.

Tal significa que os Cabos dos diversos Subsistemas envolvidos no Link e o Hardware de Conectorização, assim como os Cabos dos Equipamentos e das Áreas de Trabalho (embora não pertençam à Cablagem Genérica), devem satisfazer os requisitos de continuidade dos Ecrãs.

### 3.8.3 Ligação à Terra

Todos os Ecrãs de todos os Cabos devem ser ligados à Terra nos Armários de Telecomunicações. Tal ligação é indirecta, sendo os Ecrãs dos Cabos ligados aos Ecrãs do Hardware de Conectorização, que por sua vez é ligado, via Cordões de Patching aos conectores dos Equipamentos que deverão estar ligados à Terra. Recomenda-se que esta ligação da Terra do Equipamento seja feita no mesmo eléctrodo de Terra utilizado pela distribuição de energia do edifício.

Recomenda-se também que, no caso de uso de esteiras ou condutas metálicas para transporte do condutor de terra, este seja ligado à esteira ou à conduta, em ambas as extremidades, de modo a reduzir a impedância do circuito.

As diferenças de potencial no sistema de distribuição de Terra não deve ultrapassar 1V r.m.s., Todos os eléctrodos de Terra devem ser interligados entre si, através de ligações que ofereçam valores reduzidos de resistência

Quando os requisitos de Terras referidos nos parágrafos anteriores não poderem ser garantidos, deverá ser utilizada cablagem em Fibra Óptica, eliminando, dessa forma, as perturbações (e os riscos) gerados por correntes de circulação nos circuitos de Terra.

### **3.9 Administração**

#### **3.9.1 Generalidades**

A Administração constitui um aspecto essencial dum Sistema Genérico de Cablagem. A flexibilidade da Cablagem só pode ser totalmente explorada se os seus recursos forem correctamente administrados.

Uma correcta Administração envolve a correcta identificação de todos os componentes da cablagem e a existência de um registo permanentemente actualizado de toda a informação com ela (cablagem) relacionada.

O registo pode e deve, além da informação relacionada com os componentes, com os Links e com os equipamentos ligados em cada Interface, informação sobre ocorrências diversas, nomeadamente avarias.

Mesmo em Cablagens de pequenas dimensões, recomenda-se vivamente o uso de suporte informático para as tarefas de Administração.

#### **3.9.2 Identificadores**

Todos os elementos do Sistema Genérico de Cablagem, assim como os caminhos de cabos e os espaços ocupados pelos Armários de Telecomunicações e Salas de Equipamento, devem ser rápida e univocamente identificados.

Para tal, um identificador único deve ser atribuído a cada um dos citados elementos.

Nas Tomadas de Telecomunicações devem ser afixadas etiquetas referindo a Impedância, Categoria e número de Pares dos Cabos nelas terminados (ou o tipo de Fibra Óptica).

Os Cabos dos diversos Subsistemas devem ser marcados, pelo menos, em ambas as extremidades.

Página intencionalmente em branco

Página intencionalmente em branco

## 4. Compatibilidade Electromagnética (EMC) das Cablagens

### 4.1 Introdução

As questões da Compatibilidade Electromagnética na sua aplicação aos sistemas de cablagem embarram com o articulado nas Normas relevantes, nomeadamente o da Norma Europeia EN 50173 que, no seu ponto 4.7 (ver alínea 3.3.6 deste capítulo), afirma que

*“Os sistemas genéricos de cablagem são considerados sistemas passivos e não podem ser testados individualmente quanto à compatibilidade electromagnética”*

Apesar desta afirmação, a Norma EN 50173 apresenta diversas recomendações sobre a Compatibilidade Electromagnética, referindo que devem ser tomadas em linha de conta, quando do projecto e da implementação da Cablagem Genérica, as Normas Europeias onde são apresentadas recomendações relativas à emissão e à imunidade electromagnética, nomeadamente as Normas EN 50081-1, EN 50082-1, EN 55022 e EN 55024.

A partir de 1 de Janeiro de 1996, a aplicação da Directiva Europeia 89/336/EEC, destinada a limitar as interferências electromagnéticas entre equipamentos electrónicos, passa a ser obrigatória em todos os países da União Europeia, tendo como consequência a proibição da venda, instalação e operação de **novos** sistemas que não cumpram a referida directiva.

A aparente contradição entre o facto de um sistema de cablagem ser considerado passivo e a directiva 89/336/EEC deu origem a uma grande confusão, agravada ainda mais pelo facto de não estarem cabalmente definidos os procedimentos (e os equipamentos) necessários à avaliação das características electromagnéticas de um Sistema Genérico de Cablagem após a instalação e em funcionamento, tendo em vista a sua homologação.

Embora velho de alguns anos, assiste-se ao reacender de um embate entre escolas defensoras dos cabos balanceados não blindados (UTP) e dos cabos balanceados com blindagens. Mesmo dentro dos defensores dos cabos com blindagens a discussão é acesa, face à presença de várias soluções que vão desde a simples fita condutora de terra, envolvendo globalmente o cabo (FTP, Foiled Twisted Pair), passando pelos cabos que, além do ecrã global, usam fitas a envolver individualmente cada Elemento de Cabo (um Par, p.ex.), até às soluções “Heavy-Duty” que usam blindagens em malha, envolvendo cada Elemento de Cabo e/ou o Cabo na globalidade (STP, Shielded Twisted Pair).

Numa primeira análise, os defensores das soluções UTP estão, no que se refere ao EMC, em desvantagem. No entanto, a escolha de base da Norma EN 50173 é o cabo UTP de 100 Ohm, sendo as blindagens e as outras impedâncias características (120 ou 150 Ohm) opções.

É importante referir que as Normas relativas à Compatibilidade Electro-magnética são aplicáveis para frequências iguais ou superiores a 30 MHz.

#### **4.1.1 Cotas de Mercado**

De acordo com estudos das firmas The Building Services Research and Information Association (Bracknell, Reino Unido) e Dataquest Europe (High Wycombe, Reino Unido), a tabela que se segue apresenta as projecções para o ano de 1996 das cotas de mercado por tipo de cabo na Europa.

|             | UTP | STP | FTP |
|-------------|-----|-----|-----|
| França      | 17% | 4%  | 79% |
| Alemanha    | 10% | 64% | 26% |
| Itália      | 80% | 13% | 7%  |
| Holanda     | 65% | 10% | 25% |
| Espanha     | 75% | 5%  | 20% |
| Reino Unido | 86% | 2%  | 12% |

Nota-se nesta distribuição a presença de 2 Escolas Europeias: A Francesa (FTP) e a Alemã (STP).

Menos evidente é a presença da Escola Norte-Americana (UTP) que representa mais de 55% dos fornecimentos para os países da tabela.

## **4.2 Considerações sobre a instalação de Cabos**

### **4.2.1 Cabos Balanceados sem Ecrãs**

São diversos os cuidados de instalação preconizados pelas Normas aplicáveis e pelos fabricantes. Destacamos algumas de grande importância para a conformidade com a compatibilidade electromagnética:

- O comprimento não entrançado dos pares, resultado da necessidade de os terminar nos conectores, deve ser reduzido ao mínimo imprescindível, não devendo, no caso dos Cabos de Categoria 5, ultrapassar 13 mm (Norma EN 50173)
- Devem ser evitados raios de curvatura superiores aos permitidos pelo fabricante, de modo a evitar o destrançamento dos pares
- Os pares não devem ser sujeitos a esforços de compressão (no seu eixo), causadores de afastamento entre os pares e da diminuição do paço de entrançamento
- No Hardware de Conectorização, estando já os pares expostos (i.e. sem a bainha), devem ser evitados entrançamentos de pares e minimizadas as diferenças de comprimentos entre pares e/ou condutores.

### **4.2.2 Cabos Balanceados com Ecrãs**

Além dos cuidados de instalação já referidos, há que considerar outros relacionados com os ecrãs.

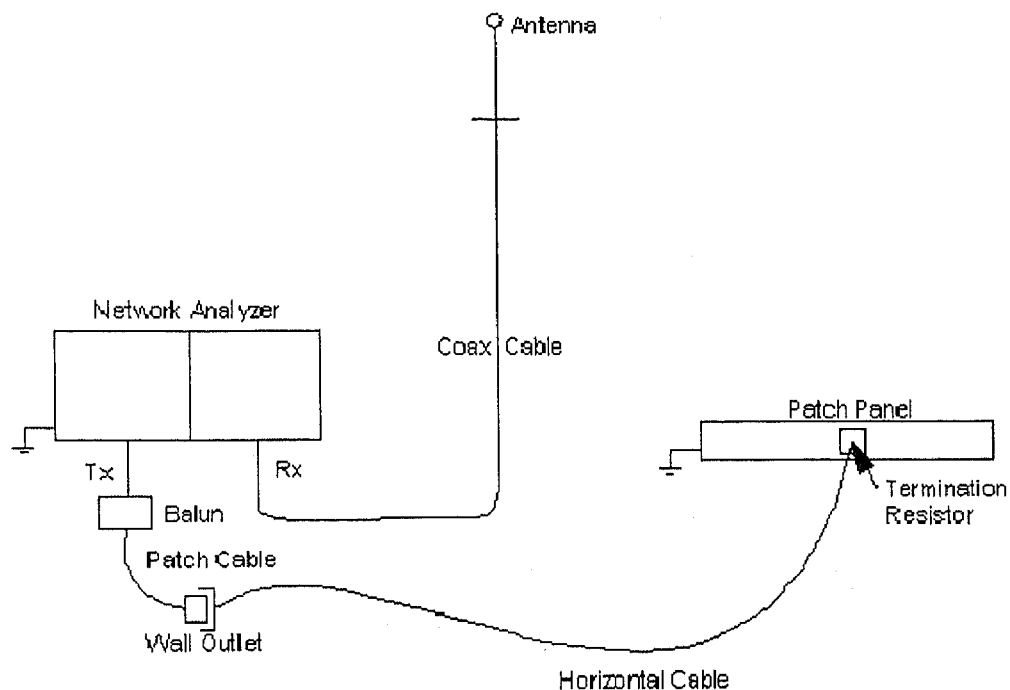
Os Cabos FTP são mais sensíveis a esforços de tracção e não suportam raios de curvatura mais pequenos do que os suportados pelos cabos UTP. Excessos para além do preconizado pelos fabricantes poderão dar origem a perdas de eficiência do(s) ecrã(s). Embora permitam um fácil lançamento, graças a um diâmetro externo médio de 6,2 mm, para um cabo de 4 pares, (o cabo UTP apresenta, para o mesmo número de pares, um diâmetro médio de 5,1 mm), a ligação à Terra do Ecrã é bastante custosa, dado a sua flexibilidade e espessura reduzida (Metal Film).

No caso dos Cabos SFTP, semelhante ao FTP, a menos de um ecrã suplementar em malha metálica, envolvendo o ecrã em filme metálico, o lançamento é fácil (diâmetro médio de 6,5 mm) e a ligação à Terra menos custosa que a do FTP graças ao aumento da espessura e da rigidez conjunta dos ecrãs.

Nos Cabos F/STP e S/STP cada par é envolvido por um ecrã metálico, tipicamente em malha. O conjunto dos pares é globalmente envolvido, no caso do F/STP, por um ecrã em filme metálico, e, no caso do S/STP, por outro ecrã em malha metálica. O lançamento é problemático face aos já apreciáveis diâmetros médios (7,0 e 7,3 mm, respectivamente). A ligação à Terra é facilmente conseguida nos Cabos S/STP, levantando alguns problemas nos Cabos F/STP.

### 4.3 Fabricantes e Integradores. Notas Técnicas e Ensaio

#### 4.3.1 Telesafe



A Telesafe (Asker, Noruega), integrador que usa principalmente cabos STP, realizou uma experiência de acordo com o diagrama de princípio apresentado na figura anterior.

É utilizado um gerador de sinais que excita um troço de cabo com 25 metros de comprimento, terminado por uma resistência igual ao valor da impedância característica do cabo. É utilizada uma gama de frequências entre 30 e 100 MHz.

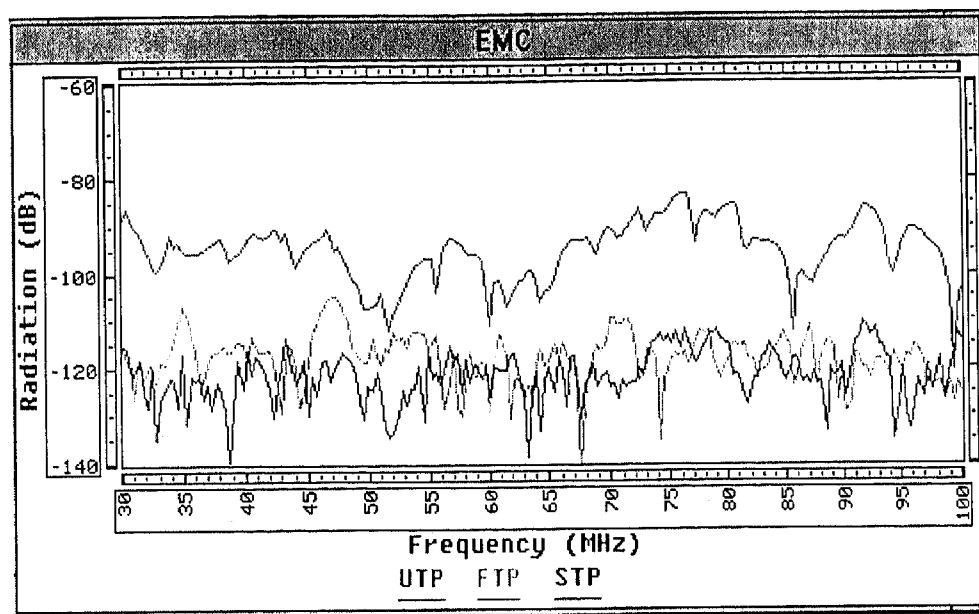
Um analisador recebe os sinais de uma antena colocada entre 5 a 7 metros do cabo.

As medições foram efectuados sobre 3 conjuntos formados por:

- Cabo UTP, Cabo de Patching UTP, Tomada de Telecomunicações não blindada, Painel de Patching não blindado (apresentado nas medições como UTP)
- Cabo FTP, Cabo de Patching S/FTP, Tomada de Telecomunicações blindada, Painel de Patching blindado (apresentado nas medições como FTP)
- Cabo S/FTP, Cabo de Patching S/FTP, Tomada de Telecomunicações blindada, Painel de Patching blindado (apresentado nas medições como STP)

As experiências foram efectuadas com comprimentos, localizações, etc., idênticos para os 3 conjuntos testados.

Os níveis de emissão medidos foram os da figura que se segue.



Para esta experiência em particular, os valores médios são de cerca de -90 dB para o UTP, de -115 dB para o FTP e de -125 dB para o STP.

A publicação refere que "dado que as experiências foram efectuadas num ambiente normal de escritório, sem usar equipamento activo de LAN, não é possível comparar os níveis recolhidos com os requisitos de compatibilidade electromagnética (EMC) do CENELEC", permitindo verificar que o comportamento do UTP é entre 20 a 30 dB pior que os comportamentos do FTP e do STP.

A publicação conclui que, face a estes resultados, para ter boa performance EMC não basta só balancear e que com blindagens se conseguem melhorias significativas.

O autor do presente documento, a incluir na sua dissertação de Mestrado, concorda plenamente com a Telesafe. SÓ QUE não se trata de saber se uns são melhores do que os outros, mas sim saber se uma cablagem, em UTP, FTP, STP e nas variantes, está ou não conforme as Normas que regem a Compatibilidade Electromagnética.

Na publicação que serviu de base a esta alínea não são explicitados os níveis dos sinais que são injectados na cablagem. Supõe-se como máximo que os níveis injectados sejam equivalentes aos produzidos pelos sinais de dados, admitindo, desde já, o uso do protocolo mais desfavorável.

Também não é explicitada a referência dos níveis dos sinais recebidos, e se se tratam de sinais de intensidade de campo ou de potência recebida.

Se tais pressupostos forem verdade, embora os comportamentos do STP e do FTP sejam melhores, em termos de EMC e para a configuração da experiência, o comportamento do UTP é, na opinião do autor, perfeitamente satisfatório.

O estudo da Telesafe também se debruça sobre as questões colocadas pelas blindagens.

De acordo com o referido na Norma EN 50173 (e na ISO/IEC 11801) sobre os ecrãs e a sua ligação à Terra, têm-se que respeitar as seguintes recomendações:

- Todos os ecrãs dos cabos devem ser ligados (bonded) nas Tomadas de Telecomunicações
- O caminho para a Terra deve ser permanente e contínuo
- As diferenças de potencial no sistema de distribuição de Terra não deve ultrapassar 1V r.m.s., Todos os eléctrodos de Terra devem ser interligados entre si, através de ligações que ofereçam valores reduzidos de resistência

A Telesafe tira das recomendações anteriores as seguintes conclusões:

- Que a Norma só especifica a ligação à Terra nas Tomadas de Telecomunicações:

O autor concorda. No entanto há que considerar que as normas EMC para os equipamentos activos, previstos para funcionarem com cablagens blindadas, prevêm a ligação à Terra, através do chassis do equipamento, das blindagens dos seus conectores. Tal é equivalente a ter o Link ligado à Terra em ambas as extremidades. A Norma EN 50173 não impõe tal situação porque, quer os Equipamentos Activos, quer os Cabos dos Equipamentos que os ligam aos Interfaces com o Sistema Genérico de Cablagem, estão fora do seu âmbito de aplicação, mas RECOMENDA-A.

A Telesafe afirma que não há suporte técnico para o argumento que afirma que a ligação à Terra em ambas as extremidades melhora as características EMC, desde que o comprimento do cabo seja equivalente a vários comprimentos de onda, o que é verdade para a grande maioria dos casos com sinais entre 30 e 100 MHz.

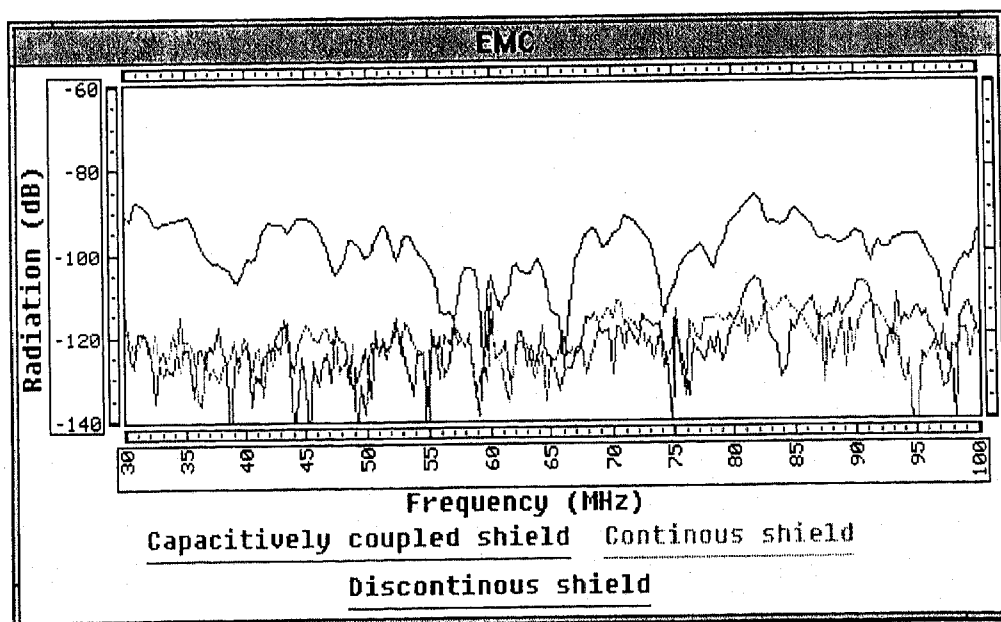
No entendimento do autor, a afirmação da Telesafe é uma espada com dois gumes: aceita-a como plausível, deixando-lhe uma dúvida: Até que distância do ponto de ligação à Terra é que o ecrã pode ser considerado como Terra (i.e., como estando ao mesmo potencial da Terra)? ou ainda por outras palavras, até que distância o ecrã é na realidade eficiente.

- A Telesafe concorda com a importância da continuidade dos ecrãs, embora apresente uma experiência que ilustra uma situação em que uma ruptura tem efeitos mínimos, na sua opinião, na performance EMC.
- No que se refere ao problema das diferenças de potencial na distribuição de Terra, a Telesafe sugere uma solução quando o requisito não poder ser cumprido: em vez de acoplarem os ecrãs directamente entre si, por exemplo entre o cabo e o conector, usa-se um acoplamento capacitivo entre eles.

O autor não encontra fundamentos técnicos para esta solução. O senso comum diria que, quando muito, poderia ser resolvido um problema de corrente contínua ou de baixa frequência. Se a intenção é promover um filtro, o ecrã perde eficiência para as frequências em que é forçada uma maior resistência à propagação. Outra questão ainda se levanta: como determinar a capacidade do condensador.

A experiência referida no parágrafo anterior usou a configuração apresentada no diagrama de princípio (supõe-se que com cabo STP) mas:

- no caso da curva "Discontinuous shield" foi criada uma descontinuidade da blindagem no Cordão de Patching
- no caso da curva "Capacitively coupled shield" a interligação entre a blindagem do Cordão de Patching e a blindagem da tomada é feita capacitivamente



As curvas "Capacitively coupled shield" e "Continuous shield" são praticamente idênticas, enquanto que a curva "Discontinuous shield" é **praticamente idêntica à da curva de performance do UTP**, apresentada na primeira figura desta alínea.

#### **4.3.2 ENL (European Network Laboratories)**

De acordo com a Data Communications International (DCI) de Fevereiro de 1996, a ENL (Paris, França) conduziu recentemente uma avaliação que concluiu que os cabos blindados apresentam melhor performance electromagnética, no que se refere à emissão de radiações, do que os cabos UTP Categoria 5 (Note-se que não são especificados os tipos e fabricantes dos cabos), quando lhes é aplicado tráfego Fast Ethernet (100 Mbps, 62,5 MHz).

Na referida avaliação, em algumas situações, a emissão electromagnética, com tráfego Fast Ethernet, dos cabos UTP Categoria 5, excedia o limite de 40 dB imposto pelas normas relevantes. Os testes conduzidos em cabos STP deram origem a níveis de radiação que não ultrapassaram os 20 dB.

De acordo com a DCI, e embora a ENL seja uma empresa independente, os ensaios foram efectuados com um teste desenvolvido pela Filotex, que é uma divisão da Alcatel Cable S.A., fabricante de cabos STP (N.A.: e principal patrocinador dos cabos FTP de 120 Ohm).

#### **4.3.3 ITT Cannon**

A ITT Cannon Network Systems and Services, fabricante de cabos STP, publicou resultados de testes por ela desenvolvidos que indicam que os cabos UTP Categoria 5 não suportam tráfego ATM a 155 Mbps sem ultrapassar os valores de emissão electromagnética impostos pelas normas aplicáveis.

#### **4.3.4 AT&T (Lucent Technologies)**

A Lucent Technologies (LT), nova designação das empresas AT&T (com excepção das que são "Service Providers" de telecomunicações), é um conhecido fabricante e integrador de soluções de Cablagem totalmente em UTP.

Sem desprestígio para os outros fabricantes, a LT tem sido o principal patrocinador dos sistemas UTP, o que a torna o principal alvo dos defensores dos sistemas com ecrãs.

A LT detêm, a nível mundial, uma importante cota nas instalações de sistemas UTP, quer directamente, quer por intermédio de integradores autorizados.

São diversas as/suas publicações periódicas, aos quais se juntam "papers", abordando os mais diversos assuntos, nomeadamente as questões da compatibilidade electromagnética.

Na alínea 4.4, "Anexos", são anexadas cópias de publicações da LT, referindo:

1. Compatibilidade com as Normas EMC à frequência de 100 MHz
2. Testes de EMC em ATM a 155 Mbps
3. Certificado de compatibilidade electromagnética
4. Comparação entre os sistemas blindados e não blindados

que comento nos parágrafos que se seguem. Note-se que, de acordo com a LT, os ensaios referem-se aos produtos de seu fabrico, instalados de acordo com os procedimentos para eles preconizados. No certificado de compatibilidade electromagnética que LT (Documento 4), são apresentadas as condições que têm que ser cumpridas.

Os ensaios efectuados pela LT não podem ser extrapolados para outros sistemas UTP, embora, na opinião do autor, outros sistemas de outros fabricantes, poderão, se cumpridos os requisitos de instalação, obter resultados idênticos.

Em relação à publicação 1, é focada a inexistência de standards em cobre que operem à frequência fundamental de 100 MHz. Como tal os ensaios foram efectuados recorrendo a um equipamento passivo distribuição de vídeo, cujas características EMC estão, de acordo com a LT, conforme as normas relevantes.

Poderá ser posta em causa, na opinião do autor, a escolha do dispositivo injectador de sinais, embora as normas relevantes afirmem que a performance electromagnética da cablagem tem que ser avaliada em funcionamento, isto é, com uma ou mais aplicações em curso (sem isto, a cablagem é um sistema passivo). É um facto que a CATV é uma aplicação ligada às Tecnologias de Informação, logo aplicável num Sistema Genérico de Cablagem (EN 50173).

Em relação à publicação 2, é focada novamente a inexistência de standards em cobre que operem a frequências fundamentais elevadas. No caso desta publicação foi usado como protocolo o ATM a 155 Mbps (155,5 Mbps). Para um nível físico em cobre o ATM a 155 utiliza uma codificação NRZ (Non-Return-to-Zero), o que introduz uma frequência fundamental de funcionamento igual a metade da Bit Rate (75,75 MHz); note-se que, até ao momento, o ATM a 155 Mbps é o standard com mais elevados Bit Rate e frequência fundamental de funcionamento.

Os testes documentados tiveram como intenção verificar:

- O correcto funcionamento do ATM a 155 Mbps
- Se o conjunto em ensaio estava conforme as normas da compatibilidade electromagnética, no que se refere à emissão de radiações
- Se o conjunto em ensaio estava conforme as normas da compatibilidade electromagnética, no que se refere à imunidade às radiações

Face aos resultados apresentados e à forma como foram realizados os testes, parece o autor não tem dúvidas que (pelo menos para aquelas configurações) o ATM a 155 Mbps funciona sobre a cablagem UTP especificada e em conformidade com as Normas EMC

A publicação 3 apresenta os requisitos impostos pela AT&T/LT para que seja passado um certificado de Compatibilidade Electromagnética a uma cablagem de seu fabrico. Este certificado é uma extensão de um outro em que a cablagem é garantida por 15 anos, que também só será passado se cumprido um conjunto bastante rigoroso de requisitos.

A publicação 4 resume a posição da Lucent Technologies no que toca ao uso ou não de ecrãs nas cablagens.

#### **4.4 Conclusão**

Na opinião do Autor, as cablagens, qualquer que seja a filosofia utilizada, têm elevadas probabilidades de estarem em conformidade com as Normas EMC, se forem escrupulosamente cumpridas as Normas aplicáveis e os procedimentos de instalação preconizados pelos fabricantes.

No entanto, deve-se ter em linha de conta que as aplicações já standardizadas estão longe de utilizar a largura de banda onde deve ser garantida a performance EMC. Tal pode significar que uma cablagem compatível com as Normas, em conjunto com o equipamento activo actual, pode vir, com mudanças de equipamentos ou da sua disposição, com ampliações, com mudanças no ambiente onde ela se insere (novos sistemas de ar condicionado, de iluminação, de distribuição de energia, etc.), a deixar de o estar.

Por outro lado, mesmo quando a instalação é feita por pessoal com formação adequada e larga experiência, podem ocorrer anomalias e mesmo erros na instalação. Os ensaios permitem, não só confirmar a conformidade com as Normas relevantes, como também corrigir eventuais anomalias.

A nível nacional, os integradores mais importantes dispõem de ensaiadores portáteis ou não, que permitem rápida e eficientemente recolher os valores das variáveis sujeitos a valores máximos ou mínimos.

O custo desses equipamentos não é muito elevado, mesmo para aqueles que permitem medidas até 100 MHz, embora também não seja assim tão baixo que permita uma distribuição individual aos técnicos de instalação, como acontece com um vulgar multímetro.

Quando passamos para a performance EMC a situação complica-se.

Em primeiro lugar, um aparelho que permita injectar (se necessário) e ler sinais de amplitudes muito reduzidas numa largura de banda que começa em 30 MHz e atinge 1 GHz terá (tem) um custo proibitivo.

É evidente que há soluções: poderemos estar prestes a assistir ao nascimento de firmas nacionais cujo único objectivo será o de certificar EMC as instalações.

Mesmo que seja esta a solução, tal não dispensa a existência de aparelhos portáteis e de fácil operação que permitam, nem que seja com uma precisão menos elevada, fazer uma pré-auditoria de conformidade.

Em segundo lugar não estão cabalmente definidos os procedimentos para ensaios numa cablagem, pois ela, isoladamente, é um equipamento passivo. Aliado a esta situação está o facto de que os valores de conformidade de uma quantidade razoável de variáveis relacionadas com as cablagens (incluindo algumas relacionadas com a Categoria 5 e os ecrãs) estão ainda em fase de estudo.

O estado corrente dos standards faz muitas vezes com que os fabricantes de aparelhagem de medida se retraiam, pois ninguém está interessado em investir num equipamento que pode ficar rapidamente obsoleto.

A situação pode-se tornar crítica. Embora as Normas EMC só se apliquem a novas instalações, não está muito bem definido o conceito associado a esses termos. Poderemos considerar como nova instalação a introdução de um novo equipamento ou protocolo numa instalação já existente ? Note-se que as entidades oficiais podem determinar a selagem parcial ou total de um equipamento, de um sistema de cablagem e até mesmo de toda a infraestrutura de comunicações de uma empresa.

## **4.5 ANEXOS à alínea 4.3.4**

### **4.5.1 Publicação 1**

(8 páginas)



---

## **ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY (EMC) COMPLIANCE AT 100 MHz FREQUENCY : THE FACTS**

by

**Dr. T. C. TAN**

**AT&T Bell Laboratories, London.**

There seems to be a lot of confusion between the transmission specifications requirements of cable and connector components, the performance requirements of a cabling link and the EMC performance requirements of a system. The transmission specifications for 100 ohm Category 5 balanced cable and its associated connector are specified to 100 MHz frequency. Hence, the performance requirements of a Class D or Category 5 cabling link will be specified to 100 MHz frequency too. However, cabling and cabling components are outside the scope of the European EMC Directive (Articles 1 and 2). EMC performance is a system or apparatus/equipment requirement and this means that equipment should be tested to the EMC standards in a typical, representative configuration which should include a complete set of cabling components such as patch panels, cables and outlets. Hence, the EMC performance for a cabling link must be referenced to the relevant application dependent equipment that it interconnects.

Hence, with regard to EMC performance requirements for frequencies up to 100 MHz, the following facts should be noted :

- (a) In the IS 11801 and EN 50173 cabling standards, there is insufficient attenuation-to-crosstalk ratio (ACR) under the Class D link specifications to support applications that operate at the 100 MHz frequency for the 100 metre hub-to-node distance. The specified ACR is 4 dB at 100 MHz.
- (b) There are currently no copper-based LANs available commercially that will operate at the 100 MHz fundamental frequency.
- (c) A binary PAM (Pulse Amplitude Modulated) signal such as NRZ or Manchester code is actually a combination of a series of sinusoidal signals (from Fourier series). These sinusoidal signals consist of the fundamental component and its harmonics. For example, 10 Mbps 10BaseT LAN uses Manchester code. Its first harmonic (or fundamental) component is at 10 MHz frequency, the second harmonic is at 20 MHz, the third harmonic at 30 MHz and so on. Hence, just because the bit rate is at 10 Mbps doesn't mean that the frequency is below 10 MHz. The harmonics will be occurring at higher frequencies. The 100 Mbps TP-PMD signal has a fundamental frequency of 31.25 MHz. Its third harmonic component will have a frequency of 93.75 MHz. This component does contribute to the emissions of the system under test. This is why the emissions standard requires testing to 1 GHz frequency. The level of emissions from a system also depends on many other factors (such as signal rise time and amplitude) besides its frequency of operation.
- (d) AT&T has a broadband video application using the AT&T 384A passive broadband video adapter. This adapter has been tested for emissions compliance to 250 MHz frequency using AT&T SYSTIMAX<sup>®</sup> SCS HIGH-5<sup>™</sup> products. See Attachment 1.

19th July 1995.

## ATTACHMENT 1



## 384A Adapter COMCODE: 107 213 605 Installation Instructions

**Certified  
SYSTIMAX SCS  
Product**



UL Listed 97B4



ALSO CLASSIFIED BY UNDERWRITERS LABORATORIES INC.  
IN ACCORDANCE WITH IEC PUBLICATION 950

Tested to FCC Rules and Regulations Part 15, Class A,  
and CISPR Pub. 22, Class B

### Overview

The 384A Adapter (Figure 1) is a broadband video adapter that provides connectivity to the 1061/2061 Category 5 24-AWG High Performance 4-Pair unshielded twisted-pair (UTP) wiring of AT&T SYSTIMAX®<sup>1</sup> Structured Cabling Systems (SCS). The 384A Adapter is used in pairs to provide horizontal intrabuilding connectivity of broadband Community Antenna Television (CATV) distribution equipment. The 384A Adapter performs common-mode filtering, balancing, and impedance matching and is designed to deliver up to 28 VHF 6 MHz bandwidth channels to the desktop at a nominal receive signal (RF) level of 0 dBmV (1 mV) at cable distance of up to 328 ft (100 m). The supported number of channels will vary as a function of channel bandwidth. The 384A Adapter is connected to the building wiring at an information outlet (IO) in the work area and a modular or 110 jack distribution panel in the telecommunications closet.

An RF CATV signal originating at the headend (Figure 2) is amplified using commercially available broadband indoor distribution amplifiers and transmitted on coaxial cable in the Riser Backbone Subsystem to a multipoint CATV distribution panel located in the telecommunications closet. The RF signal is then transmitted over SYSTIMAX SCS 1061/2061 Category 5 4-Pair cable via a 384A Adapter connected between the multipoint CATV distribution panel and a modular or 110 jack panel. Sheath sharing, within the same 4-pair of the video signal with baseband voice, data and/or video is also supported. See your AT&T authorized representative for updated information on sheath sharing in this environment.

**Note:** The 384A Adapter is used as the connecting cord between the multipoint CATV distribution panel and the horizontal distribution field. No intermediate connection points should be installed between these two interfaces or at the IO located in the

work area. The 384A Adapter currently supports only 568B jack wiring. For installations using T568A outlets, contact your AT&T sales representative.

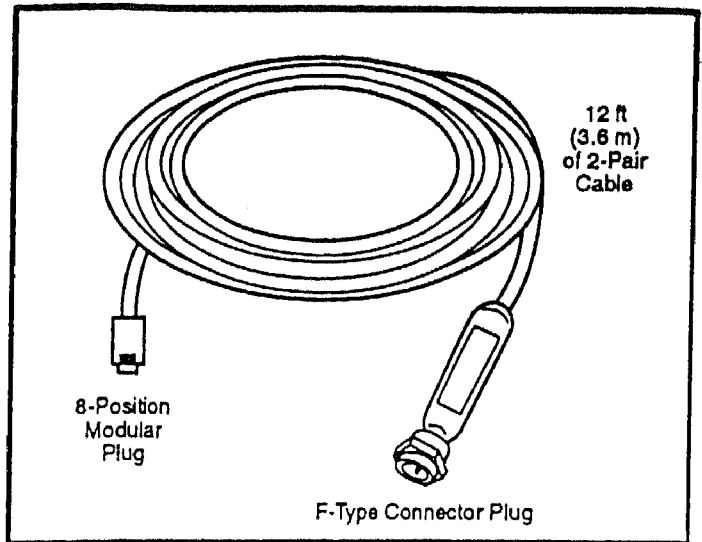


Figure 1. 384A Adapter

### Installation

To install a 384A Adapter, perform the following steps:

**CAUTION:** Do not attempt to open the housing. There are no user-serviceable parts inside the 384A Adapter. Prying open the housing will damage the adapter and void your warranty.

1. Determine that an adequate RF transmit signal level and carrier to noise ratio (C/N) is present at the F-Type connector on the CATV multipoint distribution panel. The minimum required RF transmit level is based on overcoming cable and adapter losses over a given band of channel frequencies that results in a nominal RF signal level at the receiver of 0 dBmV.

**Note:** Line equalization (slope) may be needed to compensate for uneven UTP cable loss in order to achieve a 0 dBmV receive level over a given frequency band.

FCC rules recommend that the receive level not be less than 0 dBmV or great enough to cause receiver overload. Refer to Tables 1, 2, and 3 for maximum transmit levels, cable and adapter losses, and operating distances. The carrier to noise ratio determines the quality of the transmitted picture image. The FCC requires a C/N of at least 40 dB.

2. For a channel outside the VHF band supported, use a commercially available channel converter to place that channel on a carrier within the supported band.
3. Make certain that the IO or modular jack distribution panel to which you will connect the 384A Adapter is wired properly and labeled appropriately to identify the circuit. Figure 3 illustrates a typical horizontal wiring arrangement.
4. Connect the F-Type connector plug on the 384A Adapter directly to the F-Type jack of the CATV distribution equipment or receiver.
5. Insert the modular plug on the 384A Adapter into the modular jack of an IO or jack panel carefully, so as not to place stress on the F-Type connector plug or the back of the 384A Adapter.

**CAUTION:** Do not extend the 384A Adapter cables on either the coaxial or UTP side. Extending these cables may cause the adapter to operate improperly and is not authorized by the warranty. Removal of the modular plug in order to punch down the adapter cordage onto a 110 field is acceptable but not recommended for this application.

1. SYSTIMAX is a registered trademark of AT&T.

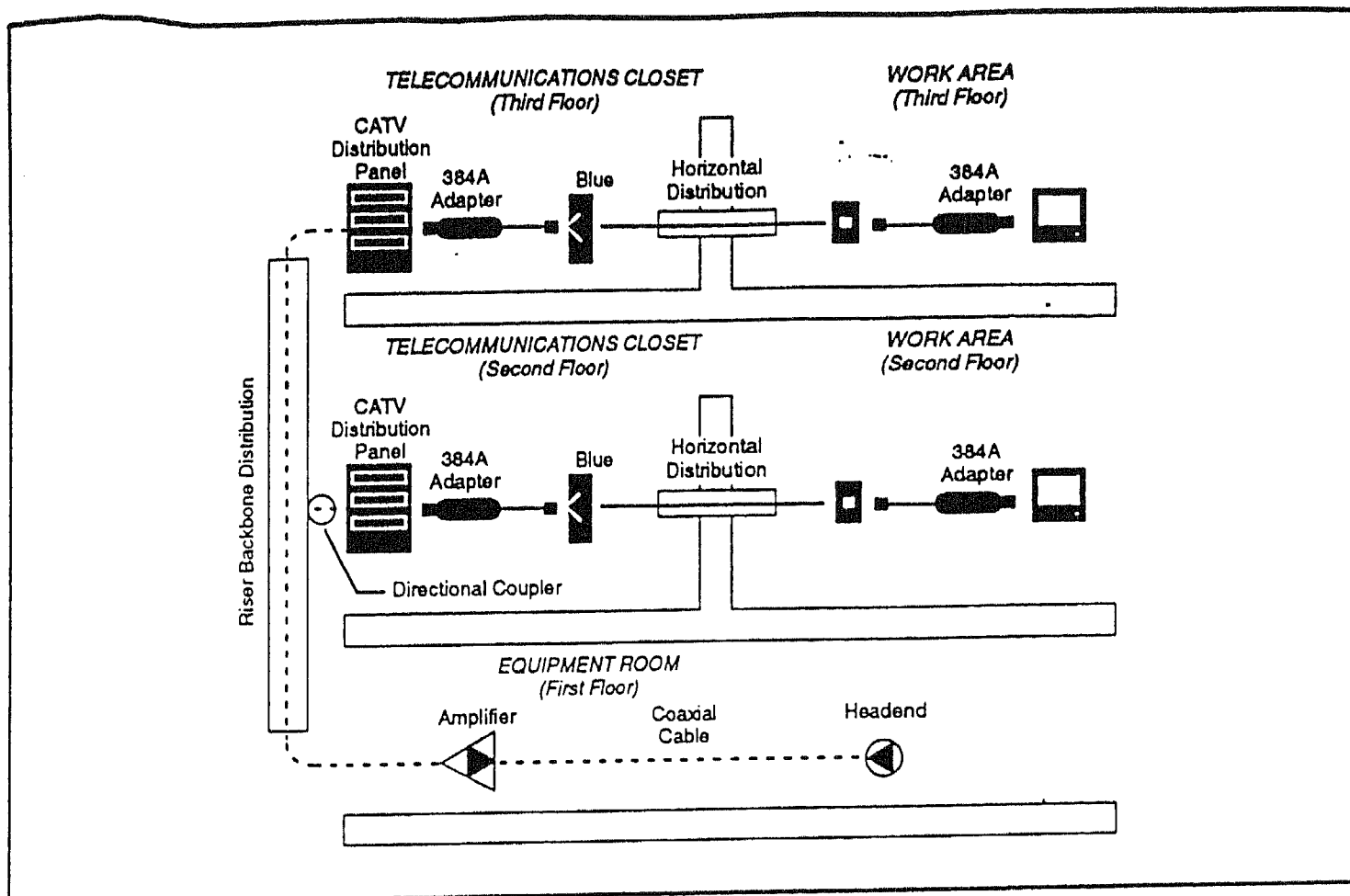


Figure 2. Typical 384A Adapter Configuration

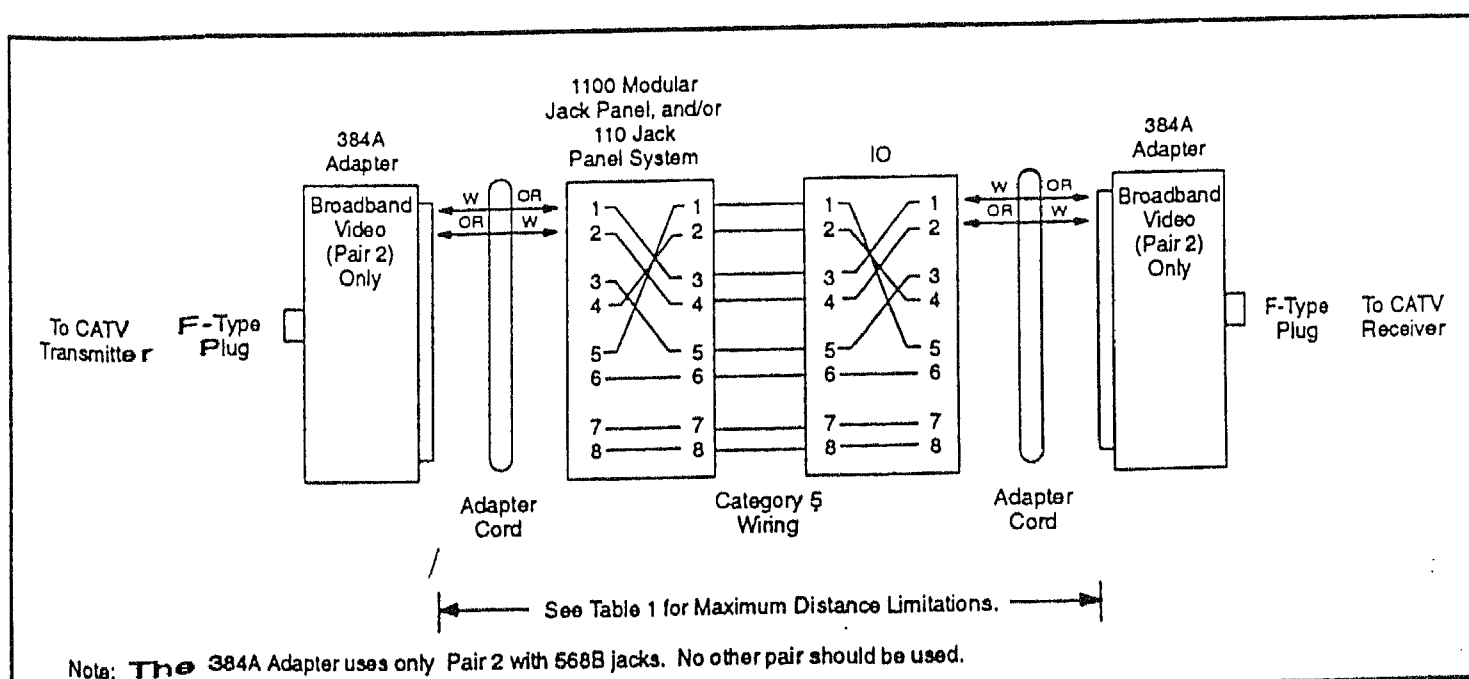


Figure 3. Typical Horizontal Wiring Arrangement Using 384A Adapters

# Troubleshooting

If your equipment malfunctions with 384A Adapters in place, follow the troubleshooting procedures below:

- Measure the signal level and C/N of the CATV signal at the transmitter/receiver.
- Perform diagnostics on your CATV distribution equipment by following the manufacturer's instructions.
- Check all connections and SYSTIMAX SCS wiring, ensuring that you are plugged into the proper IO.

**Note:** The Automatic Gain Control (AGC) circuitry of the RF receiver is extremely sensitive, down to  $-40\text{dBmV}$  ( $10\mu\text{V}$ ). Adjacent cable crosstalk may be perceived as a snowy picture image if the adapter is plugged into the wrong IO.

- Replace the 384A Adapter with one that is known to be working.
- If you still cannot diagnose the problem, call your AT&T Authorized Representative.

Table 1 describes the maximum transmit levels allowed that will ensure emission compliance.

Table 1. Maximum Allowable Transmit Levels to Ensure Emission Compliance

| Standard U.S. Channel Designations | Carrier Frequency (MHz) | Emission Compliance Transmit Level (dBmV) |               |
|------------------------------------|-------------------------|-------------------------------------------|---------------|
|                                    |                         | FCC Class A                               | CISPR Class B |
| 2                                  | 55.25                   | 37                                        | 28            |
| 3                                  | 61.25                   | 37                                        | 28            |
| 4                                  | 67.25                   | 36                                        | 27            |
| 5                                  | 77.25                   | 36                                        | 27            |
| 6                                  | 83.25                   | 36                                        | 26            |
| 14                                 | 121.25                  | 36                                        | 26            |
| 15                                 | 127.25                  | 36                                        | 24            |
| 16                                 | 133.25                  | 36                                        | 24            |
| 17                                 | 139.25                  | 36                                        | 24            |
| 18                                 | 145.25                  | 35                                        | 23            |
| 19                                 | 151.25                  | 34                                        | 23            |
| 20                                 | 157.25                  | 34                                        | 20            |
| 21                                 | 163.25                  | 31                                        | 18            |
| 22                                 | 169.25                  | 29                                        | 19            |
| 7                                  | 175.25                  | 30                                        | 19            |
| 8                                  | 181.25                  | 34                                        | 20            |
| 9                                  | 187.25                  | 34                                        | 21            |
| 10                                 | 193.25                  | 34                                        | 22            |
| 11                                 | 199.25                  | 34                                        | 22            |
| 12                                 | 205.25                  | 34                                        | 22            |
| 13                                 | 211.25                  | 34                                        | 22            |
| 23                                 | 217.25                  | 34                                        | 22            |
| 24                                 | 223.25                  | 35                                        | 22            |
| 25                                 | 229.25                  | 36                                        | 23            |
| 26                                 | 235.25                  | 36                                        | 23            |
| 27                                 | 241.25                  | 36                                        | 27            |
| 28                                 | 247.25                  | 37                                        | 27            |
| 29                                 | 253.25                  | 37                                        | 30            |

Table 2 describes cable and adapter losses.

Table 2. Loss Budgets

| Standard U.S. Channel Designations | Carrier Frequency (MHz) | 1061/2061 Cable dB/meter (+2.5% tol.) | 384A Adapter Pair (dB) (+/- 10% tol.) |
|------------------------------------|-------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| 2                                  | 55.25                   | 0.149                                 | 3.5                                   |
| 3                                  | 61.25                   | 0.157                                 | "                                     |
| 4                                  | 67.25                   | 0.169                                 | "                                     |
| 5                                  | 77.25                   | 0.180                                 | "                                     |
| 6                                  | 83.25                   | 0.187                                 | "                                     |
| 14                                 | 121.25                  | 0.229                                 | "                                     |
| 15                                 | 127.25                  | 0.232                                 | "                                     |
| 16                                 | 133.25                  | 0.238                                 | "                                     |
| 17                                 | 139.25                  | 0.244                                 | "                                     |
| 18                                 | 145.25                  | 0.249                                 | 4.5                                   |
| 19                                 | 151.25                  | 0.255                                 | "                                     |
| 20                                 | 157.25                  | 0.260                                 | "                                     |
| 21                                 | 163.25                  | 0.265                                 | "                                     |
| 22                                 | 169.25                  | 0.270                                 | "                                     |
| 7                                  | 175.25                  | 0.275                                 | "                                     |
| 8                                  | 181.25                  | 0.280                                 | "                                     |
| 9                                  | 187.25                  | 0.285                                 | "                                     |
| 10                                 | 193.25                  | 0.290                                 | "                                     |
| 11                                 | 199.25                  | 0.294                                 | 5.5                                   |
| 12                                 | 205.25                  | 0.299                                 | "                                     |
| 13                                 | 211.25                  | 0.305                                 | "                                     |
| 23                                 | 217.25                  | 0.309                                 | "                                     |
| 24                                 | 223.25                  | 0.314                                 | "                                     |
| 25                                 | 229.25                  | 0.318                                 | "                                     |
| 26                                 | 235.25                  | 0.323                                 | "                                     |
| 27                                 | 241.25                  | 0.327                                 | "                                     |
| 28                                 | 247.25                  | 0.332                                 | "                                     |
| 29                                 | 253.25                  | 0.336                                 | "                                     |

Table 3 describes the maximum cable distances over which RF signals can be transmitted that will provide a nominal RF receive signal level of 0 dBmV, and maintain compliance with FCC Class A or CISPR Class B requirements.

**Table 3. Operational Distance Limitations**

| Standard U.S. Channel Designations | FCC Class A: Carrier Frequency   | Maximum Distance |
|------------------------------------|----------------------------------|------------------|
| Ch. 2-6, 14-22                     | 55.25 MHz - 174.25 MHz           | 328 ft (100 m)   |
| Ch. 7-13, 23-29                    | 175.25 MHz - 253.25 MHz          | 295 ft (90 m)    |
| Channel Designation                | CISPR Class B: Carrier Frequency | Maximum Distance |
| Ch. 2-6 & 14                       | 55.25 MHz - 126.25 MHz           | 328 ft (100 m)   |
| Ch. 15-19                          | 127.25 MHz - 156.25 MHz          | 230 ft ( 70 m)   |
| Ch. 7-13, 20-29                    | 157.25 MHz - 253.25 MHz          | 164 ft ( 50 m)   |

## Warranty

If the product becomes defective within one year of the date of purchase, it may be returned for replacement only. To obtain a replacement, call your AT&T Authorized Representative. You will then be advised regarding the procedure to follow. Retain all documentation showing date of sale to validate your warranty.

# IMPORTANT SAFETY INSTRUCTIONS

When using this product, basic safety precautions should always be followed to reduce the risk of fire, electric shock, and injury to persons, including the following:

1. Read and understand all instructions.
2. Follow all warnings and instructions marked on the product.
3. Never install telephone jacks in a wet location unless the jack is specifically designed for wet locations.
4. Never install this product during a lightning storm. There is a remote risk of electric shock from lightning.
5. Never touch uninsulated communication wires or terminals.
6. **CAUTION:** All wiring that connects to this equipment must meet applicable local and national building codes and network wiring standards for communications cable.
7. **CAUTION:** This product shall not be installed on wire distribution systems exposed to either lightning or power cross faults.
8. This product is intended to connect to Safety Extra Low Voltage (SELV) only and is not intended for connection to the telephone network.

## SAVE THESE INSTRUCTIONS

Except for the one-year warranty cited above, AT&T makes no warranties, express or implied, and specifically disclaims any warranty of merchantability or fitness for a particular purpose.

Except for personal injuries, customer's sole remedy against AT&T for loss or damage caused by a product defect, regardless of the form of action, is customer's right to obtain a replacement adapter as set forth above.

## Electrical Specifications

Bandwidth: 55.25 MHz to 253.25 MHz

Total Channels: 28 (8 MHz bandwidth)

Insertion Loss: less than 3 dB

Return Loss: greater than 20 dB

Common Mode Rejection: greater than 40 dB

Signal to Noise Ratio: greater than 60 dB

Input Impedance: 75 ohms

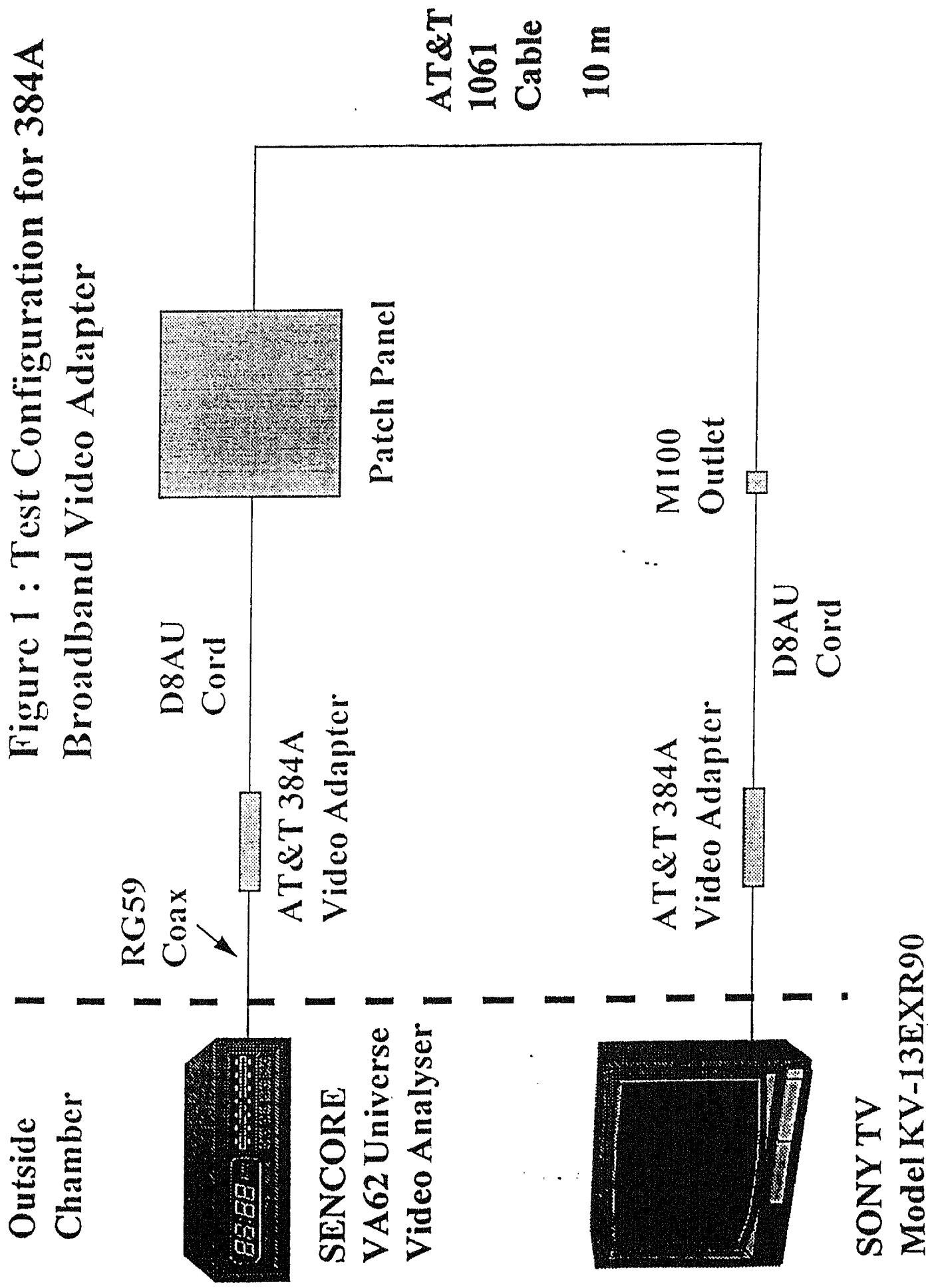
Output Impedance: 100 ohms

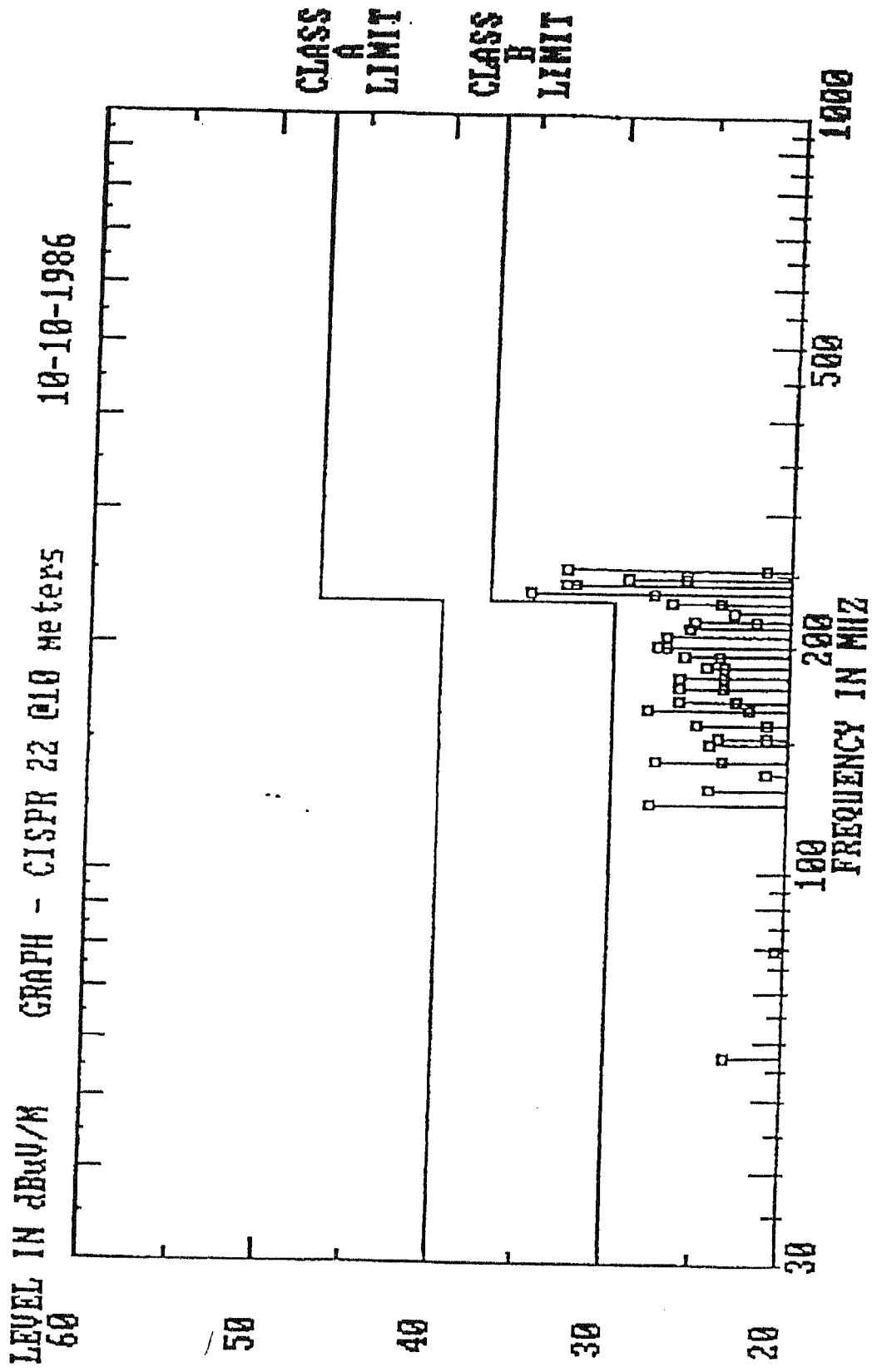
## Ordering Information

You can purchase additional 384A Adapters and related SYSTIMAX SCS distribution products by calling your AT&T Authorized Representative. For information on other SYSTIMAX SCS products not included on this list, refer to the SYSTIMAX® Structured Cabling Systems Products Guide (Document No. 3726C).

| Description  | Part No. (Comcode) |
|--------------|--------------------|
| 384A Adapter | 107 213 605        |

**Figure 1 : Test Configuration for 384A  
Broadband Video Adapter**





#### **4.5.2 Publicação 2**

(10 páginas)

Author : Dr. T. C. Tan  
AT&T Bell Laboratories  
Document : 155SUM.DOC  
Date : 1st Sept 1995

## **EMC TESTING OF 155.5 Mbps ATM LAN OPERATING OVER AT&T SYSTIMAX<sup>®</sup> SCS**

### **A SUMMARY**

#### **1. Introduction**

The implementation of the European Electromagnetic Compatibility (EMC) Directive 89/336/EEC (as amended by 91/263/EEC and 92/31/EEC) into mandatory national EMC regulations within the European Union (EU) countries have generated a lot of debate on the relative merits of unshielded versus shielded premises cabling systems. A few shielded cabling vendors have even claimed that unshielded twisted pair (UTP) cables will not be suitable for applications above 30 MHz frequency. AT&T believes that such a claim is not true and challenges this claim.

#### **2. Why 155.5 Mbps ATM LAN ?**

A 155.5 Mbps Asynchronous Transfer Mode (ATM) LAN was chosen because this application utilizes Non-Return-To-Zero (NRZ) encoding. This means that the critical frequency is about 78 MHz which is well above 30 MHz. Furthermore, this application is currently the highest data rate copper based LAN application commercially available.

#### **3. EMC Tests Description and Results**

Figures 1, 2 and 3 show the test configurations used in the EMC testings. The equipment (ATM switch and network interface cards) used were from several major vendors. The EMC tests were carried out at AT&T Bell Laboratories Global Product Compliance Laboratory (in Holmdel), recognized by many competent and accreditation bodies such as TUV-Rheinland, AKZO EMC, and AUSTEL.

The following EMC tests were carried out :

- (a) Radiated Emissions.
- (b) Radiated Immunity.
- (c) Electrical Fast Transients/Burst Immunity.

The immunity tests specify the following error criteria :

- (i) Criteria A : The system shall continue to operate normally. There shall be no data errors through the loop. Change of state, reset condition, unrecoverable jab condition, blocked network or loss of packets is unacceptable. CRC errors, overrun/underrun errors, aborted frames, alignment errors and collisions are acceptable conditions.
- (ii) Criteria B : The system shall operate normally with no data errors through the loop after the test. During the test, data errors, CRC errors, overrun/underrun errors, aborted frames, alignment errors and collisions are acceptable conditions. No change of operating state such as system reset, unrecoverable jab condition or blocked network is permitted during or after the test.

An idle traffic pattern was continuously transferred between the two ATM switch ports for the emissions test. This type of traffic pattern will provide the highest critical frequency required for emissions measurement. A 16 Mbyte file was continuously transferred between the client and the server for all the immunity tests. The client workstation was used to monitor network activities and errors. The Application Adaptation Layer (AAL) error monitoring software was supplied by the respective switch vendor.

### 3.1 Radiated Emissions

EN 55022, 1987

Frequency Range : 30 MHz to 1000 MHz.

This standard limits the amount of 'energy' (also known as emissions) that can be emitted by an equipment or system and is intended to insure a low level of interference to broadcast radio and TV services. This standard specifies two classes of emissions limits, Class A and Class B. Class B is 10 dB $\mu$ V/m stricter than Class A. According to this standard (and hence the EMC Directive), a manufacturer can choose to meet either Class A or Class B limits. In general, Class A products are intended for use in commercial establishments and Class B products for residential or domestic establishments. The key factor here is whether the product will be used within a 10 m protection distance from a broadcast (eg : radio or TV) receiver.

Figure 1 shows the test setup for radiated emissions measurement. The final and official testing was carried out at the open area test site (OATS). No ATM NICs were used. The purpose of this test was to investigate the emissions performance of the ATM switch. Attachment A shows the emissions plot. The system configuration complies with the Class B limit.

/

### 3.2 Radiated Immunity

IEC 801-3, 1992 (prEN 55024, Part 3)

Frequency range :

27 MHz to 1000 MHz

Field Type :

AM Modulated

Required Severity Level :

3 V/m (Level 2)

The intention of this standard is to measure the ability of a system to withstand radiated electromagnetic fields produced by devices such as broadcast radio and TV transmitters, portable radio transceivers (such as walkie-talkies and cellular/GSM phones) as well as co-located information technology equipment (ITE).

The current regulation under EN 50082-1 (1992) requires testing to 3 V/m for a frequency range of 27 MHz to 500 MHz with unmodulated fields. Hence, the above test exceeds the current requirement.

Figure 2 shows the test configuration. The radiated immunity testing was performed in an anechoic chamber. During the testing, the system was exercised in its normal mode of operation, that is, continuous file transfer between a client and server. The network activities and errors were monitored. All supporting equipment were appropriately protected. Table A shows the results of the radiated immunity testing using modulated field. No degradation was observed at 3 V/m for both horizontal and vertical polarization. The system meets performance criteria A as required by the radiated immunity standard (Initially, when the field generated was unmodulated, the system operated without any errors until when the field strength reached 5 V/m. The result of this test is not recorded).

| Frequency Range (MHz) | Level (V/m) | Antenna Polarization | EUT Position | Results                      |
|-----------------------|-------------|----------------------|--------------|------------------------------|
| 27 - 220              | 3           | H                    | Front        | Meets Performance Criteria A |
| 27 - 220              | 3           | V                    | Front        | Meets Performance Criteria A |
| 220 - 400             | 3           | H                    | Front        | Meets Performance Criteria A |
| 220 - 400             | 3           | V                    | Front        | Meets Performance Criteria A |
| 400 - 1000            | 3           | H                    | Front        | Meets Performance Criteria A |
| 400 - 1000            | 3           | V                    | Front        | Meets Performance Criteria A |
| 400 - 1000            | 3           | V                    | Rear         | Meets Performance Criteria A |
| 400 - 1000            | 3           | H                    | Rear         | Meets Performance Criteria A |
| 220 - 400             | 3           | V                    | Rear         | Meets Performance Criteria A |
| 220 - 400             | 3           | H                    | Rear         | Meets Performance Criteria A |
| 27 - 220              | 3           | V                    | Rear         | Meets Performance Criteria A |
| 27 - 220              | / 3         | H                    | Rear         | Meets Performance Criteria A |

Table A : Radiated Immunity Test Results



**3.3 Electrical Fast Transients/Burst Immunity**  
IEC 801-4, 1988 (prEN 55024, Part 4)  
Required Severity Level : Signal/Control Lines

0.5 kV (Level 2)

The intention of this standard is to measure the ability of a system to withstand transient interference or impulsive noise produced by devices such as electric motors. This is a severe test requirement.

Figure 3 shows the test configuration. EFT/Burst tests were performed in the a shielded test chamber. During the testing, the system was exercised in its normal mode of operation, that is, continuous file transfer between a client and server. The network activities and errors were monitored. The EFT/Burst pulses were applied in both positive and negative polarities for a minimum duration of 1 minute for each polarity.

The cable length between the server and the ATM switch was varied from 6 m to 90 m and the above test was repeated. In both cases, the system meets performance criteria B as required by the standard and the results are shown in Table B.

| Config No. | EFT Clamp | EFT Level<br>( $\pm$ kV) | Cable L3 (m) | Cable L2<br>(m) | Results                         |
|------------|-----------|--------------------------|--------------|-----------------|---------------------------------|
| 1          | Server    | 0.5                      | 6            | 17              | Meets Performance<br>Criteria B |
|            | Server    | 1.0                      | 6            | 17              | Meets Performance<br>Criteria B |
|            | Server    | 0.5                      | 90           | 17              | Meets Performance<br>Criteria B |
|            | Server    | 1.0                      | 90           | 17              | Meets Performance<br>Criteria B |
| 2          | Client    | 1.0                      | 17           | 90              | Meets Performance<br>Criteria B |
|            | Client    | 1.0                      | 17           | 6               | Meets Performance<br>Criteria B |

Table B : EFT/Burst Immunity Test Results.

**4. Conclusion**

The EMC tests performed above were chosen because they are related to cabling attached to the equipment interface ports. These tests and the results obtained showed that UTP cabling is suitable for applications above 30 MHz frequency despite many false claims.

AT&T will be submitting the 155.5 Mbps ATM LAN application for a full EMC compliance testing in the future and will also be continuing the program of carrying out EMC testings for different applications. These results will be distributed when available.

**TABLE C**  
**Summary of EMC Test Results**  
**for**  
**155.5 Mbps ATM LAN**

| <u>Tests</u>                                 | <u>Specifications</u>                                    | <u>Results</u> |
|----------------------------------------------|----------------------------------------------------------|----------------|
| Radiated Emissions                           | EN 55022, 1987<br>Class B Limit                          | Pass           |
| Radiated Field Immunity                      | IEC 801-3, 1992<br>prEN 55024, Part 3<br>3 V/m (Level 2) | Pass           |
| Electrical Fast Transient/<br>Burst Immunity | IEC 801-4, 1988<br>prEN 55024, Part 4                    |                |
| Signal/Control Lines                         | 0.5 kV (Level 2)                                         | Pass           |

# Figure 1 : RADIATED EMISSIONS TESTING FOR 155.5 Mbps ATM

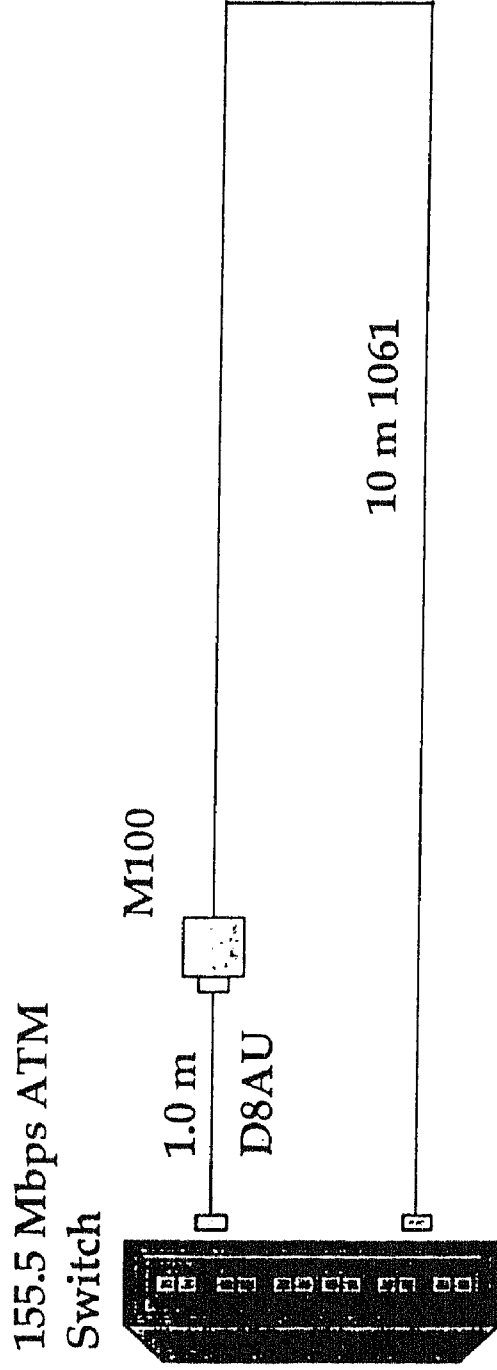


**Figure 2: RADIATED IMMUNITY  
TESTING FOR 155.5 Mbps ATM**

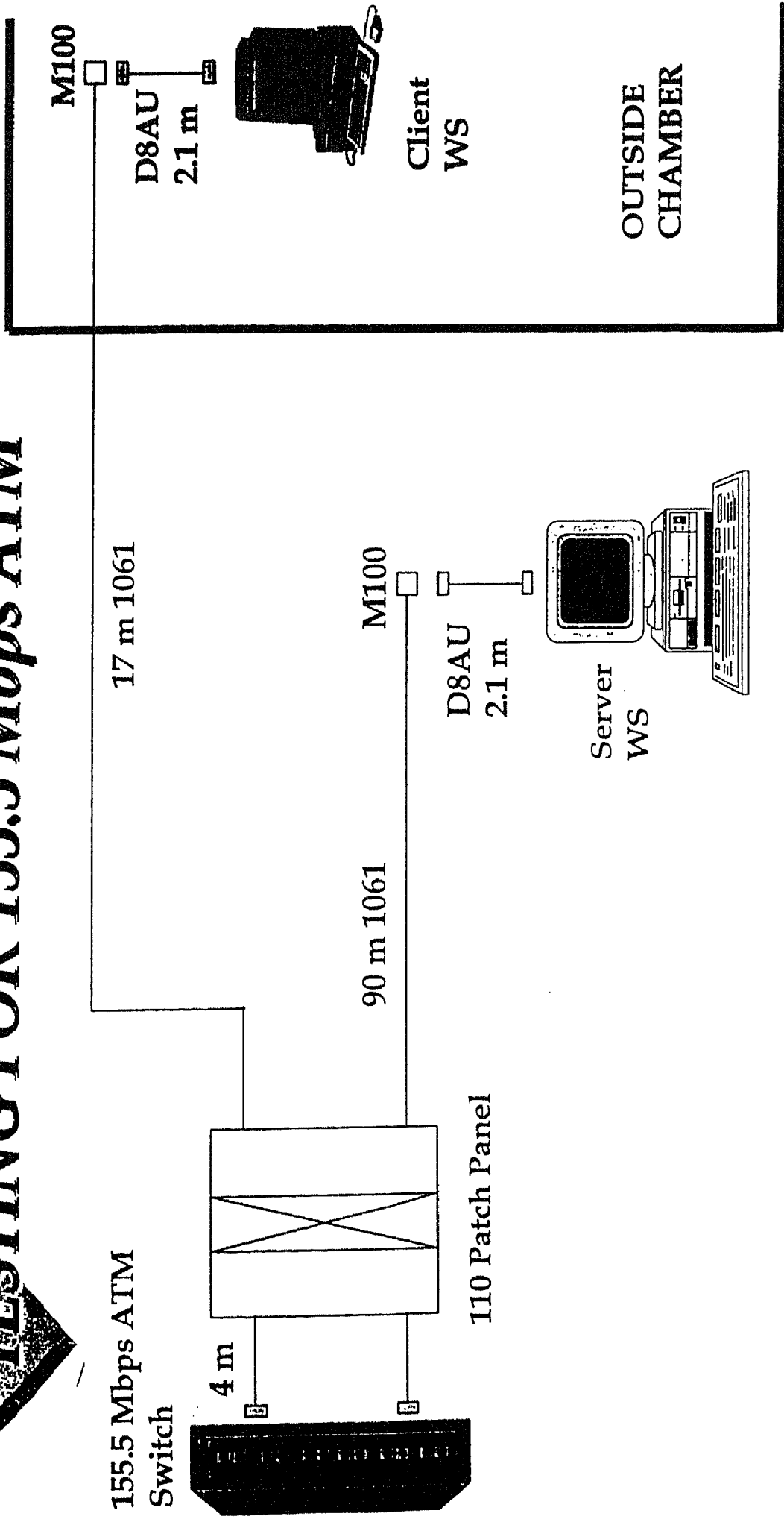


**Figure 3a : EFT/BURST IMMUNITY TESTING  
FOR 155.5 Mbps ATM : Clamp on Server.**

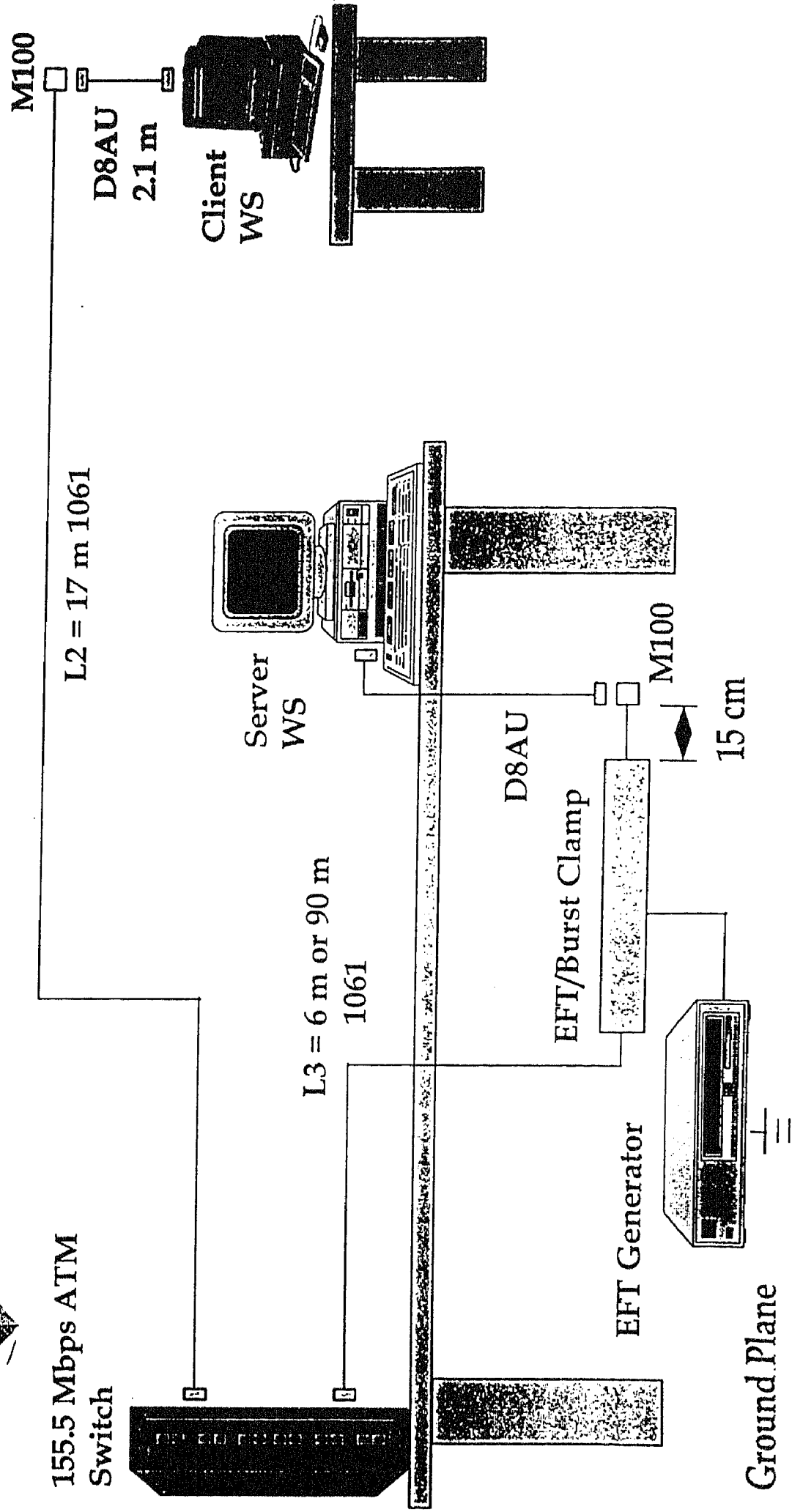
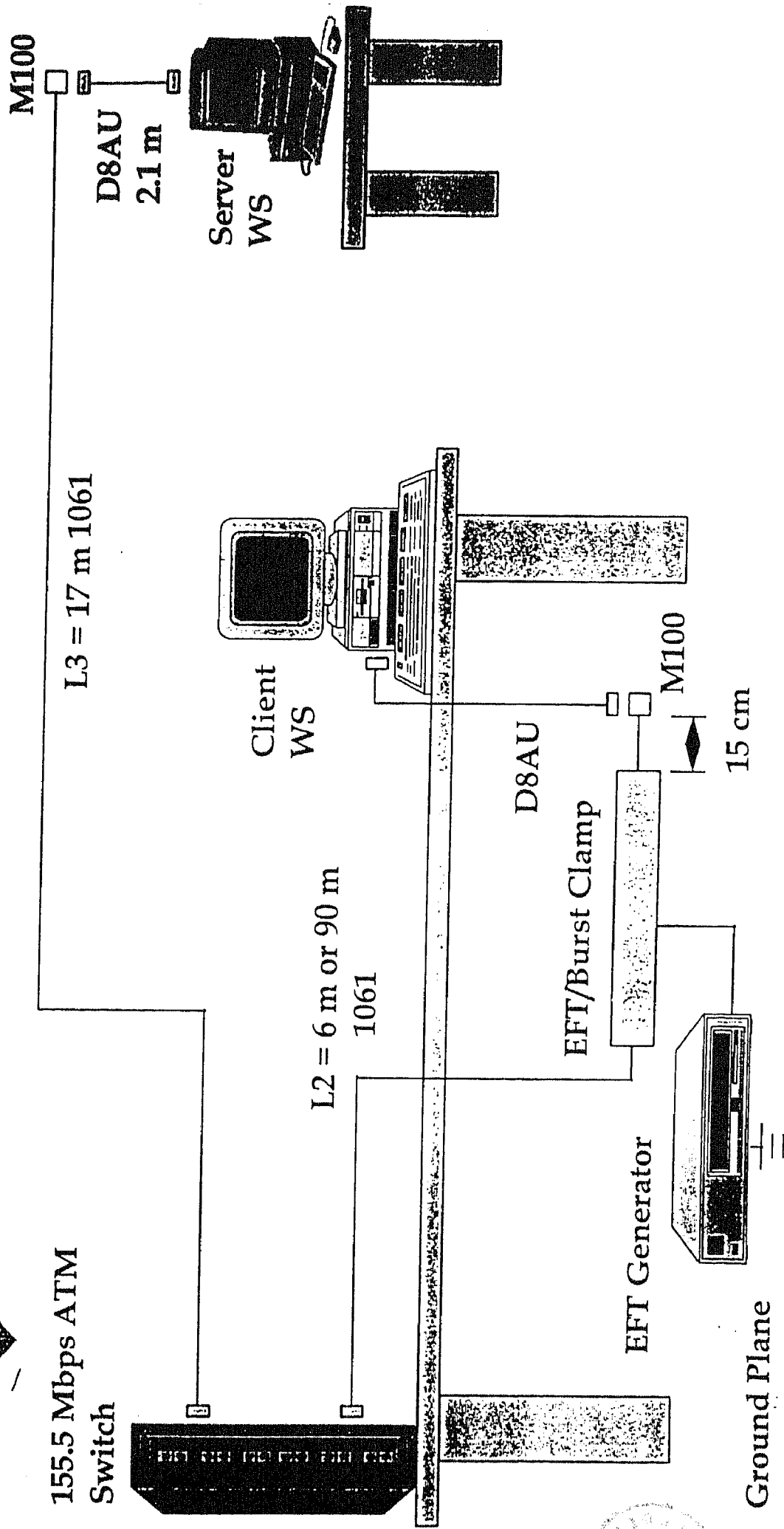


**Figure 3b: EFT/BURST IMMUNITY TESTING  
FOR 155.5 Mbps ATM: Clamp on Client.**



# 155.5 Mbps ATM Switch

**L3 = 17 m 1061**

M100

**D8AU**  
**2.1 m**

Server  
WS

Client  
WS

$$L2 = 6 \text{ m or } 90 \text{ m}$$

D8AU

## EFT/Burst Clamp

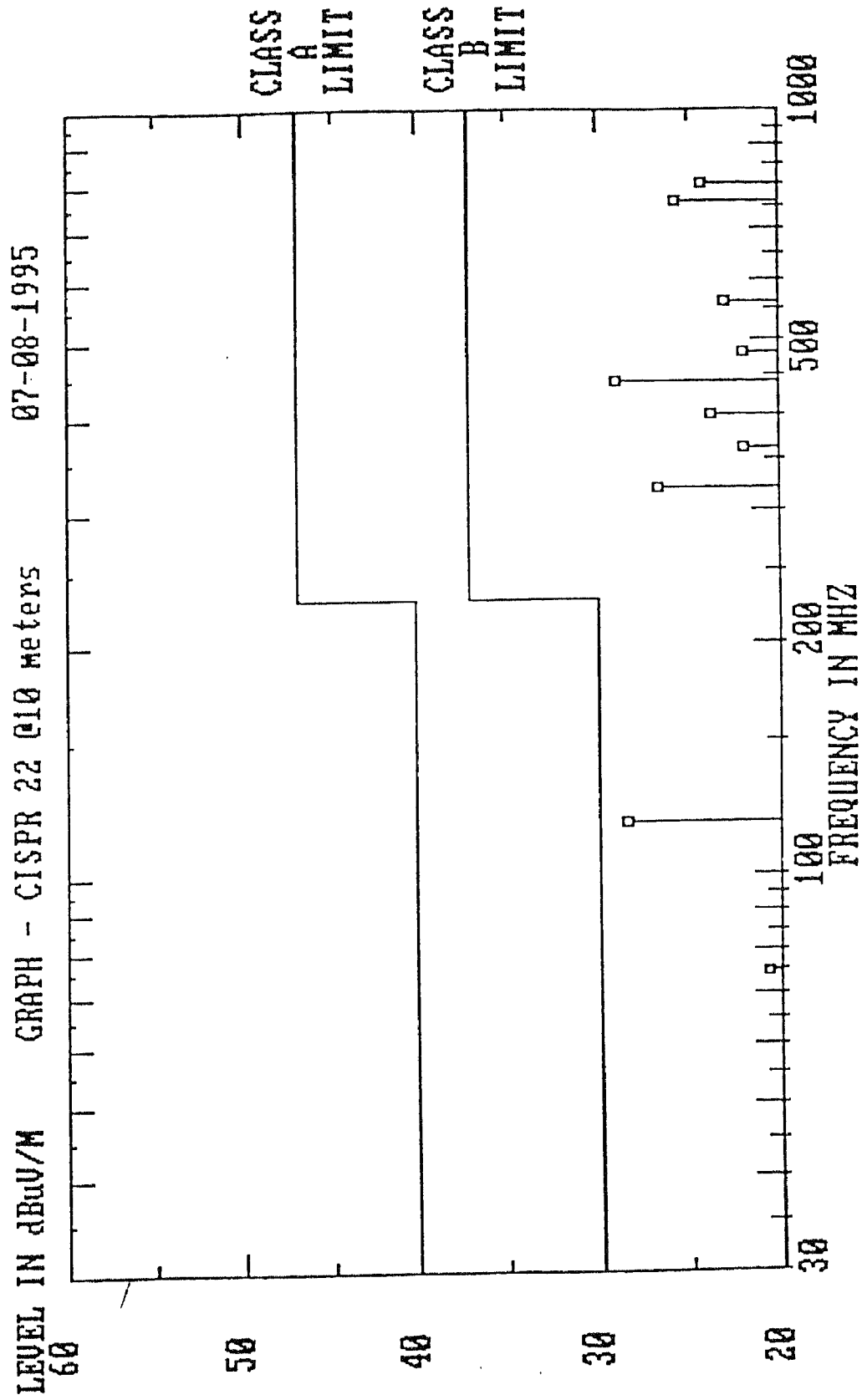
## EFF Generator

M100

15 cm

## Ground Plane

ATTACHMENT A



### **4.5.3 Publicação 3**

(2 páginas)

---

# BOLETIN TECNICO AT&T SYSTIMAX<sup>R</sup> SCS

Número 11 Octubre 1.995

---

## I. NOTICIAS TECNICAS

### 1. Condiciones de inclusión de cumplimiento EMC en el programa de garantía de AT&T SYSTIMAX<sup>®</sup> SCS.

Con efectividad 1 de Enero de 1.996, la Directiva Europea sobre Compatibilidad Electromagnética (EMC) 89/336/EEC (enmendada por las Directivas 92/31/EEC y 93/68/EEC), será de obligado cumplimiento en los países de la Union Europea.

Por tal motivo, el grupo de Redes Privadas de AT&T Network Systems ha extendido su programa de garantía de aplicaciones y producto de 15 años, incluyendo en el mismo el cumplimiento de la directiva 89/336/EEC sobre EMC, siempre y cuando se cumplan todas y cada una de las condiciones que a continuación se relacionan. La extensión del programa de garantía afecta únicamente a la región de EMEA (Europe, Middle East and Africa) y su efectividad aplica a partir del 1 de Enero de 1.996.

### CONDICIONES

Todas las instalaciones AT&T SYSTIMAX<sup>®</sup> SCS certificadas cumplirán los requisitos esenciales de la Directiva Europea sobre Compatibilidad Electromagnética (EMC), 89/336/EEC (enmendada por las Directivas 92/31/EEC y 93/68/EEC) siempre y cuando se cumplan las siguientes condiciones:

- a) Todo equipamiento electrónico de otro fabricante que se utilice **DEBE CUMPLIR** con los correspondientes estándares relativos a aplicación y Red de Area Local.
- b) Todo equipamiento electrónico de otro fabricante que se utilice (terminales, PCs, concentradores, MAUs, tarjetas de red, etc) **DEBE CUMPLIR** la Directiva sobre EMC (es decir, debe portar la marca CE de conformidad) cuando se conecte a cable UTP (cable trenzado sin apantallar) o cable de fibra óptica.
- c) La instalación está implementada con productos (cables, paneles de interconexión, rosetas, etc) catalogados AT&T SYSTIMAX<sup>®</sup> SCS. **UNICAMENTE** se utilizarán para la implementación de estas instalaciones cable ARMM de AT&T y productos pertenecientes a las familias AT&T HIGH-5<sup>™</sup> y AT&T LightWorks<sup>™</sup>.
- d) La presente extensión del programa de garantía afecta única y exclusivamente a aquellas aplicaciones incluidas en la última edición del documento "Performance Specifications", actualmente de Julio 94 y cuyo número de serie es 464-110-007.
- e) **SE UTILIZARAN**, cuando se necesiten, los adaptadores y drivers de AT&T apropiados.
- f) El sistema **DEBE** diseñarse según las reglas de Diseño e Ingeniería de AT&T y ha de instalarse siguiendo las normas de Instalación de AT&T. Se observarán las reglas y normas vigentes (las últimas) en cada momento.
- g) Las tareas de Diseño, Ingeniería e Instalación habrán de ser realizadas **UNICAMENTE** por VARs (Value Added Resellers) o SIs (System Integrators) autorizados de AT&T.
- h) La utilización de cualquier producto **NO AT&T** conllevará la **NULIDAD** de la extensión del programa de garantía en relación a EMC.

Adjuntamos copia del documento original en inglés en el que se incluye una sección con las respuestas a las cuestiones que se plantean con mayor asiduidad relativas al tema de EMC.

\* \* \* \*

**2. Documento aclaratorio sobre certificaciones.**

Se incluye en el presente boletín técnico copia de la carta enviada al canal en fecha 6/10/95 con algunas aclaraciones relativas a la viabilidad o inviabilidad de certificar cierto tipo de instalaciones. Os rogamos os atengais a las indicaciones incluidas en la misma con objeto de evitar problemas y malentendidos.

#### **4.5.2 Publicação 4**

(7 páginas)



---

## TO SHIELD OR NOT TO SHIELD, AN END-USER'S DILEMMA.

by

**Dr. T. C. TAN**

**AT&T Bell Laboratories, London.**

The implementation of the EMC Directive has led to a great deal of debate on the relative advantages and disadvantages of shielded versus unshielded premises cabling systems. This is compounded by the rapid growth of Local Area Networks (LANs) and their continuing evolution to higher data rates.

EMC protection can be achieved in several ways, namely, by balanced transmission, filtering, shielding/screening or a combination of any of these methods.

The purpose of balanced transmission is to ensure that equal and opposite signals are generated on the conductors of a twisted pair. These signals, in turn, generate equal and opposite electromagnetic fields which cancel each other and the net result is no emissions from the twisted pair. Balanced transmission also makes the noise pickup equal on both conductors and so no net noise signal is delivered to the receiver interface. In general, the better the balance of the system, the lesser is its emissions and the greater is its noise immunity. The 'balancing' approach is often overlooked as a cost effective way of improving EMC performance. The common-mode termination techniques on the unused pairs (performed within the electronics equipment) can be considered to be a special form of balanced transmission. Its purpose is to provide the pairs with a well defined common-mode impedance to ground, to reduce the loop (antenna) area for the common-mode signal and to balance the unused pairs. This method of termination has been shown to greatly improve the EMC performance of a system. It is currently recommended by LAN standard committees for all high data rate applications, such as the ANSI X3T9.5 100 Mbps TP-PMD and 155 Mbps ATM LANs.

Filtering is associated with the practice of using longitudinal chokes or transformer couplings to remove unwanted common-mode signals without affecting the wanted differential mode signals. Balun and media adapters use transformer principle to provide isolation as well as good common mode rejection to reduce emissions. Common-mode chokes are one of the most useful tools for EMC control in the LAN environment.

Shielding utilizes the 'Faraday cage' approach where a conducting shield/screen is placed around the conductors and all the associated interfaces. However, this approach relies heavily on the total integrity of the conducting shield plus how and where the shield is grounded. One must remember the fact that a shield is also a conductor and if it is not treated properly as a shield, it will carry a signal, and radiate or pick up noise like any other conductor. The following conditions must be met when considering a shielded premises cabling system :

- (a) Proper cable shield/screen design.
- (b) Proper connector design.
- (c) Proper termination of cable shield at connector.
- (d) Careful installation procedures.
- (e) Availability of clean power supply.

- 
- (f) Availability of good ground system.
  - (g) Good grounding procedures.
  - (h) Maintain low impedance to ground.

Annex A provides a more detailed discussion on the above conditions.

A general perception is that a shielded twisted pair (STP) or foil screened twisted pair (FTP) cable has all the balanced properties of a unshielded twisted pair (UTP) cable but also has the additional protection of a shield. In reality, when a shield is added to a UTP cable and assuming that the manufacturing tolerances remain the same, the balance of the STP or FTP cable will degrade and become worse than that of the UTP cable due to a larger variation in capacitance unbalance. This degradation will produce strongly coupled common-mode (or longitudinal) signals on the cable pairs. This in turn will couple strongly to the shield. Hence the shield will have to be well grounded and the fully shielded connector be terminated properly (that is, circumferential contact with the cable shield is essential. No pigtail connection is allowed). Otherwise, this common-mode signal will cause the system to radiate. This issue becomes more critical with increasing frequency.

Unshielded premises cabling systems such as AT&T SYSTIMAX<sup>®</sup> SCS utilize the balanced transmission and filtering approach. An unshielded premises cabling system also offers the following advantages :

- (a) Ease of installation and hence less expensive labour cost.
- (b) No grounding issues and maintenance-free ground (Hence no additional incurred maintenance cost).
- (c) Good spatial efficiency. UTP cables are smaller than FTP or STP cables.
- (d) Typically, UTP cables are less expensive than FTP or STP cables.

AT&T has tested SYSTIMAX SCS and shown that unshielded cabling system is legally viable under the EMC Directive. In the real commercial world, cost, practicality, ease of installation and use must be weighed against requirements for overprotection. The key here is to buy enough protection without paying too much. This has been proven by the wide acceptance of unshielded cabling systems which account for a majority share in at least 75 % of the European countries. However, since grounding and earthing requirements differ from one country to another even within Europe, the only truly 'portable' and 'open' cabling system is the unshielded cabling system. This is a very important consideration for multinational companies.



---

## ANNEX A

The following conditions must be met when considering a shielded premises cabling system :

(a) **Proper cable shield/screen design** : Different cable shield constructions offer different EMC performances. For example, a helical wrap foil shield cable has the worst shielding effectiveness due to the presence of gaps at the seams (see Figure 1). A major problem with shielded cabling system is that the shielding effectiveness or surface transfer impedance for both cable and connector at 100 MHz frequency are still not defined in IS 11801 and EN 50173 standards. This parameter is extremely important in determining the EMC performance of the system.

(b) **Proper connector design and termination of cable shield at connector** : The most important function of a shielded connector is not to shield the wires inside it, although this must be done too, but to provide a low impedance path between the cable shield and ground. The number of connector shield discontinuities such as slots or holes must be minimized since these discontinuities increase the impedance to ground. If the shielded connector must have slots or holes (eg for mounting on patch panels, outlet faceplates and/or for cable entry), the length/diameter of the slot/hole must be less than  $\lambda/4$  (where  $\lambda$  is the wavelength at the highest frequency of interest). Otherwise, the slot will become a very effective radiator. Figure 2 shows the shielding effectiveness degradation due to different slot sizes over a range of frequencies.

Hence the use of fully shielded connectors with circumferential (360°) termination of cable shield/screen at the outlets and patch panels connectors (no pigtailed are allowed) is highly recommended. Early emissions data presented to the ANSI X3T9.5 TP-PMD committee showed that at the FDDI frequency of 62.5 MHz, virtually all the emissions from a well grounded IBM Type 1 system comes from the openings in the data connectors (see Figure 3). Thus most of the benefit of shielding is lost due to the semi-shielded data connectors.

There is also an increasing use of the shielded 8-pin modular (RJ45) connectors. A major problem exists concerning the use of this type of connectors. Currently, there is no standard for a shielded 8-pin modular connector. The interoperability between different vendors' shielded jacks and plugs has yet to be determined. Also the long term shielding integrity of the jack/plug combination (in terms of the number of plug withdrawals and reinsertions) has yet to be defined. With all these important issues unresolved, how can the EMC performance of a system using shielded cabling be guaranteed throughout its life cycle in a 'plug and play' environment.

(c) **Careful cable installation practices** : STP and FTP cables are less robust than UTP cables and hence extreme care must be taken to observe the bending radius and pulling tension for such cables. Otherwise the integrity of the shield will be questionable (they tear easily).

(d) **Availability of good ground system and clean power supply** : A poorly designed ground system can be a primary source of emissions and interference. A shield is as good as the ground it connects to and if it is a noisy ground, the ground noise will be coupled to the shield and cause it to radiate. The quality and long term integrity of the ground system is very important and is often overlooked. Hardware grounds produced by techniques such as welding, brazing or soldering, are better than those made by nuts and bolts. When joining different metals for grounding, care must be taken to prevent galvanic corrosion. Ground systems will require good maintenance in order to overcome the effect of corrosion, vibration and temperature changes. Improperly made ground connections may perform perfectly well when newly installed but may be the source of mysterious trouble later.

(e) **Good grounding practice** : The use of shielded cabling requires good grounding and earthing practices. Ideally, the ground/earth should be an equipotential point but this is not possible in practice. Furthermore, grounding/earthing requirements differ from country to country. It is also worth remembering that no one ground system is appropriate for all applications. Constraints such as operational frequency and safety need to be taken into account. For operational frequencies above 1 MHz, multiple-point grounding is required for good EMC performance and this should be done at every one-tenth of a wavelength (eg, at 1 MHz frequency, this is every 21 metres !). DC grounding the shield at both ends can create ground loops due to small potential differences in the ground/earth systems and this can be susceptible to magnetic field induction. AC grounding at both ends will help to alleviate this ground loop problem but this is often impractical and expensive. The use of multiple grounds can have secondary effects in stressing the connectors and cables, such as the possibility of the cable shield carrying a large current (this situation will arise when there is a large potential difference between the ground/earth systems). Hence, for safety reasons, a single point ground may be best.

A frequent question is, how long can a ground conductor be ? A common rule is to limit the length of the ground wire to less than one-twentieth of a wavelength so as to prevent high impedances from occurring (eg, at 30 MHz, this is 0.35 metres !). In fact, if the ground conductor is  $\lambda/4$  (where  $\lambda$  is the wavelength at the highest frequency of interest) long, it cannot be expected to act as a ground at all but like a shorted one-quarter transmission line !

20th July 1995.

Figure 1 : Cable Shield Design

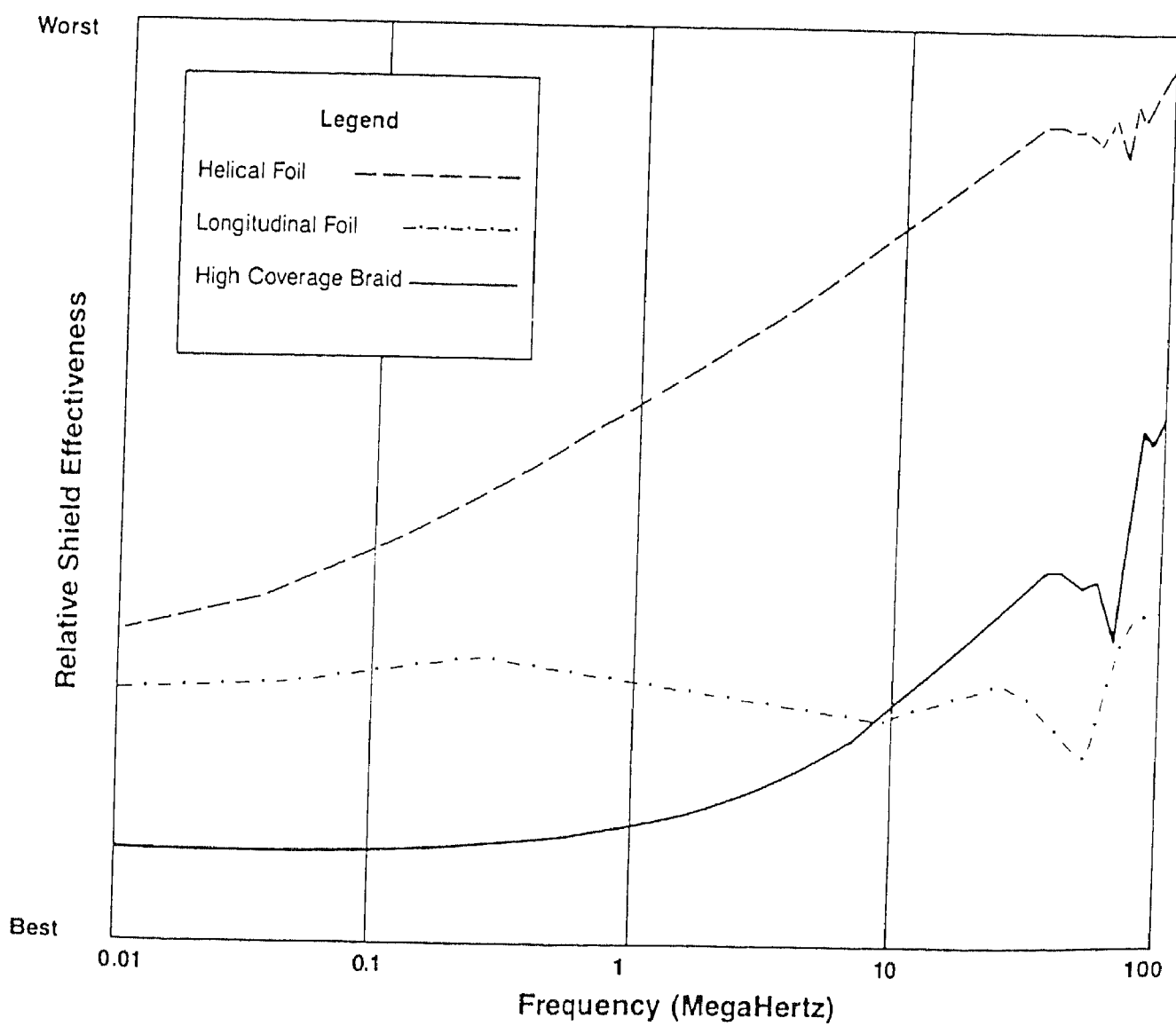
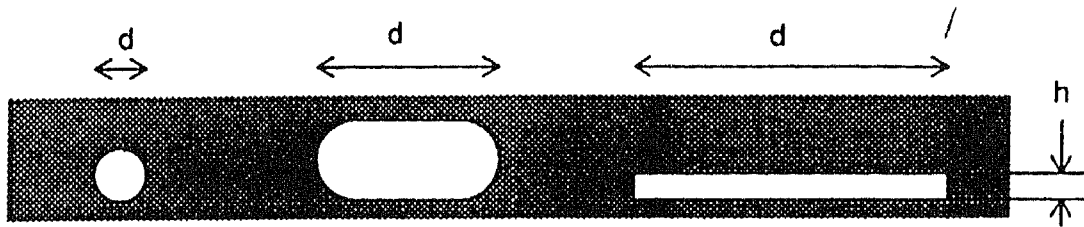
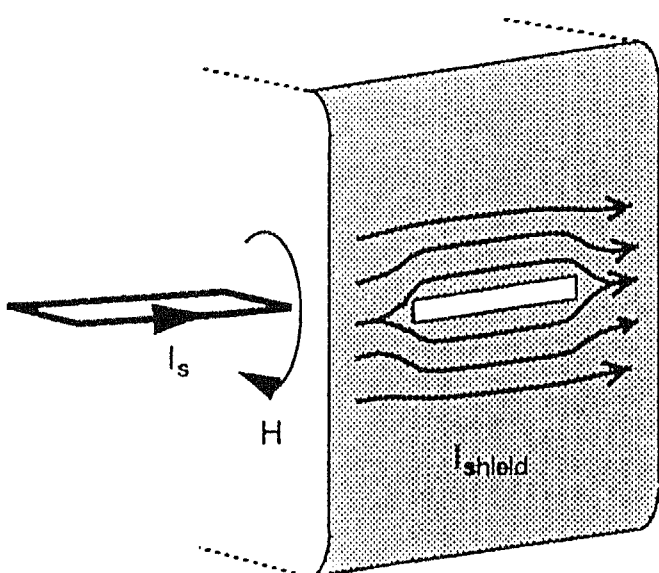
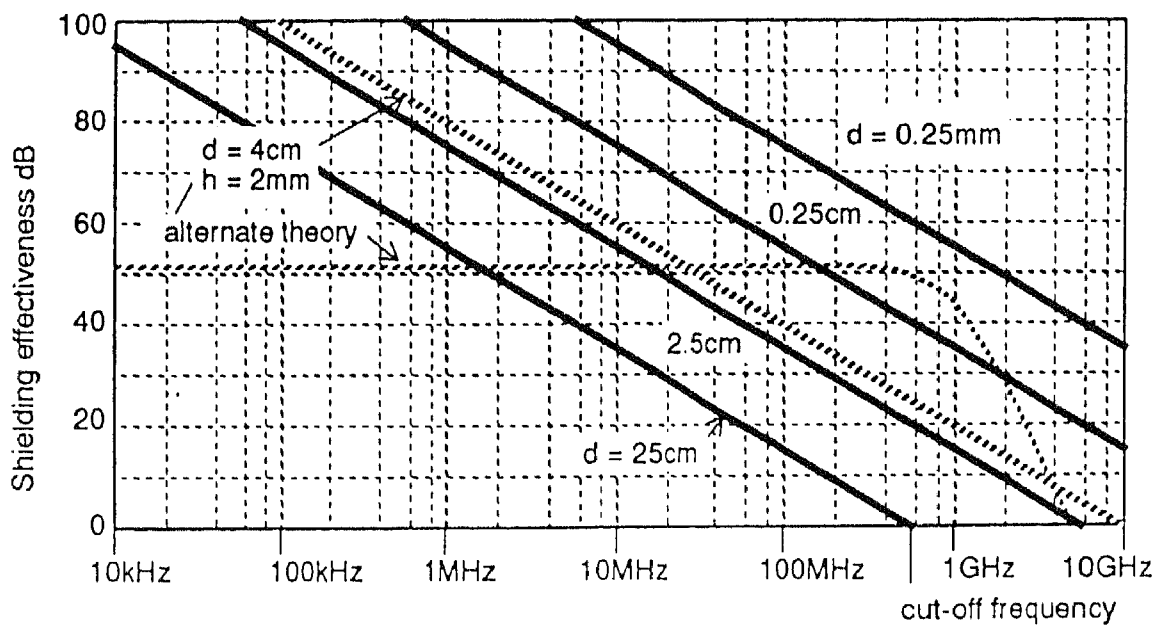


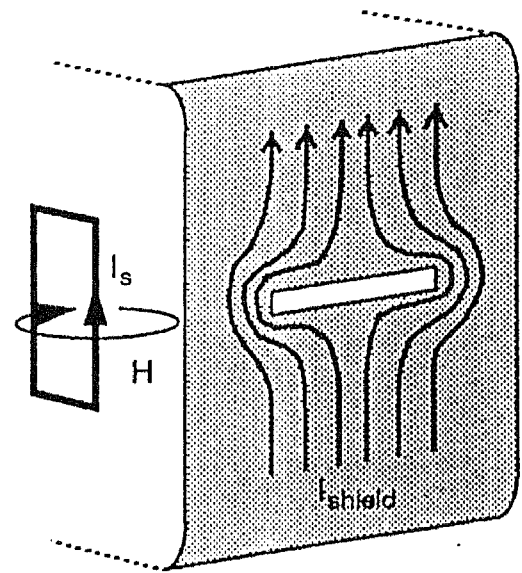
Figure 2 : Connector Shield Design [ EMC FOR PRODUCT DESIGN :  
TIM WILLIAMS, Pg 204, 207]



$$SE(dB) = 100 - 20\log[d_{mm} \cdot F_{MHz}] + 20\log[1 + \ln(d/h)] \quad (\text{for } d \leq \lambda/2, \gg \text{thickness})$$



better

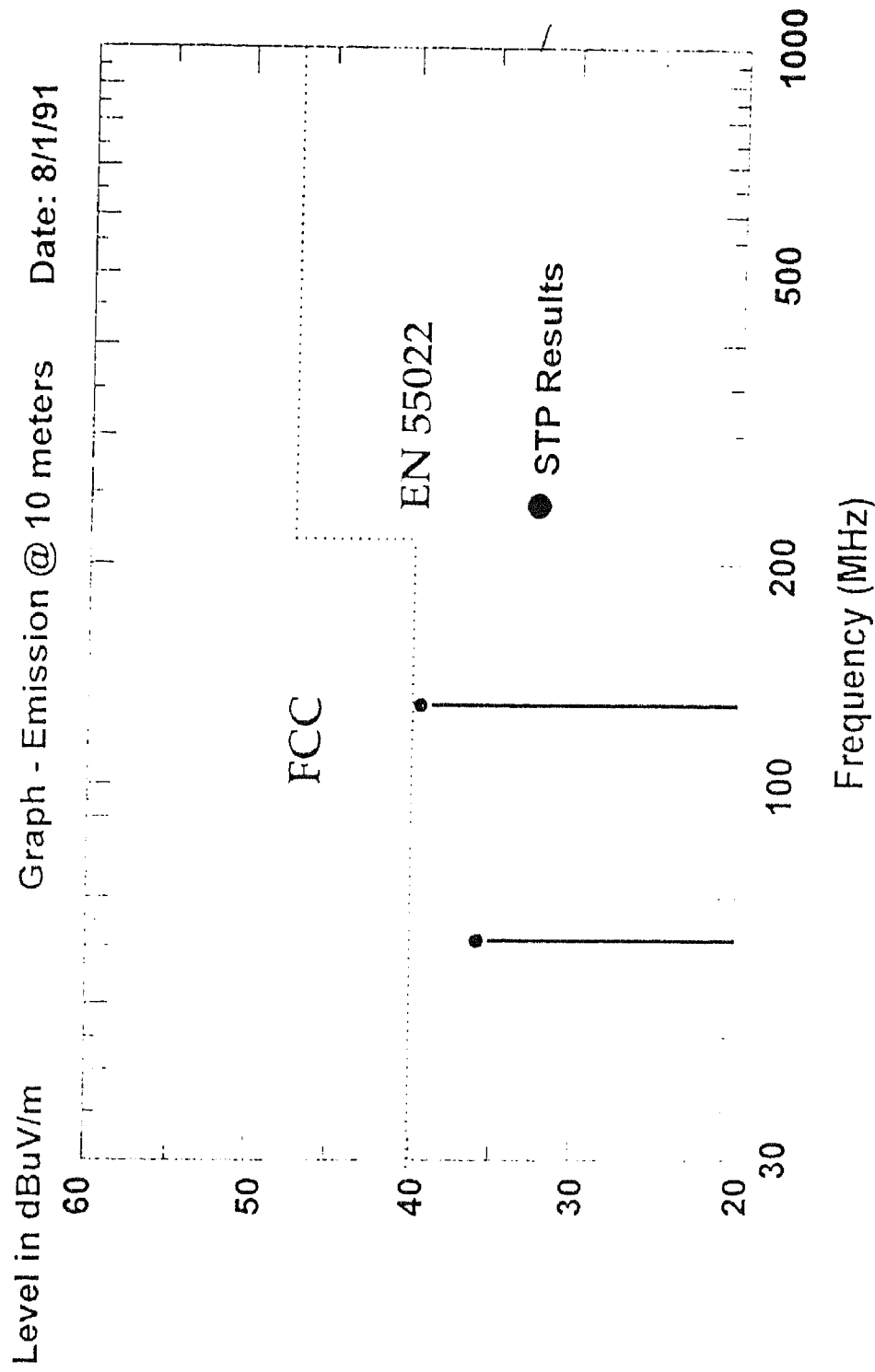


worse

Figure 3

# EARLY SDDI EMC TEST RESULT

(Presented to ANSI Standard Committee).



## **5. Cablagem de Categoria 6**

### **5.1 Ponto da Situação**

Oficialmente ainda não existe um sistema de cablagem Categoria 6 ( ou de Classe E, por coerência com as Normas), embora já tenham sido apresentadas duas propostas a vários organismos normalizadores, tais como o ISO/IEC, o IEEE e o CENELEC.

Resumidamente são estas as propostas apresentadas:

- O Draft Alemão, DIN 44312-X, preconizando Cabos e Conectores especificados até 600 MHz. Este Draft é patrocinado pelos principais fabricantes Alemães e pela firma AMP
- O documento para estudo CENELEC SC46X6, especificando Cabos até 300 MHz. A especificação foi produzida pela EuroDataCable. Não foram ainda propostas especificações para o Hardware de Conectorização, embora a firma Thomas&Betts disponha de um conector aplicável. Os principais patrocinadores são as firmas Thomas&Betts, Draka e IBM.

### **5.2 Alguns comentários**

A generalidade dos fabricantes não envolvidos nas propostas atrás referidas, apresenta argumentos diversos, tendentes a minimizar o eventual impacto de um standard para cablagem de Categoria 6, que passamos a apresentar.

#### **5.2.1 Aplicações de LAN e Requisitos de Largura de Banda**

No que se refere às LAN's da 1ª geração, a banda disponibilizada por uma eventual Categoria 6 não tem qualquer utilidade. O mesmo se passa com as LAN's de 2ª geração.

No que se refere ao ATM, os cabos de Categoria 5, blindados ou não, respondem plenamente aos requisitos a 155 Mbps (no caso do UTP, a AT&T, por exemplo, garante o suporte do ATM a este débito). Os meios físicos para os débitos ATM superiores a 155 Mbps, preconizados pelo ATM Forum, só envolvem Fibras Ópticas Multimodo e Monomodo.

Por outro lado, o grupo de trabalho IEEE 802.3 está correntemente a avaliar a possibilidade de correr 1 Gbps sobre cablagem UTP Categoria 5 (Giga Ethernet). Note-se que a AT&T, por exemplo, já ensaiou com sucesso (características de transmissão e compatibilidade electromagnética) os seus componentes High5 em transmissões ATM a 655 Mbps.

Uma conclusão que se pode tirar é se débitos tão elevados podem vir a ser necessários nos (em alguns) desktops, então num futuro mais ou menos próximo, os débitos serão concerta bem superiores, sendo, como tal, preferível apostar na Fibra Óptica que disponibiliza, desde já, muito elevadas larguras de banda.

### **5.2.2 Materiais e Instalação**

Os cabos de Categoria 6 propostos utilizam blindagens individuais sobre cada par, apresentando diâmetros médios iguais ou superiores aos Cabos S/STP de Categoria 5 (ver alíneas 4 e seguintes), o que acarreta problemas no lançamento dos cabos, numa correcta arrumação nos bastidores e na ligação à Terra das blindagens, agravando os custos de instalação.

É também previsível que os custos dos materiais (cabos, conectores e acessórios) sejam substancialmente mais elevados do que as soluções em Fibra Óptica.

Embora a Fibra Óptica tenha procedimentos de instalação morosos e requisitando cuidados especiais, já se conseguem boas densidades de terminações, muitas vezes melhores do que as que se conseguem com cabos STP.

Por outro lado, a conectorização, embora requerendo graus de especialização e experiência importantes, começa, graças às ferramentas disponibilizadas no mercado, a tornar-se trivial. O mesmo se aplica à realização de juntas.

No caso dos cabos blindados, são conhecidas as dificuldades de ligação à Terra e os riscos que se correm com instalações incorrectas.

### **5.2.3 Outros desenvolvimentos**

Um dos argumentos a favor da Categoria 6 é a utilização de Hardware de excitação, que, para o meio cobre, tem menores custos que o utilizado para as Fibras Ópticas. A veracidade desta afirmação depende, fundamentalmente do grau de implantação que uma eventual especificação Categoria 6 venha a ter; note-se que os fabricantes de equipamentos activos têm uma influência determinante neste grau de implantação.

Outras entidades, conscientes das necessidades cada vez maiores de largura de banda nos desktops e do custo elevado da instalação de fibra óptica até ao cliente final, têm-se dedicado à investigação de formas económicas de resolver tal situação. Um exemplo é o estudo produzido pelo EIA/TIA FOLS (Fibre Optics LAN Section).

/

Já existem estudos e recomendações que permitem débitos elevados a distâncias elevadas. Para uma grande maioria das instalações num edifício ou num Campus que fique dentro do âmbito da Norma EN 50173, distâncias até 2 Km são mais que suficientes.

Por outro lado pouca ou nenhuma atenção tem sido prestada ao Subsistema de Cablagem Horizontal, responsável pela ligação das Tomadas de Telecomunicações onde são ligados os equipamentos do utilizadores.

As recomendações em produção pelo EIA/TIA FOLS contemplam uma cablagem em Fibra Óptica multimodo 62,5/125  $\mu\text{m}$ , para usar na janela dos 850 nm, usando LEDs de alta velocidade ou Lasers de baixo custo como o VCSEL (Vertical Cavity Surface Emmiting Laser), permitindo distâncias máximas de 300 metros e podendo suportar aplicações até 2,5 Gbps.

A limitação da distância coberta, permitiria, desde logo, aliviar os requisitos de atenuação, por unidade de comprimento, da Fibra Óptica. Como as Fibras actuais já têm valores de atenuação conhecidos e bastante razoáveis, aliados a preços com tendência para descer, o bom caminho não é, concerteza, a produção de fibras de qualidade inferior. A diminuição dos requisitos de atenuação, por força da distância máxima necessária abre a possibilidade de utilizarmos fontes de luz menos potentes, menos precisas (em termos do espectro de emissão) e mais baratas; note-se que actualmente fabricam-se e vendem-se componentes optoelectrónicos (e o Hardware de excitação) para FDDI, utilizando a janela 850 nm, a preços semelhantes aos conseguidos para a electrónica associada aos interfaces UTP TP-PMD.

O valor de 300 metros não aparece por acaso. De acordo com o conceito do EIA/TIA, esta distância permitiria abranger a grande maioria dos Links de Cablagem Horizontal até às Tomadas de Telecomunicações.

Um estudo efectuado pela AT&T permitiu determinar que, numa amostra de alguns edifícios de escritórios, as distâncias na Cablagem Horizontal eram inferiores a 800 pés (244 metros). Outro estudo da mesma firma, abrangendo cerca de 10.000 linhas (dados e voz), distribuídas por 45 pequenas empresas (nos Estados Unidos) e 34 grandes empresas, conclui que, para que fossem abrangidas 98% das linhas, a distância máxima a considerar deveria ser de 1200 pés (365 metros). Embora com resultados além dos considerados pelo EIA/TIA, o estudo da AT&T ajuda a provar que tem cabimento um standard de cablagem em Fibra Óptica para pequenas distâncias.

### 5.3 Conclusões

Tendo em linha de conta a alínea 5.2.3 uma eventual cablagem de Categoria 6 tem pouco ou nenhum interesse.

Além de ainda não existirem Standards desenvolvidos (a Gigabit Ethernet está a ser desenvolvida para UTP, o ATM 655 Mbps para Fibra Óptica), qual será a escolha mais provável, num cenário em que um grupo de trabalho em LAN precise de uma largura de banda de alguns Gbps ?

As máquinas que poderão tirar proveito de tal banda serão muito dispendiosas, mesmo para quantidades.

Ora quem está disposto a investir dessa forma, concerteza pensará num suporte físico, que embora inicialmente (pouco) mais caro, é folgado, não só na Largura de Banda e na distância que pode atingir, como também é incondicionalmente compatível com as Normas da Compatibilidade Electromagnética.

## **ANEXO III**

# **ETHERNET IEEE 802.3 / ISO 8802.3**

**a 10 MBps**

## **RESUMO**

**das**

## **ESPECIFICAÇÕES**

## Índice

|                                                                                          |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. Resumo das Especificações Físicas da ETHERNET .....                                   | 1  |
| 2. Configuração da ETHERNET. Ligações ..... / .....                                      | 2  |
| 2.1 Compatibilidade de standards e sua interoperação.....                                | 2  |
| 2.2 Limitações da ETHERNET em detalhe .....                                              | 3  |
| 2.2.1 Número máximo de DTE's .....                                                       | 3  |
| 2.2.2 Round-Trip Collision Delay.....                                                    | 3  |
| 2.2.3 Interpacket Gap Shrinkage .....                                                    | 5  |
| 2.3 Verificação da conformidade com as normas referentes ao tamanho máximo da rede ..... | 5  |
| 2.4 Verificação da conformidade com as normas utilizando o Método Simples.....           | 7  |
| 2.4.1 Método Simples com utilização de 3 Repetidores entre estações .....                | 7  |
| 2.4.2 Método Simples com utilização de 4 Repetidores entre estações .....                | 7  |
| 2.4.3 Método Simples com utilização de 5 Repetidores entre estações .....                | 8  |
| 2.5 Utilização do Método Avançado.....                                                   | 8  |
| 2.5.1 Cálculo do Round-Trip Collision Delay (PDV).....                                   | 8  |
| 2.5.2 Cálculo do Interpacket Gap Shrinkage (PVV) .....                                   | 12 |
| 3. Subgrupo de recomendações 10BASE-Fx .....                                             | 13 |
| 3.1 10BASE-FL (LINK) .....                                                               | 13 |
| 3.2 10BASE-FB (BACKBONE).....                                                            | 13 |

1. Resumo das Especificações Físicas da ETHERNET

| Tipo de segmento | Máximo comprimento de um segmento         | Tipo de cabo                                                                | Recomendações gerais                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|------------------|-------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 10BASE2          | 185 metros<br>(sem recurso a repetidores) | Cabo coaxial RG 58 AU com conectores BNC T                                  | <ul style="list-style-type: none"><li>• Não utilizar mais do que 60 conexões num segmento (T's e ligadores incluídos)</li><li>• Não exceder o limite de 185 m sem recurso a repetidores</li><li>• Não são permitidos chicotes entre os T's e as placas de rede</li><li>• A distância mínima entre T's é de 0.5 m</li></ul> |
| 10BASE5          | 500 metros<br>(sem recurso a repetidores) | Cabo ThickNet (Yellow Cable) com conectores N                               | <ul style="list-style-type: none"><li>• Não exceder o máximo de 100 conectores N por segmento</li><li>• Recomenda-se um espaçamento entre conectores N de 2.5 m, correspondentes às marcas no cabo</li><li>• Não exceder o limite de 500 m sem recurso a repetidores</li></ul>                                             |
| 10BASE-T(1)      | 100 metros (2)                            | Cabo de pares entrançados, conforme a especificação Categoria 3 ou superior | <ul style="list-style-type: none"><li>• Respeitar as distâncias especificadas</li><li>• Ter em consideração os parâmetros específicos dos fabricantes</li><li>• Não transportar outros sinais noutros pares do mesmo cabo</li><li>• Evitar o paralelismo com cabos de distribuição de energia</li></ul>                    |
| FOIRL            | 1000 metros                               | Fibra óptica                                                                | Ver ponto 2, Configuração da Ethernet                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 10BASE-FB        | 2000 metros                               | Fibra óptica                                                                | Ver ponto 2, Configuração da Ethernet                                                                                                                                                                                                                                                                                      |

OBS (1) - Podem ser usados, além do cabo UTP, cuja impedância característica é de 100 Ohm, cabos FTP de impedâncias características 100 ou 120 Ohm. A Norma Europeia EN 50173 contempla também o uso de cabos STP de 150 Ohm. Note-se que este cabo só tem 2 pares, sendo utilizado o esquema de ligação preconizado na Norma IEEE 802.5, incompatível com o esquema de ligação IEEE 802.3. Para que este cabo possa ser utilizado, há que recorrer a dispositivos que promovam a adaptação de impedâncias para 100 Ohm e a conversão dos esquemas de ligação.

OBS (2) - O tamanho do segmento pode ser superior a 100 metros caso sejam utilizados cabos com especificações superiores às mínimas recomendadas. Deverão ser considerados os parâmetros específicos dos fabricantes.

## 2. Configuração da ETHERNET. Ligações

As normas ANSI IEEE 802.3 especificam os valores limites para as diversas variáveis presentes no cálculo e implementação de uma rede ETHERNET.

Para que numa rede Ethernet seja assegurada uma correcta operação do protocolo CSMA/CD e do hardware de rede, é necessário cumprir **simultaneamente** os seguintes limites:

- No **máximo** 1024 DTE's no mesmo Domínio de Colisões
- Round-trip Collision Delay **igual ou inferior** a 575 Bit Time (57,5 µseg a 10 Mbps). O Round-trip Collision Delay, também designado por Intervalo Crítico de Colisão ou Slot de Contenção, é igual ao dobro do tempo propagação de um sinal de dados à velocidade agregada ao canal entre as extremidades mais desfavoráveis.
- Interpacket Gap Shrinkage **igual ou inferior** a 49 bits.

Uma rede que viole qualquer destes valores máximos deve ser subdividida em Domínios de Colisões mais pequenos por introdução de dispositivos de internetworking (Bridges, Routers e Switches).

### 2.1 Compatibilidade de standards e sua interoperação

A norma ANSI IEEE 802.3, no que se refere à grande maioria das recomendações nela contidas, foi substituída pela norma internacional ISO 8802.3. Esta substituição inclui modificações aos textos originais, tendo em vista a clarificação de alguns aspectos sem, no entanto, introduzir grandes mudanças sob o ponto de vista técnico.

O standard ISO 8802.3 inclui actualmente recomendações relacionadas com:

- 10Base5
- 10Base2
- Repetidores
- 10Base-T
- FOIRL (Fiber Optic Inter-Repeater Links).

O conjunto de recomendações 10Base-Fx do IEEE já foi aceite pelo ISO, através de uma adenda, estando em fase de publicação.

## 2.2 Limitações da ETHERNET em detalhe

### 2.2.1 Número máximo de DTE's

Como já foi referido, o número máximo de DTE's num mesmo Domínio de Colisões é de 1024.

Entende-se por Domínio de Colisões uma colecção de segmentos de cablagem, interligados **exclusivamente** por Repetidores aos quais estão ligadas as estações (DTE's).

Para a contagem de DTE's são excluídos os Repetidores e incluídos os dispositivos de gestão. Note-se que cada dispositivo de gestão é visto através de um endereço (MAC Address).

### 2.2.2 Round-Trip Collision Delay

A Ethernet usa um método de contenção, o CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection), para acesso ao canal de comunicações partilhado. Neste método, só uma estação transmite de cada vez. Quando uma estação pretende transmitir monitoriza o canal. Caso este se encontre livre, inicia a transmissão. Caso se encontre ocupado, a estação repete a tentativa, precedida de monitorização prévia, logo que esgotado um tempo de espera definido por um algoritmo especificado pela norma.

Como se depreende do parágrafo anterior, existe a possibilidade de mais do que uma estação iniciar o processo de transmissão logo que detecta o canal livre, gerando uma colisão.

Qualquer estação deve poder detectar a ocorrência de colisões, de modo a poder parar o processo de transmissão, repetindo-o após um tempo de guarda.

Suponhamos para fins de ilustração um segmento de comprimento  $L$  metros com 2 estações, A e B, nas extremidades. O tempo de propagação de um sinal digital à velocidade agregada ao canal é, entre A e B, de  $\tau$  segundos.

Um sinal emitido pela estação A atinge a estação B  $\tau$  segundos depois de iniciada a transmissão. Um sinal emitido pela estação B atinge a estação A  $\tau$  segundos depois de iniciada a transmissão.

O caso mais desfavorável ocorre quando uma das estações, por exemplo a A transmite num determinado instante e a outra, a estação B, sentindo o canal desocupado, inicia a sua transmissão imediatamente antes da chegada do sinal oriundo da primeira estação, isto é  $\tau$  segundos depois de iniciada a emissão da primeira estação, gerando uma colisão. Para o exemplo, a estação B detecta imediatamente a colisão e substitui os dados que estava a emitir por uma sequência de jamming que reforça a componente contínua do sinal. Esta perturbação eléctrica propaga-se pelo segmento da estação B para A, atingindo esta  $\tau$  segundos depois.

Para que cada estação detecte a ocorrência da colisão é **condição necessária que esta ainda esteja a transmitir quando lhe chega o sinal oriundo da outra estação**; caso contrário, apesar de os dados estarem corrompidos pela colisão, a estação emissora não seria alertada da ocorrência desse fenómeno. No caso mais desfavorável, exposto nos parágrafos anteriores, a estação A detecta a ocorrência da colisão  $2\tau$  segundos depois de ter iniciado a emissão dos seus dados. Então, é necessário estabelecer um comprimento mínimo  $P$ , em bits, para a trama Ethernet cujo tempo de transmissão  $T_p$  seja igual (situação limite) ou superior a  $2\tau$  segundos que é o Round-Trip Collision Delay.

Do exposto é evidente a interacção entre o comprimento do cabo  $L$ , que condiciona o tempo de propagação, com as restantes variáveis.

O tamanho mínimo para uma trama Ethernet, incluindo todos os seus componentes, é de 576 bits (72 octetos). De acordo com o exposto, o Round-Trip Collision Delay deve ser igual ou inferior ao tempo que aqueles demoram a ser transmitidos. Para excluir a situação limite, é definido que o valor máximo para o Round-Trip Collision Delay é de 575 intervalos de tempo necessários à transmissão de um bit (Bit Time).

O tempo de propagação ( $\tau$  segundos) entre as extremidades de um segmento é metade do valor apresentado, permitindo calcular, conhecidas as características eléctricas dos cabos de suporte, o afastamento máximo entre quaisquer duas estações.

### 2.2.3 Interpacket Gap Shrinkage

O Interpacket Gap (IPG) é o tempo que decorre entre o fim de uma trama e o início da próxima. Note-se que para uma estação emitir tem que encontrar o canal desocupado. O tempo de escuta mais o tempo para desencadear o processo de emissão após a detecção de canal ocupado gera espaçamentos entre tramas.

Nos Repetidores o sinal digital é regenerado, sendo-lhe removido o *jitter* (i.e. o sinal é retemporizado) acumulado ao longo do canal.

A trama Ethernet, além de outros componentes, é constituída por um preâmbulo de (pelo menos) 7 octetos. O processo de retemporização tipicamente aumenta o tamanho do preâmbulo das tramas, diminuindo o Interpacket Gap. Após a passagem por vários Repetidores o IPG pode ser reduzido (Shrinkage) a valores muito pequenos.

As estações receptoras podem falhar a detecção de tramas cujo espaçamento (IPG) não providencie tempo suficiente para que elas terminem o processamento da trama anterior.

O valor do Interpacket Gap Shrinkage é calculado a partir do somatório das variáveis SVV (Segment Variability Value) dos segmentos de cabo envolvidos no percurso mais desfavorável, gerando a variável PVV (Path Variability Value), que é outra designação do IGP Shrinkage, para o percurso mais desfavorável que deve ser menor ou igual a 49 bits.

### 2.3 Verificação da conformidade com as normas referentes ao tamanho máximo da rede

A conformidade com as normas referentes ao tamanho máximo da rede, apresentadas nos parágrafos anteriores pode ser feita de duas maneiras:

- **Método Simples**, utilizando um conjunto de regras previamente definidas, aplicáveis à grande maioria das redes, sem necessidade de cálculo das variáveis Round-Trip Collision Delay e Interpacket Gap Shrinkage
- **Método Avançado**, recorrendo ao cálculo das variáveis atrás, baseados em tabelas fornecidas com a norma ISO 8802.3 e pelos fabricantes. Esta situação será aplicável a redes complexas.

Note-se que com a introdução dos standards 10BASE-Fx, a regra que impunha um limite de 5 segmentos e 4 repetidores entre quaisquer duas estações foi abandonada, embora possa continuar a ser utilizada como regra para projecto de redes mais simples.

A verificação de conformidade, em qualquer dos casos, deve ser precedida de um levantamento esquemático da rede contendo:

- os repetidores e os tipos de portas utilizados
- os tipos e comprimentos das ligações entre repetidores
- os maiores comprimentos entre cada repetidor e as suas estações para cada tipo de ligação
- o número de DTE's (ter em atenção os dispositivos de gestão).

Verificada a conformidade com o número máximo de DTE's, é necessário verificar se os valores para as variáveis

- Round-Trip Collision Delay ou PDV (Path Delay Value)
- Interpacket Gap Shrinkage ou PVV (Path Variability Value)

estão dentro dos limites impostos pelas normas.

## **2.4 Verificação da conformidade com as normas utilizando o Método Simples**

Uma rede Ethernet estará conforme as normas se se cumprirem todas as seguintes condições:

- Nenhum caminho entre quaisquer duas estações com mais do que 5 Repetidores
- Não existirem mais do que 1024 DTE's
- Toda a rede constituída por dispositivos conformes com a norma 8802.3
- Respeitados os limites de atenuação nas ligações em Fibra Óptica
- Respeitado o número máximo de ligações de conectores para os diversos tipos de suporte
- Respeitados os comprimentos máximos para todas as ligações e para todos os tipos de suporte (ver tabela do ponto 2.).

Além destas condições devem ser respeitadas as apresentadas nos pontos seguintes, que são função do número máximo de Repetidores entre duas estações.

### **2.4.1 Método Simples com utilização de 3 Repetidores entre estações**

Em complemento do ponto 3.4 devem ser cumpridas as seguintes condições:

- Nenhuma ligação em Fibra Óptica entre repetidores deve ultrapassar 1000 metros
- Nenhuma ligação em Fibra Óptica entre um repetidor e uma estação dele dependente deve ultrapassar 400 metros
- Nenhuma ligação em 10BASE-T deve ultrapassar 100 metros.

### **2.4.2 Método Simples com utilização de 4 Repetidores entre estações**

Em complemento do ponto 3.4 devem ser cumpridas as seguintes condições:

- Nenhuma ligação em Fibra Óptica entre repetidores deve ultrapassar 500 metros
- Nenhuma ligação em 10BASE-T deve ultrapassar 100 metros.
- Podem ser utilizadas até 3 ligações coaxiais, utilizando o máximo comprimento permitido (ver tabela do ponto 2.).

### 2.4.3 Método Simples com utilização de 5 Repetidores entre estações

Em complemento do ponto 3.4 devem ser cumpridas as seguintes condições:

- Todas as ligações em 10BASE-T ou em Fibra Óptica (10BASE-Fx ou FOIRL)
- Nenhuma ligação entre Repetidores e estações associadas, em Fibra Óptica ou em 10BASE-T, deve ultrapassar 100 metros.
- **O total de todas as ligações em Fibra Óptica entre Repetidores** não deve ultrapassar 2500 metros ou 2740 metros. Neste último caso, todas as ligações entre Repetidores devem ser 10BASE-FB
- Nenhum cabo AUI deve ultrapassar 2 metros.

## 2.5 Utilização do Método Avançado

É possível implementar redes Ethernet em conformidade com as normas 8802.3 desde que sejam respeitados os valores máximos das variáveis associadas ao Round-Trip Collision Delay e ao Interpacket Gap Shrinkage:

- PVD (Path Delay Value) de 575 Bit Time
- PVV (Path Variability Value) de 49 bits.

Note-se que para uma rede estar conforme é necessário que os valores máximos das suas variáveis sejam respeitados simultaneamente.

### 2.5.1 Cálculo do Round-Trip Collision Delay (PDV)

O tempo que uma trama demora a percorrer a rede é função das características eléctricas dos cabos de suporte e da(s) velocidade(s) de transmissão agregadas. A estes atrasos, adicionam-se os introduzidos pelos Repetidores. Quando o Round-Trip Collision Delay máximo é ultrapassado é possível a ocorrência de LATE COLLISIONS que, quando em excesso, podem tornar inoperante uma rede.

As colisões têm que ocorrer nos primeiros 64 Bytes da trama, contados a partir do Byte SOF(Start-of-Frame Delimiter) (ver figura 3.5.1.1).

|           |        |                     |                |         |                 |                      |
|-----------|--------|---------------------|----------------|---------|-----------------|----------------------|
| 7 Bytes   | 1 Byte | 6 Bytes             | 6 Bytes        | 2 Bytes | 46 a 1500 Bytes | 4 Bytes              |
| Preâmbulo | SOF    | Destination Address | Source Address | Length  | Data            | Frame Check Sequence |

Figura 3.5.1.1 - Trama Ethernet (de acordo com a norma 802.3)

A ocorrência de LATE COLLISIONS é sintoma da presença de estações separadas por distâncias superiores às admissíveis i.e. um PDV superior a 575 Bit Time.

O cálculo do PDV é efectuado recorrendo à tabela que se segue.

| ROUND-TRIP DELAY BASE |                                                                                                                 |                     | ROUND-TRIP DELAY MÁXIMOS                          |                                                                                                                                                          |                                         |                                                                                                                   |
|-----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|---------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Designação na Fórmula | VALORES DE BASE PARA OS DIVERSOS TIPOS DE SEGMENTO DE ACORDO COM A SUA LOCALIZAÇÃO NO ENCAMINHAMENTO [BIT TIME] |                     | DELAY introduzido por unidade de comprimento      | VALORES MÁXIMOS PARA OS DIVERSOS TIPOS DE SEGMENTO DE ACORDO COM A SUA LOCALIZAÇÃO NO ENCAMINHAMENTO CALCULADOS PARA O SEU COMPRIMENTO MÁXIMO [BIT TIME] |                                         |                                                                                                                   |
|                       | D <sub>E</sub>                                                                                                  | D <sub>Ix</sub>     | D <sub>R</sub>                                    | D <sub>Lx</sub>                                                                                                                                          | L <sub>MAX</sub>                        | D <sub>EMAX</sub> D <sub>IxMAX</sub> D <sub>RMAX</sub>                                                            |
| Tipo de segmento      | Segmento de emissão do DTE para o repetidor                                                                     | Segmento intermédio | Segmento de recepção do DTE a partir do repetidor | Round-Trip Delay [BIT TIME/M]                                                                                                                            | Comprimento máximo do segmento (metros) | Segmento de emissão do DTE para o repetidor Segmento intermédio Segmento de recepção do DTE a partir do repetidor |
| 10BASE5               | 11.8                                                                                                            | 46.5                | 169.5                                             | 0.0866                                                                                                                                                   | 500                                     | 55.1 89.8 212.8                                                                                                   |
| 10BASE2               | 11.8                                                                                                            | 46.5                | 169.5                                             | 0.1026                                                                                                                                                   | 185                                     | 30.7 65.5 188.5                                                                                                   |
| 10BASE-T              | 15.3                                                                                                            | 42.0                | 165.0                                             | 0.1130                                                                                                                                                   | 100                                     | 26.6 53.3 176.3                                                                                                   |
| 10BASE-FB             |                                                                                                                 | 24.0                |                                                   | 0.1000                                                                                                                                                   | 2000                                    | 224.0                                                                                                             |
| 10BASE-FL             | 12.3                                                                                                            | 33.5                | 156.5                                             | 0.1000                                                                                                                                                   | 2000                                    | 212.3 233.5 356.5                                                                                                 |
| FOIRL                 | 7.8                                                                                                             | 29.0                | 152.0                                             | 0.1000                                                                                                                                                   | 1000                                    | 107.8 129.0 252.0                                                                                                 |
| AUI (> 2 metros)      | 0                                                                                                               | 0                   | 0                                                 | 0.1026                                                                                                                                                   | 2+48                                    | 4.9 4.9 4.9                                                                                                       |
| COLUNA                | 1                                                                                                               | 2                   | 3                                                 | 4                                                                                                                                                        |                                         |                                                                                                                   |

TABELA 3.5.1 - VALORES PARA CÁLCULO DO PDV

NOTE QUE quando os caminhos de emissão forem diferentes dos de recepção devem ser calculados os PDV's em ambos os sentidos, devendo ser considerado o valor mais elevado (ver exemplo).

O PDV entre duas estações é calculado de acordo com a fórmula:

$$PDV = D_E + D_{LE} * L_E$$

em que:

$D_E$  representa o Round-Trip Delay base para o segmento de emissão do DTE para o repetidor, função do tipo de segmento (COLUNA 1)

$D_{LE}$  representa o Delay introduzido por cada unidade de comprimento do segmento em causa (COLUNA 4)

$L_E$  representa o comprimento do segmento em causa

+

$$D_{I1} + D_{L1} * L_1$$

em que:

$D_{I1}$  representa o Round-Trip Delay base para o segmento intermédio 1 (COLUNA 2)

$D_{L1}$  representa o Delay introduzido por cada unidade de comprimento do segmento em causa (COLUNA 4)

$L_1$  representa o comprimento do segmento em causa

+

$$D_{I2} + D_{L2} * L_2$$

em que:

$D_{I2}$  representa o Round-Trip Delay base para o segmento intermédio 2 (COLUNA 2)

$D_{L2}$  representa o Delay introduzido por cada unidade de comprimento do segmento em causa (COLUNA 4)

$L_2$  representa o comprimento do segmento em causa

+

.....

Restantes segmentos intermédios

+

$$D_R + D_{LR} * L_R$$

em que:

$D_R$  representa o Round-Trip Delay base para o segmento de recepção do DTE a partir do repetidor, função do tipo de segmento (COLUNA 3)

$D_{LR}$  representa o Delay introduzido por cada unidade de comprimento do segmento em causa (COLUNA 4)

$L_E$  representa o comprimento do segmento em causa

Vejamos um exemplo:

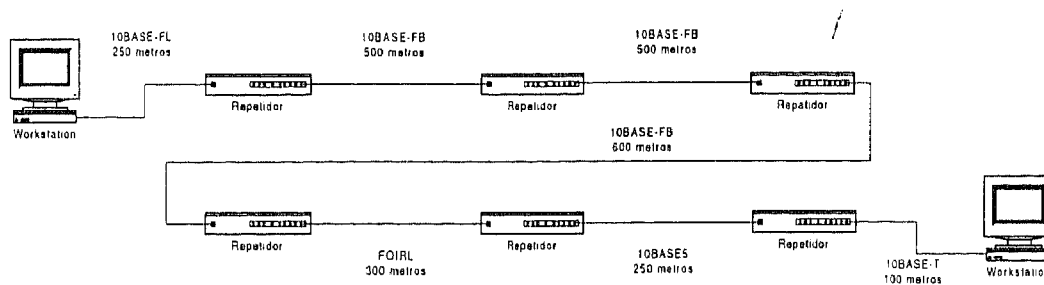


Figura 3.5.1.2 - Exemplo de rede

Os caminhos de emissão e de recepção são diferentes (10BASE-FL e 10BASE-T), obrigando a 2 cálculos.

Considerando a emissão à esquerda temos:

$$\begin{aligned} \text{PDV} = & (12,3 + 0,1000 * 250) + (24,0 + 0,1000 * 500) + (24,0 + 0,1000 * 500) + \\ & + (24,0 + 0,1000 * 600) + (29,0 + 0,1000 * 300) + (46,5 + 0,0866 * 250) + \\ & + (165,0 + 0,1130 * 100) = 572,75 \text{ Bit Time} \end{aligned}$$

Considerando a emissão à direita temos:

$$\begin{aligned} \text{PDV} = & (15,3 + 0,1130 * 100) + (24,0 + 0,1000 * 500) + (24,0 + 0,1000 * 500) + \\ & + (24,0 + 0,1000 * 600) + (29,0 + 0,1000 * 300) + (46,5 + 0,0866 * 250) + \\ & + (156,5 + 0,1000 * 250) = 567,25 \text{ Bit Time} \end{aligned}$$

O valor mais elevado que é obtido quando consideramos o segmento em 10BASE-T na recepção é inferior ao limite (575 Bit Time).

### 2.5.2 Cálculo do Interpacket Gap Shrinkage (PVV)

Como já foi referido, a passagem dos sinais por repetidores gera o fenómeno de Interpacket Gap Shrinkage que deve ser limitado a 49 bits. Se tal limite não for respeitado, corre-se o risco de perda de tramas por incapacidade dos DTE's distinguirem tramas consecutivas.

Os PVV acumulados por repetidor são os da tabela seguinte:

| Designação na fórmula                      | $S_E$                                                                     | $S_{Ix}$              |
|--------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| Tipo de Segmento                           | Segmento (ou porta do repetidor) ao qual se encontra ligado o DTE emissor | Segmentos intermédios |
| Repetidor COAXIAL (10BASE2, 10BASE5)       | 16                                                                        | 11                    |
| 10BASE-FB                                  |                                                                           | 2                     |
| 10BASE-FL                                  | 10,5                                                                      | 8                     |
| 10BASE-T                                   | 10,5                                                                      | 8                     |
| Outros 10BASE-X não indicados nesta tabela | 10,5                                                                      | 8                     |

Tabela 3.5.2 - Valores para cálculo do SVV

NOTE-SE que não é considerado o segmento ao qual se encontra o DTE receptor. Tal como no caso do PDV, quando os caminhos de emissão forem diferentes dos de recepção devem ser calculados os SVV's em ambos os sentidos, devendo ser considerado o valor mais elevado (ver exemplo).

Retomando o exemplo da figura 3.5.1.2, e dado que os caminhos de emissão e de recepção são diferentes (10BASE-FL e 10BASE-T), são obrigatórios 2 cálculos.

Considerando a emissão à esquerda temos:

$$SVV = 10,5 + 2 + 2 + 2 + 8 + 11 = 35,5 \text{ Bit (i.e: FL+FB+FB+FB+FOIRL+B5)}$$

Considerando a emissão à direita temos:

$$SVV = 10,5 + 11 + 8 + 2 + 2 + 2 = 35,5 \text{ Bit (i.e: BT+B5+FOIRL+FB+FB+FB)}.$$

O valor calculado é inferior ao limite previsto pela norma (49 bits).

Como tal, a implementação apresentada na figura é, dado que cumpre os limites estabelecidos, está conforme a norma ISO 8802.3 .

### **3. Subgrupo de recomendações 10BASE-Fx**

O subgrupo de recomendações 10BASE-Fx apresenta 3 tipos de cablagem ETHERNET implementados em Fibra Óptica.

#### **3.1 10BASE-FL (LINK)**

Este tipo de implementação é totalmente compatível com a recomendação FOIRL embora, graças às especificações dos transdutores optoelectrónicos utilizados, permita distâncias até 2000 metros.

De acordo com as normas Ethernet inicialmente estabelecidas, não era permitida a formação de uma estrela de repetidores, interligados a um repetidor central utilizando FOIRL; além disso, só eram permitidos dois segmentos FOIRL num mesmo domínio de colisões.

O 10BASE-FL não está sujeito a tais limitações.

#### **3.2 10BASE-FB (BACKBONE)**

O funcionamento do 10BASE-FB é síncrono, i.e.: na ausência de tramas Ethernet a transmitir, é transmitido um sinal de IDLE que mantém o sincronismo entre o emissor e o receptor.

Note-se que, com excepção do 10BASE-FB, todos os tipos de segmentos referidos nas normas 8802.3 têm funcionamento é assíncrono i.e.: a emissão de sinais para a linha só é activada quando há necessidade de transmitir informação. Em caso de ausência de informação a transmitir, não circula qualquer sinal no traçado. Por este facto, a trama Ethernet é, entre outros, composta pelos campos Preâmbulo e SOF (Start-Of-Frame) (ver figura 3.5.1.1) responsáveis pela sincronização das estações receptoras com a estação emissora.

Dado que detém os valores mais baixos para o Round-Trip Delay e para o Interpacket Gap Shrinkage (ver ponto 3.) permite um número mais elevado de repetidores em cadeia do qualquer dos outros tipos de segmentos.

Permite também o estabelecimento de uma estrela de repetidores.

Além destas características, a norma 10BASE-FB contempla a sinalização remota de falhas. Dado o carácter SIMPLEX da transmissão em cada fibra, o que torna necessárias duas fibras com tráfego a circular em sentidos contrários e dado que a transmissão é permanente (ou informação ou IDLE) é possível a implementação de um sistema de sinalização remota de falhas. Caso um dos repetidores deixe de receber sinais, emite uma trama de serviço notificando a ocorrência de um FERF (Far-End Remote Fault).

Embora não estejam prescritas quaisquer recomendações tendentes ao estabelecimento de ligações redundantes entre repetidores 10BASE-FB, o mecanismo de sinalização remota de falhas presta-se à implementação de tal facilidade que se encontra presente em alguns equipamentos do topo da gama.

## **ANEXO IV**

### **ETHERNET ISÓCRONA**

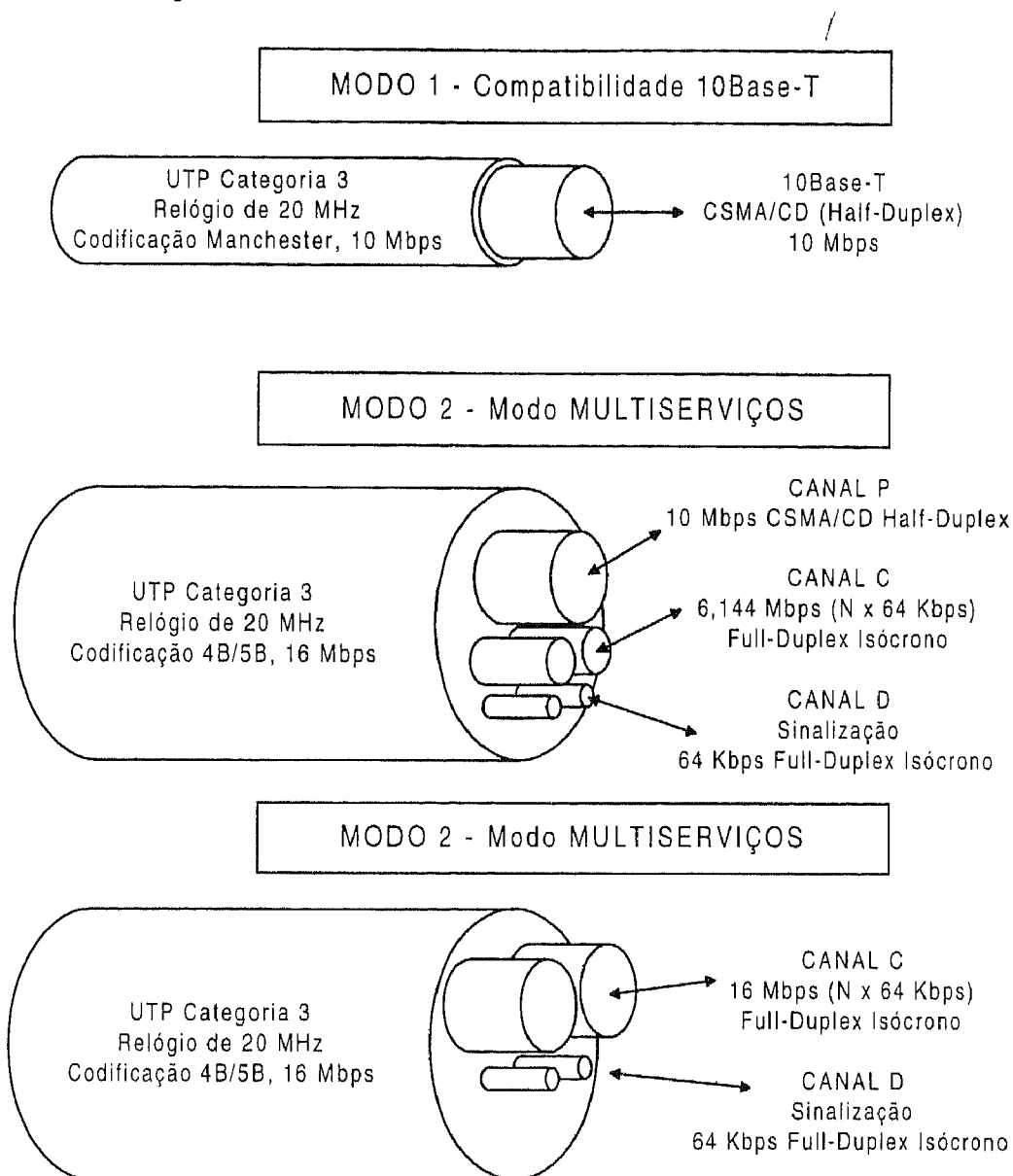
**(ISLAN16-T)**

**Norma IEEE 802.9a**

## Índice

|                                                    |   |
|----------------------------------------------------|---|
| 1. Introdução .....                                | 1 |
| 2. O que é a Ethernet Isócrona .....               | 2 |
| 2.1 Modos de Operação .....                        | 2 |
| 1.2.1 Compatibilidade com o ATM .....              | 2 |
| 2.2 Estrutura da Trama no Modo Multiserviços ..... | 2 |
| 2.2.1 O Canal P .....                              | 3 |
| 2.2.2 O Canal C .....                              | 3 |
| 2.2.2 O Canal D .....                              | 4 |
| 2.2.3 Canal de Manutenção .....                    | 4 |
| 2.3 Comparação com as outras Tecnologias .....     | 5 |
| 2.4 O Modelo da Ethernet Isócrona .....            | 6 |
| 3. Aplicações da Islan16-T .....                   | 8 |
| 4. Futuros Desenvolvimentos .....                  | 9 |

## 1. Introdução



As respostas a muitos problemas de comunicação (no sentido lato) residem na integração dos serviços de Voz, dos Dados para trabalho cooperativo e do vídeo no computador pessoal de cada utilizador.

Tal integração tem que ser barata, adaptável às redes LAN e WAN já existentes, e deve ser feita o mais rapidamente possível.

Na perspectiva do parágrafo anterior o IEEE 802.9 adoptou a Ethernet Isócrona como o novo standard das comunicações multimédia nas LAN's.

## **2. O que é a Ethernet Isócrona**

O nome oficial da Ethernet Isócrona é ISLAN16-T; este standard foi aprovado em finais de 1995 e é suportado pela Norma IEEE 802.9a.

O Islan16-T foi o resultado da procura de um protocolo de rede, compatível com o 10Base-T, que permitisse suportar serviços isócronos como a Voz e o Vídeo.

### **2.1 Modos de Operação**

Conforme o apresentado na figura da página anterior a Islan16-T apresenta 3 modos diferentes de operação, um dos quais (Modo 1) garante a compatibilidade com a recomendação 10Base-T.

O modo de operação é determinado automaticamente no arranque dos equipamentos que suportam o protocolo Islan16-T. A capacidade de detecção automática do modo de operação é semelhante à usada na Fast Ethernet para determinar o seu funcionamento a 10 ou a 100 Mbps.

#### **1.2.1 Compatibilidade com o ATM**

O IEEE 802.9 está a preparar um quarto modo de funcionamento utilizando comutação de células, baseado e compatível com o ATM, à velocidade de 16 Mbps.

### **2.2 Estrutura da Trama no Modo Multiserviços**

No modo de operação Multiserviços (Modo 2) o fluxo binário na linha ocupa uma banda de 16,384 Mbps, com a seguinte estrutura:

- 8.000 Tramas por segundo (1 trama em 125 µseg)
- 4 Blocos por trama
- 8 Grupos por bloco
- 8 Octetos por bloco.

Uma das características do Modo 2 é que o canal P, onde circula o tráfego CSMA/CD, é SÍNCRONO. Tal é conseguido intercalando nibbles (4 bits) do tráfego Ethernet com nibbles do tráfego dos canais B, agrupados no canal C.

A ocupação total da banda de 16,384 Mbps e a compensação do carácter assíncrono do tráfego Ethernet é feita usando bits de enchimento (Padding).

### 2.2.1 O Canal P

O canal P implementa um protocolo CSMA/CD idêntico ao preconizado na Norma IEEE 802.3.

A Norma promotora do Islan16-T suporta, tal como as normas Ethernet, a Repetição e o Switching do Canal P.

### 2.2.2 O Canal C

O canal C é composto por 96 canais B Full-Duplex de 64 kbps (no caso do Modo 3, operação totalmente isócrona, o número de canais B é de 248) que podem ser agregados em qualquer combinação.

Algumas das agregações mais frequentes são:

|                   |                                                                                                       |
|-------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| H <sub>0</sub> -  | constituída por $6 \times 64 = 384$ kbps, usada tipicamente em Videoconferência                       |
| H <sub>11</sub> - | constituída por $24 \times 64 = 1536$ kbps, canais de dados da hierarquia primária nos Estados Unidos |
| H <sub>12</sub> - | constituída por $30 \times 64 = 1920$ kbps, canais de dados da hierarquia primária Europeia           |

Os canais B que constituem o canal C são compatíveis com as especificações RDIS.

Ao canal C (e aos canais B que o constituem) está associado, tal como no RDIS um conceito de Comutação de Circuitos, isto é: uma vez negociada uma agregação ( $N \times 64$  kbps), esta é garantida por toda a duração da ligação, mantendo-se os canais B inicialmente negociados vinculados à ligação em curso.

A negociação é efectuada por um canal de sinalização, o canal D, síncrono, Full-Duplex a 64 kbps, como se pode ver no diagrama do Modo 2.

O canal C no Modo 3 apresenta características idênticas às do Modo 2, sendo a sinalização garantida através do canal D.

As características RDIS dos canais C e D permitem que a largura de banda negociada entre dois pontos de utilização, independentemente da sua localização, se mantenha durante a ligação; supõe-se que, se a ligação envolver a rede pública, esta é capaz de também garantir a banda negociada, como será o caso da rede pública RDIS.

Espera-se que a maioria dos Hubs Islan16-T suportem canais C em todas as portas ou seja, cada cliente do Hub, assumindo o Modo de operação 2, disporá de uma banda isócrona de 6 Mbps, equivalente a 3 linhas da hierarquia primária europeia E<sub>0</sub> ( $\approx 2$  Mbps).

### **2.2.2 O Canal D**

O canal D, como já foi referido, é um canal de sinalização, baseado nas especificações ITU-T Q.921 e Q.931, com extensões que lhe permitem o suporte de Broadcasting e Multicasting, assim como facilidades tipicamente associadas aos PPCA's (transferência, *forwarding* e conferência de chamadas, por exemplo).

### **2.2.3 Canal de Manutenção**

Além dos canais já referidos, a Islan16-T dispõe nos modos 2 e 3 de um canal a 96 kbps (não assinalado nas figuras) para efeitos de manutenção dos equipamentos activos, designado por Canal M.

## 2.3 Comparação com as outras Tecnologias

A Islan16-T combina num só protocolo as filosofias de Comutação de Circuitos e de Comutação de Pacotes. Como já foi referido, está em estudo a inclusão de um modo de operação utilizando Comutação de Células.

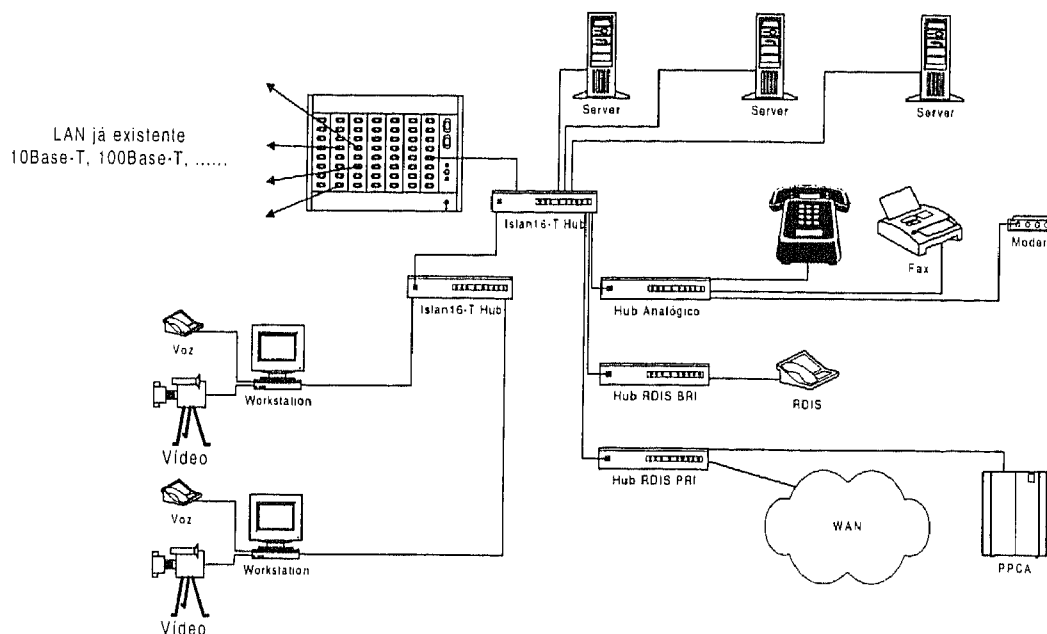
Portanto, a Islan16-T tem que ser comparada simultaneamente com várias tecnologias:

- RDIS (Comutação de Circuitos)  
A Islan16-T apresenta modos de operação em comutação de circuitos, beneficiando das vantagens que estão associadas a esta filosofia, um débito de 64 kbps agregado a cada canal B, um canal de sinalização, etc., e, acima de tudo, uma compatibilidade total com o RDIS.
- Ethernet 10Base-T (Comutação de Pacotes)  
A Islan16-T disponibiliza as mesmas funcionalidades que a recomendação em epígrafe, permitindo alargar os serviços oferecidos numa rede, salvaguardando simultaneamente os investimentos já efectuados em cablagens e equipamentos activos
- ATM  
A Islan16-T permite a agregação de canais B, negociada durante o estabelecimento de uma ligação. Este mecanismo é semelhante aos processos de negociação de Qualidade de Serviço que, nas tecnologias de comutação de células (p.ex. o ATM), permitem, entre outras características, negociar a banda a garantir numa ligação.

A Islan16-T pode também ser considerada como fazendo parte do conjunto de soluções CTI (Computer and Telephone Integration), devendo, no entanto, ser considerada como um valor acrescentado às funções dos PPCA's e não como potencial substituto deles.

## 2.4 O Modelo da Ethernet Isócrona

O modelo funcional típico da Islan16-T é apresentado na figura que se segue:

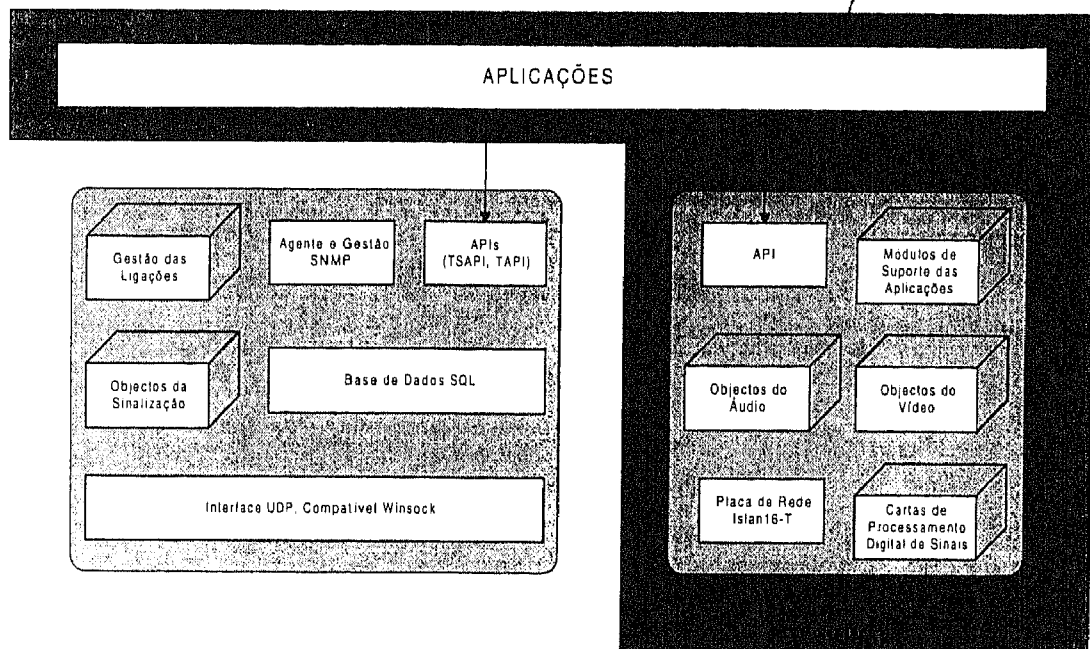


A componente servidora do modelo contém, entre outros, dois tipos de servidores:

- Servidores de Gestão das Ligações onde são executadas as tarefas de sinalização e de processamento de chamadas
- Servidores de Aplicações Isócronas, responsáveis pelo suporte a aplicações do tipo Correio Multimédia, Call Center, Sistemas Interactivos de Resposta ou de Correio de Voz, etc.

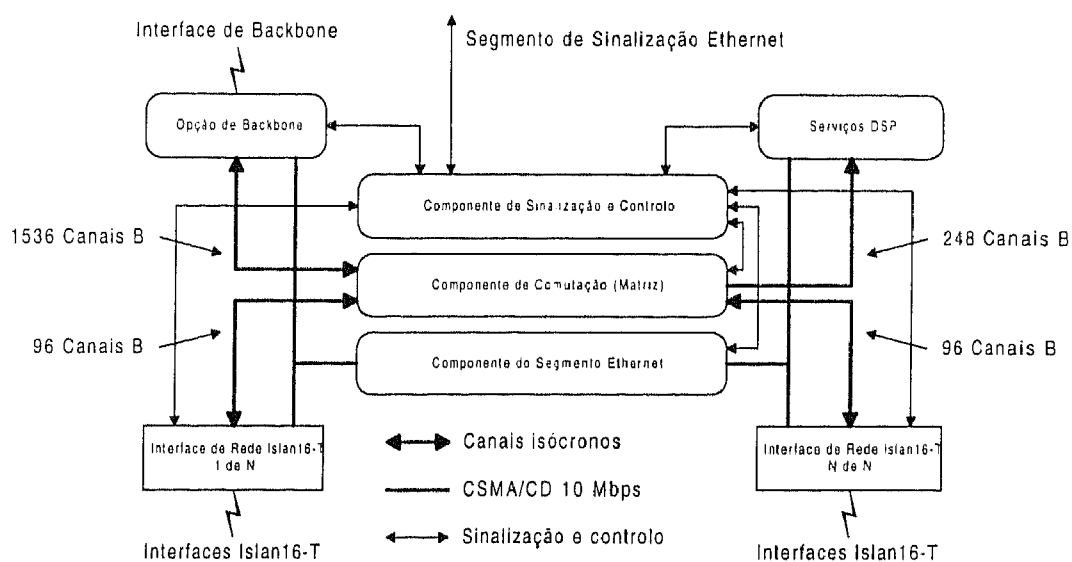
Estes servidores são ligados num segmento Ethernet designado por Segmento de Sinalização e Controlo.

A figura que se segue apresenta os módulos (aplicações e Hardware) de um servidor.



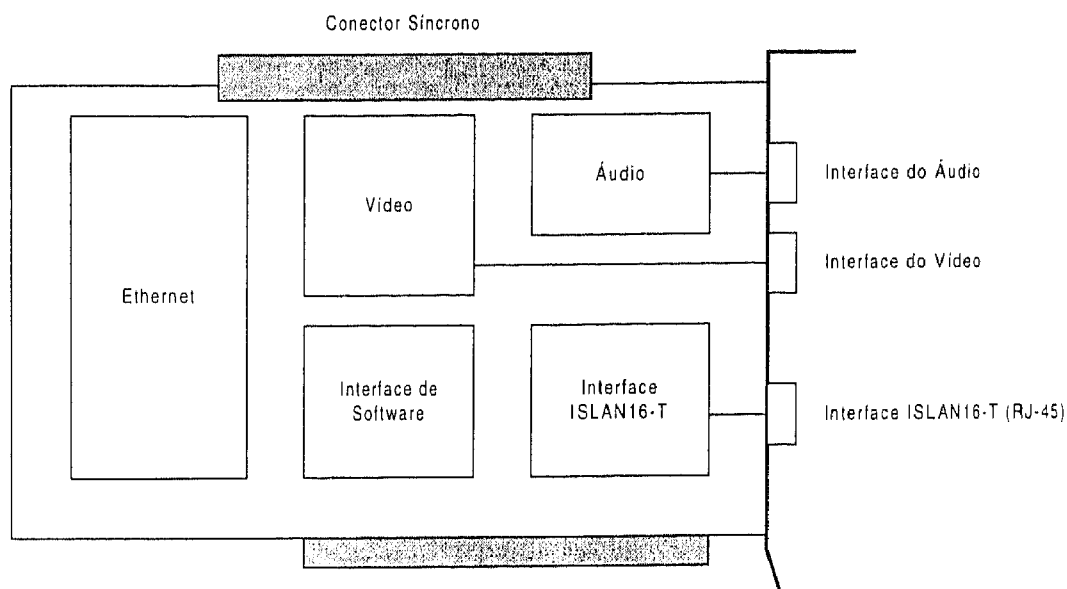
A componente Hub consiste em um ou mais Hubs Islan16-T, interligados entre si e a uma componente secundária, formada pelos equipamentos activos da Lan tradicional e de acesso a outros serviços.

A figura que se segue apresenta os componentes de um Hub Islan16-T.



Note-se que a norma contempla a possibilidade de a componente Ethernet ter funções de Switching.

A figura que se segue apresenta os componentes típicos de uma placa de rede Islan16-T. O Conector Síncrono permite a ligação à placa de rede de outras placas associadas, por exemplo, ao processamento do Áudio e do Vídeo.



### 3. Aplicações da Islan16-T

Uma das aplicações mais óbvias da Islan16-T será (é) o CTI (Computer Telephone Integration), alargado aos serviços de Vídeo.

Aliás, o maior impacto que se espera com a divulgação da Islan16-T é na área do Vídeo.

Considerando que os potenciais utilizadores já têm nas suas instalações infra-estruturas de LAN (10Base-T) e de comunicações telefónicas, a introdução da Islan16-T abrirá, de imediato, um caminho para a integração deste dois serviços, através de aplicações CTI, e para a posterior integração de serviços de Vídeo independentes (Vídeo Conferência) ou como suplemento aos serviços de Voz (Teleconferência, Vídeo Conferência de Desktop).

## 4. Futuros Desenvolvimentos

O IEEE 802.9 tem-se debruçado sobre aplicações e funcionalidades adicionais a introduzir na Islan16-T, donde se destacam:

- Sinalização Peer-to-Peer entre Hubs Islan16-T

A RDIS permite, através do seu canal D, o envio de sinalização entre os clientes em diálogo. Utilizando esta característica, o objectivo pretendido é a implementação de um protocolo que permita estender as capacidades de diálogo entre Hubs, de modo a tornar transparentes a activação e o uso das facilidades disponibilizadas pela Islan16-T em situações em que a comunicação entre eles envolve uma rede alargada (WAN)

- Modo de operação em ATM

O grupo de trabalho IEEE 802.9e dedica-se actualmente à elaboração de extensões à Norma original que permitam a ligação e a interoperação com dispositivos ATM. Um dos objectivos a atingir, é promover a interligação com as redes alargadas ATM, disponibilizadas ou a disponibilizar pelos operadores públicos. É importante realçar que só as linhas Ponto-a-Ponto, a RDIS e (no futuro) o ATM têm capacidade de fornecer os serviços isócronos requeridos pela Islan16-T

- Telealimentação

O grupo de trabalho IEEE 802.9f está presentemente a desenvolver as normas necessárias à definição de um sistema de telealimentação que manterá em funcionamento os dispositivos Islan16-T em caso de falha local de energia.

Embora a banda isócrona disponibilizada pela Islan16-T seja elevada, podendo responder aos requisitos de um lote bastante alargado de serviços, o mesmo não se poderá dizer da banda disponibilizada para o tráfego de dados em pacotes, mesmo tendo em linha de conta que a norma prevê serviços de Switching.

Consciente desta situação, o IEEE está a estudar a viabilidade de estender a norma original, introduzindo compatibilidade com os sistemas Fast Ethernet.

