

3

A Ethernet Óptica: Introdução, descrição e aplicações

Ao longo do presente capítulo serão introduzidas e descritas as principais características da tecnologia Ethernet Óptica. A seção 3.1 apresenta seu histórico, definições e topologias. A seção 3.2 indica sua utilização em redes metropolitanas e suas aplicações. A seção 3.3 introduz considerações fundamentais que permitem entender o problema de obtenção de QoS em redes Ethernet. A seção 3.4 introduz o padrão RPR (Resilient Packet Ring) em uma rede óptica. Na seção 3.5 serão apresentados os comentários e conclusões deste capítulo.

3.1

Histórico, definições e topologias

Os padrões da tecnologia Ethernet e as funcionalidades de um *switch* são implementados através das camadas 1 e 2.

A eletrônica disponível na época de sua concepção 1983 foi amplamente utilizada para que associada a ferramentas computacionais extremamente simples fossem possíveis manobras de armazenamento, enfileiramento, redução ou aumento do tráfego entre as portas do *switch* / servidores, priorização de assinantes, etc, ilustrados anteriormente pela Figura 10.

As taxas inicialmente utilizadas limitavam-se ao intervalo de 1 Mbps e 10 Mbps devido aos já mencionados limites da tecnologia eletrônica. Entretanto, no início da década de 80 estas taxas atendiam amplamente as redes locais²⁵.

Com o desenvolvimento de circuitos VLSI em taxas superiores a 20 Gbps em meados da década de 90²⁶, tornou-se possível a ativação das várias funcionalidades Ethernet em taxas de 100 Mbps, 1 Gbps e até mais recentemente

²⁵SPURGEON, C. **Ethernet: the definitive guide**, O'Reilly & Associates, Inc, 2000, ISBN1-56592-660-9.

²⁶Uyemura, John P. **Introduction to VLSI Circuits and Systems**. Wiley, 2001, ISBN: 0471127043.

10 Gbps. Surgiram então os padrões IEEE de 1 e 10 Gbps (802.3z²⁷ e 802.3ae²⁸). Novas operadoras passaram então a utilizar estas soluções em redes metropolitanas associadas a serviços VPN (Virtual Private Network), VLANs (Virtual Local Área Network), etc em função das vantagens em relação aos padrões TDM/SDH/SONET evidenciadas anteriormente pela Tabela 1. Conexões em anéis metropolitanos associadas aos padrões CWDM⁴⁰ (Coarse Wave Division Multiplexing) multiplicaram-se. Algumas conexões de longa distância na taxa de 10Gbps foram implementadas utilizando-se o padrão POS (Packet-over-SONET) e muito frequentemente em conexão direta com o meio óptico (10 Gbps/CWDM/DWDM).

As Figuras 16 e 17 ilustram as topologias metropolitanas e de longa distância.

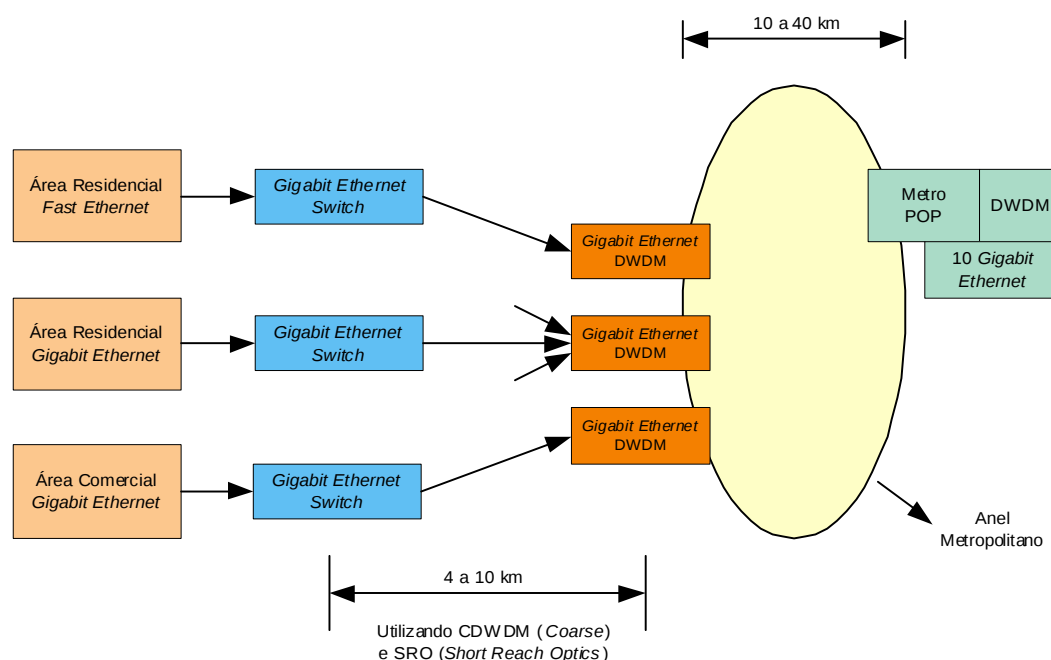


Figura 16: Configuração Metropolitana utilizando CWDM, Topologia em anel e Tecnologia Gigabit Ethernet.

²⁷Institute of Electrical and Electronics Engineers. **IEEE std 802.3z**: Standard for local and metropolitan area networks – Gigabit Ethernet (publicada como parte da IEEE 802.3). New York, 1998.

²⁸Institute of Electrical and Electronics Engineers. **IEEE std 802.3ae**: Standard for local and metropolitan area networks – carrier sense multiple access with collision detection (CSMA/CD) access method and physical layer specifications – amendment: media access control (MAC) parameters, physical layers, and management parameters for 10 Gbps operation. New York, 2002.

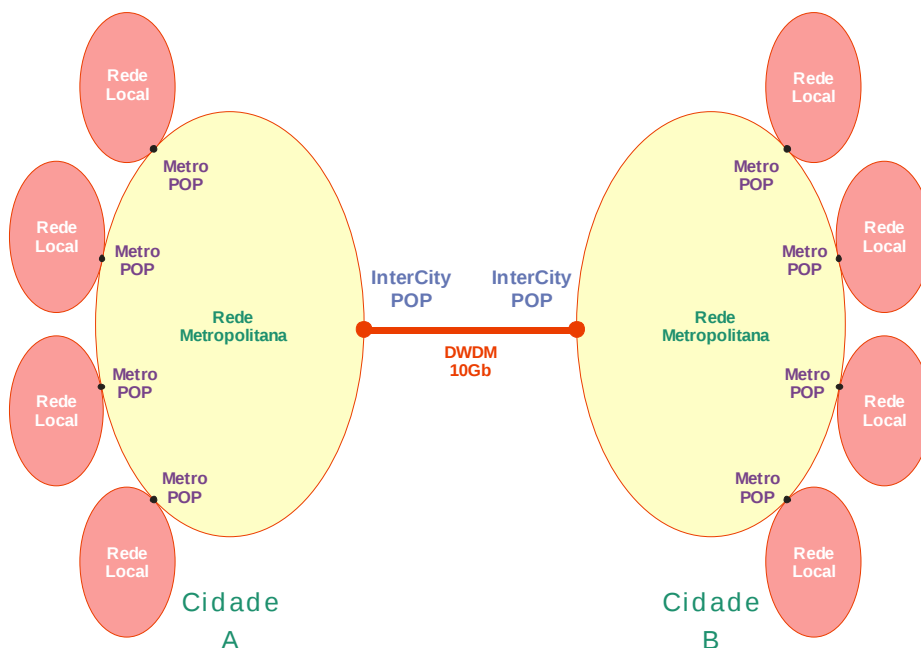


Figura 17: Conexão entre redes locais e metropolitanas e de longa distância utilizando as tecnologias Ethernet em 1 Gbps e 10 Gbps. Os anéis locais cobrem áreas com 2 km, os anéis metropolitanos podem possuir um diâmetro de 100 km e a conexão *intercity* utiliza distâncias típicas de 500 km, mas podem atender distâncias muito superiores.

A partir das figuras 16 e 17, considere a redefinição de uma rede metropolitana como: Rede Metropolitana: Rede de pacotes especificamente projetada para a conexão de várias redes locais, separadas e distribuídas em uma área geográfica limitada. A área pode ser tão reduzida (2 km de diâmetro) quanto às dimensões do centro financeiro de uma cidade ou tão ampla quanto uma região metropolitana englobando vários de seus subúrbios (100 km de diâmetro). O núcleo de uma rede Metropolitana é geralmente constituído pela infra-estrutura óptica em anel que conecta as principais centrais telefônicas (COs - Central Offices), *Carrier Hotels* e POPs contidos na área urbana. As conexões de acesso a esta rede metropolitana MAN (Metropolitan Area Network) são formadas por enlaces entre as premissas dos assinantes e sua infra-estrutura, segundo ilustra a Figura 22. A associação das redes metropolitanas aos padrões Ethernet e Gigabit Ethernet originou a utilização frequente pelos fabricantes, operadoras, órgãos de

padronização, publicações técnicas etc., da expressão Ethernet óptica de forma genérica e imprecisa. Torna-se então importante definir esta expressão.^{29, 30}

A Ethernet Óptica constitui-se como uma tecnologia de quarta geração, camada 2, aplicável em redes Metropolitana (MAN) e redes de longa distância (WAN, Wide Area Network). A Ethernet óptica é uma tecnologia que sucede e substitui as soluções X. 25 (primeira geração), Frame-relay (segunda geração) e ATM (terceira geração) Apesar de ser usualmente associada ao padrão Gigabit Ethernet, pode operar em 10Mbps e 100Mbps.

A Ethernet óptica pode ser configurada para conexão ponto a ponto (EPL, Ethernet Private Line), ponto multiponto (emulando solução Frame-relay em topologia estrela) ou multiponto-multiponto.

Suas características de interoperabilidade permitem associações com todas as tecnologias TDM/legadas, seus protocolos e suas arquiteturas. Apresenta-se transparente aos protocolos camada 3.

Nas redes metropolitanas, a quase totalidade das aplicações da tecnologia Ethernet tem ocorrido no modo comutado, isto é, com um domínio de colisão por porta, sem a utilização de *Hubs*, sendo o número de portas utilizadas inferior aos verificados em aplicações de redes locais. Esta característica diminui de forma significativa os problemas de *flooding* característico desta tecnologia nas aplicações em redes locais, onde a ocorrência de um quadro com endereço destino ainda não incluído na tabela de endereçamento implica no envio deste quadro para todas as portas existentes, excetuando a porta origem.

As conexões Ethernet metro e WAN não permitem que sistemáticas de proteção e restauração sejam realizadas no nível de camada física tal como as conexões SDH/SONET que implementam estas funcionalidades em intervalos inferiores a 60 milissegundos. Entretanto, sistemáticas de proteção e restauração poderão ser implementadas no nível da camada 2 através dos padrões de QoS

²⁹CHUNG, Ting; COULTER, John; and ARNAUD, Bill. White paper: "Architectural and Engineering Issues for Building an Optical Internet", CANARIE Inc. Publicação eletrônica, 1998 (22/09/1998).

³⁰WANG, Jiyang. Optical Ethernet: Making Ethernet Carrier Class for Professional Services, **Proceedings of the IEEE**, vol. 92, no. 9, pp. 1452-1462, September 2004.

definidos pelas normas 802.1q³¹ e 802.1p³².

O escalonamento de taxas mais elevadas quando a tecnologia Ethernet está sendo utilizada pode ser ativado em segundos, através de uma ferramenta computacional já disponível na instalação do *switch*, evidenciando-se um tempo de provisionamento reduzido quando de sua utilização.

O escalonamento de taxas em anéis ou conexões SDH/SONET envolve instalação física de placas em cada MUX da conexão ou anel. Em muitas aplicações, o aumento de taxas equivalente a um canal E₁/2Mbps, em, por exemplo, uma conexão STM-1 já saturada, envolve a instalação de mais um MUX/STM-1. Uma conexão ETHERNET 1Gbps pode ser ampliada em incrementos de 1Mbps.

Considere então as configurações de protocolos indicadas na Figura 18 onde a utilização de redes baseadas em comutadores Ethernet apresenta um perfil simplificado.

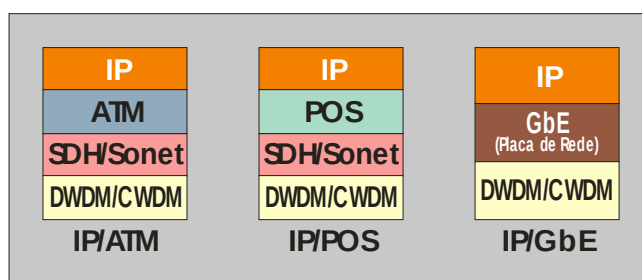


Figura 18: Configuração de protocolos/TDM e solução Ethernet

Para conexões na taxa de 10 Gbps, a tecnologia SDH/SONET apresenta as dificuldades anteriormente associadas às soluções TDM. Alternativas utilizando o padrão POS³³ apresentam-se complexas e igualmente dispendiosas³⁴. A utilização da tecnologia 10 GBE apresenta grande simplificação e custos extremamente

³¹Institute of Electrical and Electronics Engineers. **IEEE std 802.1q**: Standard for local and metropolitan area networks – virtual bridged local area networks. New York, 2003.

³² Institute of Electrical and Electronics Engineers. **IEEE std 802.1p**: Standard for local and metropolitan area networks – traffic class expediting and dynamic multicast filtering (publicada como parte IEEE 802.1d). New York, 2004.

³³TOMSU, Peter. **Next Generation Optical Networks: The Convergence of IP Intelligence and Optical Technology**, Data Transmission Technologies, Prentice Hall, 2002, ISBN 0-13-028226-X, pp. 90-105.

³⁴Accelight Networks Inc. White paper: “Photonic service switching: The OPEX advantage”. Publicação eletrônica, agosto 2001. <www.accelight.com.>

reduzidos. Ao longo das próximas etapas, as características de soluções 10 GBE serão introduzidas.

3.2

Ethernet Óptica em Redes Metropolitanas

3.2.1

METROLANS e METROCANS³⁵

Redes locais (LANs); a utilização da tecnologia Ethernet em taxas mais elevadas, a utilização de fibras ópticas e soluções CWDM/DWDM alteraram as formas de utilização e formação de redes locais. As limitações iniciais, 3km de distância, 1023 nós foram superadas. Os limites atuais estão estabelecidos em função do tráfego de *broadcast* e/ou no limite do número de endereços MAC (Media Access Control) que um comutador (*switch*) poderá gerenciar.

- Uma LAN poderá ser constituída por vários servidores operando em 1 Gbps, com o tráfego agregado através de um *switch*/10Gbps, conectados em uma área geograficamente restrita, utilizando *Short-Reach Optics*³⁶ (padrão específico para conexões ópticas de curto alcance).
- Outro cenário importante refere-se a sua aplicação em um campus universitário (CAN: Campus Area Network). A implementação de um domínio de colisão por porta permite que *switches* Ethernet conectem as LANs instaladas em cada unidade do campus. Resulta então uma rede em malha com múltiplas conexões entre LANs.

Os *switches* são conectados em uma configuração que possibilite a existências de múltiplos caminhos entre as diversas unidades do campus. A topologia resultante permite que o *Spanning Tree Protocol*, (IEEE 802.1d³⁶) seja utilizado e forneça proteção a falhas devido a redundância.

³⁵BEDELL, Paul. **Gigabit Ethernet for metro area network**, The McGraw-Hill Companies, Inc, 2003, ISBN 0-07-139389-7, pp. 52-55.

³⁶DOLFI, David W. Multi-channel optical interconnects for short-reach applications. In: IEEE ECTC 2003. **Proceedings of the 53th Electronic Components and Technology Conference**, New Orleans, LO, USA, May 27-30, 2003, pp. 1032-1039.

Os mecanismos de proteção associados ao protocolo 802.1d reativam a conexão em menos de 100 segundos. O IEEE está estudando um novo algoritmo, o *Fast Spanning Tree*, cujo objetivo seria a restauração do tráfego em menos de 10 segundos. A Figura 19 ilustra a CAN descrita.

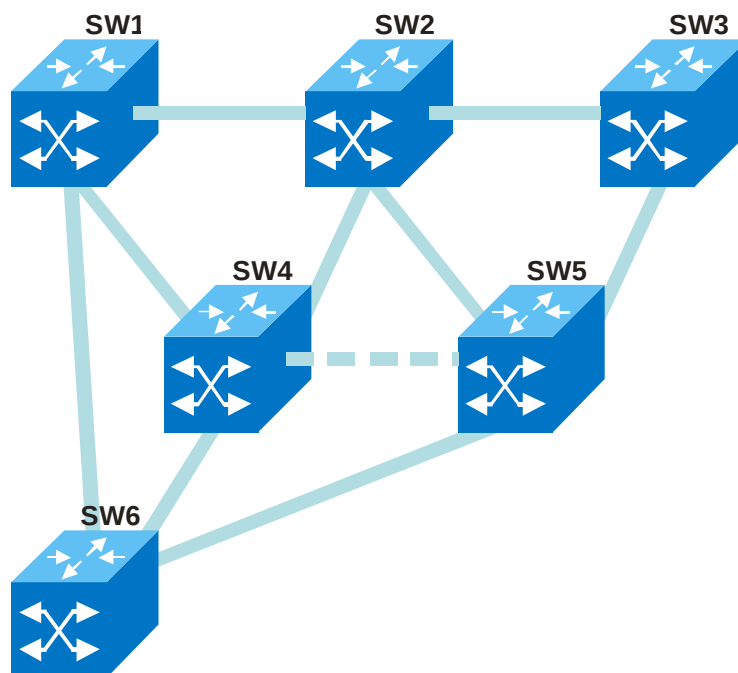


Figura 19: Topologia estrela com redundância para utilização do protocolo IEEE 802.1d ³⁷.

A utilização do *switch* elimina o problema de colisão e os mecanismos de controle de fluxo associados à utilização de *hubs* CSMA/CD. As aplicações de configurações *Full-Duplex* foram implementadas através do padrão 802.3x³⁸. A extensão desta solução nas aplicações Gigabit Ethernet foi implementada através

³⁷Institute of Electrical and Electronics Engineers. **IEEE std 802.1d**: Standard for local and metropolitan area networks – media access control (MAC) bridges. New York, 2004.

³⁸Institute of Electrical and Electronics Engineers. **IEEE std 802.3x**: Standard for local and metropolitan area networks – Full Duplex Operation and Physical Layer (publicada como parte da IEEE 802.3). New York, 1997.

do padrão 802.3z³⁹. A maior parte das aplicações CAN utiliza uma infra-estrutura de fibras multimodo e distância entre 200 metros a 500 metros.

3.2.2

Infraestruturas Metropolitana e plataforma Ethernet óptica

Considere então uma rede metropolitana que poderá utilizar uma topologia em anel ou malha em distâncias inferiores a 5 km ativando aplicações bancárias em centros financeiros, serviços de apoio, etc. Considerando-se a utilização de servidores com placas de rede operando em 100 Mbps, um anel expresso operando nesta área poderia ser suportado por uma taxa de 1 Gbps. Entretanto, devido ao aumento significativo do número de usuários nestas configurações em função das particularidades de algumas metrópoles, anéis expressos operando em 10 Gbps tem sido utilizado.

As redes metropolitanas que interconectam pontos de presença, centros de armazenamento de dados, centrais comerciais em áreas suburbanas através de uma infra-estrutura de fibra com até 100 km de distância caracterizam de forma mais ampla a expressão Ethernet óptica. A utilização da tecnologia Gigabit Ethernet nas infra-estruturas metropolitanas iniciou-se em 1999 após a elaboração do padrão IEEE 802.3z em 29 de junho de 1998. A utilização progressiva desta aplicação resultou na formação de um novo grupo de estudos no IEEE a partir de janeiro de 2000 para a elaboração de um padrão dedicado a operação desta tecnologia na taxa de 10Gbps. Muitos fabricantes já haviam se antecipado e ofereciam soluções nesta taxa de operação em 2001. Finalmente, em junho de 2002 o padrão IEEE 802.3ae⁴⁰ foi apresentado. A aplicação conjunta da tecnologia Ethernet em taxa de 10Mbps, 100Mbps, 1 Gbps e 10Gbps nas redes locais, metropolitanas e longa distância através de fibras multimodo e monomodo,

³⁹Institute of Electrical and Electronics Engineers. **IEEE std 802.3z**: Standard for local and metropolitan area networks – Gigabit Ethernet (publicada como parte da IEEE 802.3). New York, 1998.

⁴⁰Institute of Electrical and Electronics Engineers. **IEEE std 802.3ae**: Standard for local and metropolitan area networks – carrier sense multiple access with collision detection (CSMA/CD) access method and physical layer specifications – amendment: media access control (mac) parameters, physical layers, and management parameters for 10 Gbps operation. New York, 2002.

nas janelas de 850 nm, 1.310 nm e 1.550 nm, associadas às tecnologias CWDM⁴¹ e DWDM⁴² constituem então a denominada Ethernet óptica.

Reafirmando o texto anterior, a Ethernet óptica constitui-se em uma nova plataforma que permite a extensão do padrão Ethernet das redes locais (LANs) para as redes metropolitanas MANs e de longa distância WANs permitindo aos usuários bandas passantes elevadas a custos reduzidos. Otimizada para transmissão de dados com características de provisionamento e escalabilidade extremamente mais simples que as soluções TDM/ATM/SDH/SONET. A plataforma Ethernet Óptica fornece as operadoras um protocolo unificado interoperável com a maioria das redes locais instaladas.

3.3

Principais Aplicações da Ethernet Óptica

3.3.1

LANs e VLANs

A tecnologia Ethernet comutada (*switched*) foi inicialmente utilizada na agregação e seleção de tráfego em redes locais. Uma aplicação dedicada resultante foi a criação de VLANs onde usuários localizados em diferentes pontos da rede local são selecionados em uma tabela específica de endereçamento formando uma rede local na qual seus serviços são diretamente conectados. A Figura 20 ilustra a configuração de uma VLAN.

⁴¹Thiele, H.J.; Winzer, P.J.; Sinsky, J.H.; Stulz, L.W.; Nelson, L.E.; Fidler, F. 160-Gb/s CWDM capacity upgrade using 2.5-Gb/s rated uncooled directly Modulated lasers, **IEEE Photonics Technology Letters**, vol. 16, no. 10, pp. 2389-2391, October 2004.

⁴²AGRAWAL, Govind P. **Fiber-Optic Communications System**, New York, Wiley & Sons, 1992.

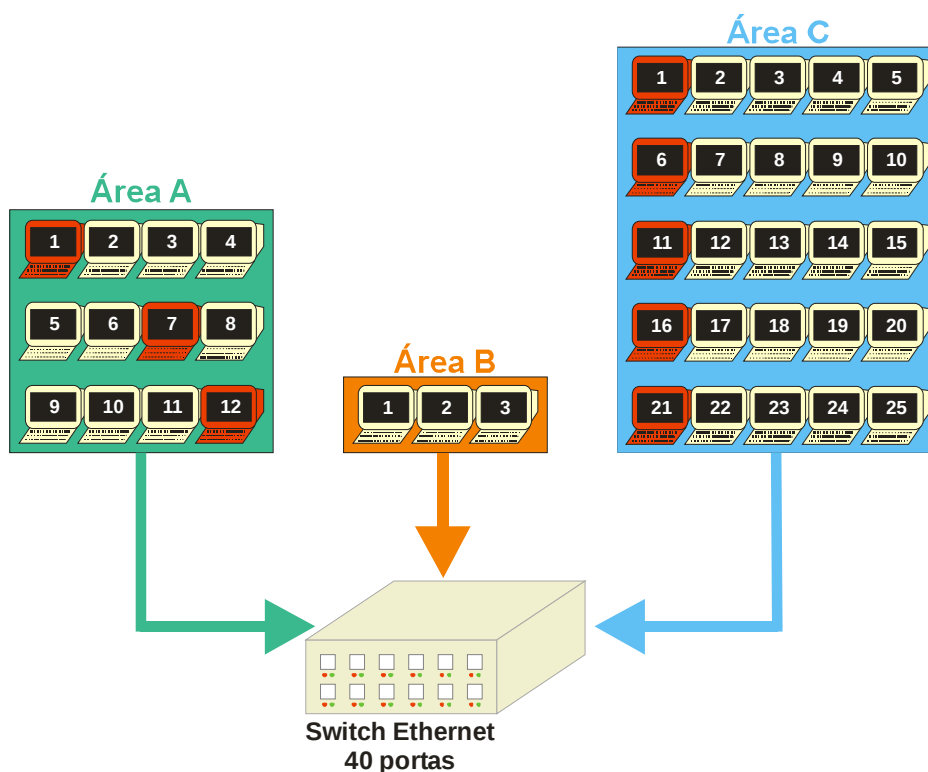


Figura 20: Agregação de tráfego com 40 servidores através de um switch de 40 portas. Os usuários 1, 7 e 12 na área “A” e 1, 6, 11, 16 e 21 da área C formam uma VLAN.

Verifica-se então que as VLANs podem ser formadas por grupos de usuários que utilizem uma mesma aplicação, mas estão situados em áreas físicas diferentes. Esta funcionalidade pode ser implementada através da formação de uma tabela de chaveamento adicional em um ou vários *switches* agrupando os endereços MAC de servidores situados em locais diferentes.

A menor dependência das distâncias físicas proporcionada pela Ethernet Óptica possibilita a criação de VLANs com maior simplicidade e rapidez.

A norma IEEE 802.3ac⁴³, de 1998, estendeu o tamanho máximo do quadro Ethernet para 1522 bytes, permitindo o identificador da VLAN fosse inserido no quadro.

Os primeiros 2 bytes identificam o quadro como associado a uma VLAN e denomina-se como TDPI (Tag Protocol Identifier) (0x8100 hex). Os próximos 2 bytes fornecem o TCI (Tag Control Information). Os três primeiros bits do TCI

⁴³Institute of Electrical and Electronics Engineers. **IEEE std 802.3ac**: Standard for local and metropolitan area networks – VLAN tag (publicada como parte da IEEE 802.3). New York, 1998.

indicam a prioridade do quadro baseada nos valores definidos no padrão 802.1p⁵. Os 12 bits restantes identificam qual a VLAN específica associada ao quadro.

A Figura 21 ilustra o formato de um quadro de Ethernet com o identificador de VLAN.

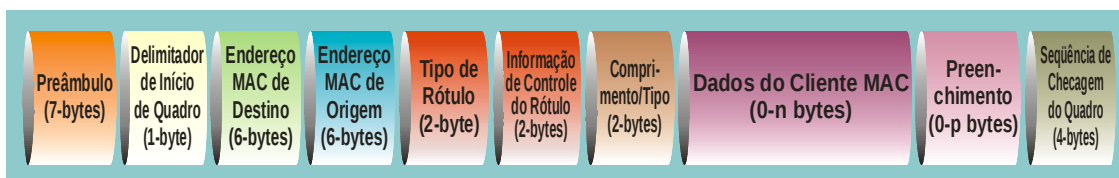


Figura 21: Pacote Ethernet padrão IEEE 802.3 com VLAN.

3.3.2

TLAN (Transparent Local Área Networks)

As TLANs são constituídas por enlaces ponto a ponto *full-duplex* de muito alta velocidade dedicados a conectar duas redes locais geograficamente distantes. Muito frequentemente, empresas conectam seus escritórios localizados em uma área central de uma região metropolitana com uma ou mais unidades de fabricação localizadas no distrito industrial.

A velocidade do enlace e a ativação de uma única tabela de chaveamento contendo os “MAC ADDRESS” dos servidores utilizados nas áreas geograficamente distantes permitirão que as LAN operem como se estivessem localizadas no mesmo seguimento de rede. A Figura 22 ilustra a configuração de uma TLAN.

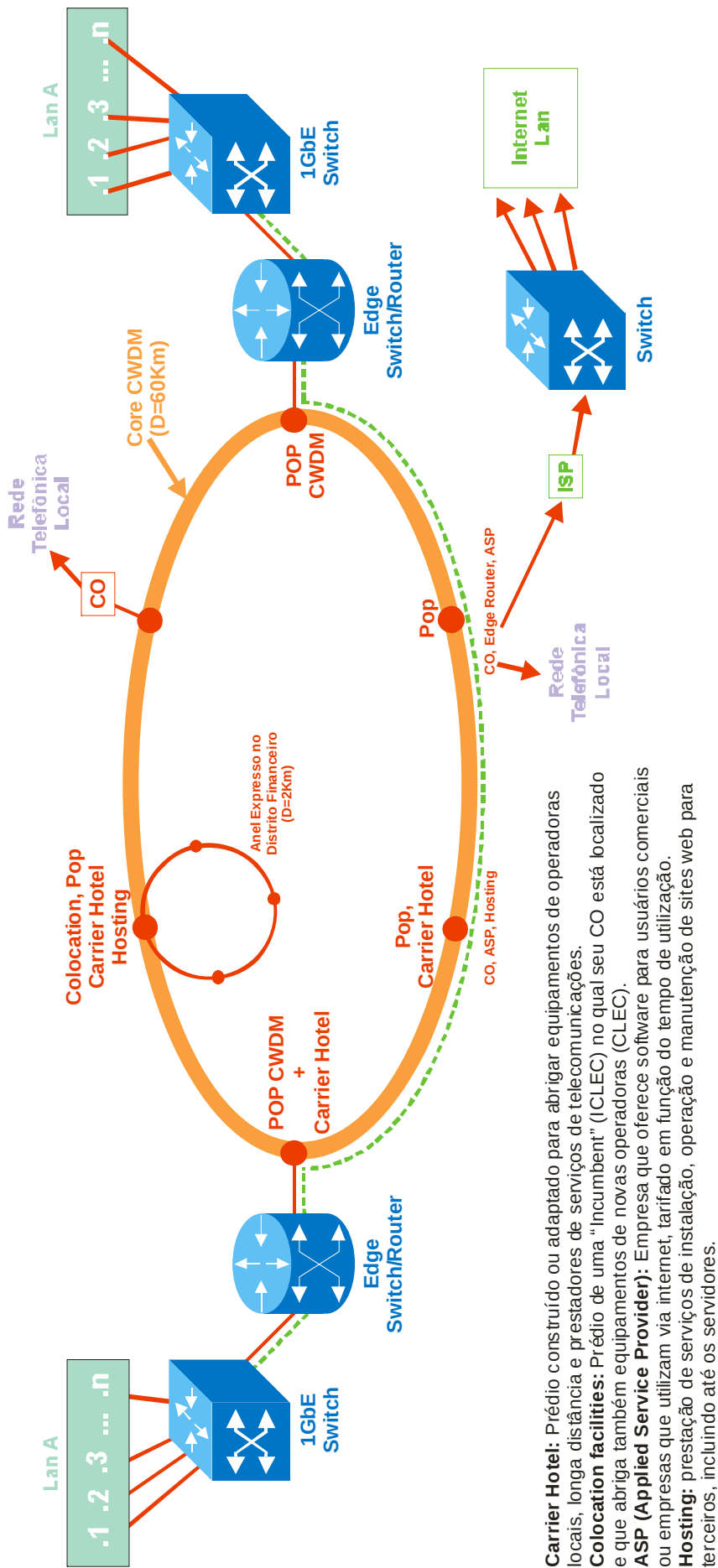


Figura 22: Configuração de uma rede Metropolitana onde as redes locais A e B formam uma TLAN

Os serviços TLAN correspondem a mais de 80% das aplicações Ethernet Óptica em regiões metropolitanas nos USA⁴⁴.

3.3.3

Acesso a Internet em Alta Velocidade

Um provedor de Internet localizado em um POP de um anel metropolitano pode implementar uma conexão Ponto-Multiponto com vários servidores localizados em LANs associadas a este anel. Conexões GbEthernet podem ser utilizadas com alocação estatística de banda. Esta opção tem substituído a utilização de canais TDM/E₁/T₁ com significativa eficiência econômica e constitui-se na segunda maior aplicação de solução Ethernet Óptica em Redes metropolitanas.

3.3.4

Conexão entre pontos de presença

A tecnologia Ethernet Óptica permite que pontos de presença, *Colocation Facilities*, *Carrier Hotels* etc. sejam conectados através da criação de múltiplas VLANs no anel metropolitano suportadas pela tecnologia CWDM. A figura 22 lustra como equipamentos pertencentes a um *colocation* em duas áreas geograficamente distantes podem ser associados.

3.3.5

Rede dedicada ao Armazenamento da Informação (SAN, Storage Área Network)

Para muitos usuários corporativos e/ou individuais, os serviços de telecomunicações constituem itens estratégicos indispensáveis e estão quase sempre associados a consultas de bancos de dados. As centrais de armazenamento podem ser constituídas por grupos de servidores associados de forma a operarem

⁴⁴STRAUSS, Paul; SMOLEK, Jason; and PERRIN, Sterling. White paper: "Making the business case for metro service providers to deploy 10 Gigabit Ethernet now", IDC Extreme Networks. Publicação eletrônica, September 2000 pp. 5.

como um único sistema, denominados de *clusters*. Os *clusters* podem proporcionar disponibilidade de dados muito rápida e processamento paralelo dos mesmos. A manutenção e a disponibilização dos dados são então implementadas através do espelhamento das informações em áreas geográficas diversas. Inicialmente, as empresas criavam departamentos internos dedicados ao tratamento, espelhamento e disponibilização de seus dados. Entretanto, o crescimento acentuado desta aplicação devido à era Internet e aos novos modelos de negócios resultaram na criação de empresas dedicadas este serviço e denominadas de SAN *providers*.

As tecnologias SCSI (Small Computer System Interface), FC (Fiber Channel), ESCON (Enterprise System Corporation) são dedicadas ao espelhamento de bancos de dados em distâncias curtas. Para distâncias longas, é necessário utilizarem-se extensões através de associações com as tecnologias de transportes. Desta forma as interfaces FC/IP, ESCON/IP e SCSI/IP⁴⁵ passaram a ser utilizadas sobre ATM/SDH/SONET/WDM, para obtenção de garantia de entrega, fundamental nestas aplicações. Em redes Ethernet Óptica, a garantia de entrega pode ser obtida com significativa redução de custos e gerenciamento quando a tecnologia MPLS (Multiprotocol Label Switching)⁴⁶ é utilizada.

Uma das principais aplicações de plataforma Ethernet Ópticas é o espelhamento destes bancos em intervalos de tempo extremamente reduzido.

As aplicações SAN e a necessária redução de custos tornaram a utilização da plataforma Ethernet óptica em áreas metropolitanas e de longa distância uma solução extremamente atraente quando associada a aplicações MPLS CWDM/DWDM.

⁴⁵Atrica Communications. White paper: “SAN Extension Service Using Carrier Ethernet”. Publicação eletrônica, 2005.

⁴⁶TOMSU, Peter. **Next Generation Optical Networks: The Convergence of IP intelligence and Optical Technology**, Data Transmission Technologies, Prentice Hall, 2002, ISBN 0-13-028226-X, pp. (157-161).

3.3.6

Redes 10 Gbps com Tecnologia Ethernet

A utilização de TLANs em redes metropolitanas e a agregação de tráfego local com servidores operando em 1Gbps resultou na necessidade de ser utilizado um padrão capaz de operar na taxa de 10Gbps. As operadoras e os fabricantes passaram a sinalizar esta tendência já em 1999 em face da demanda por conexões em 1Gbps. Em 2001, baseados em avaliações de um consórcio formado por cerca de 100 fabricantes denominado de 10 Gigabit Ethernet Alliance (10GEA), novos produtos operando nesta taxa foram anunciados. Em janeiro de 2000 o IEEE já havia iniciado os estudos para elaboração do padrão 802.3ae⁴⁷ em paralelo aos estudos do 10GEA. Finalmente, em junho de 2002 o padrão IEEE 802.3ae foi apresentado.

O padrão elaborado preocupou-se em manter a interoperabilidade com as aplicações 1Gbps para preservar a escalabilidade da rede.

A utilização das janelas ópticas de 850 nm, 1.300 nm e 1.550 nm foi especificada associada à utilização de fibras multimodo e monomodo para distâncias de 45 m até 40 km. Somente configurações *full-duplex* foram especificadas. Uma interface independente do meio foi introduzida e quatro interfaces dependes do meio foram também introduzidas.

Aplicações CWDM e DWDM nestas taxas passaram a ser utilizadas em redes metropolitanas e de longa distância.

O padrão adotado definiu duas opções de camada física: a LANPHY (LAN Physical Layer), dedicadas a aplicações em redes locais e a WANPHY(WAN Physical Layer), dedicadas a aplicações em redes metropolitanas e de longa distância.

As aplicações 10 Gigabit Ethernet em redes locais envolvem a agregação de Servidores 1 Gigabit Ethernet em ambientes corporativos e a interconexão de equipamentos de alta velocidade em POPs, *carrier hotels*, *colocation centrus* etc.

⁴⁷Institute of Electrical and Electronics Engineers. **IEEE std 802.3ae**: Standard for local and metropolitan area networks – carrier sense multiple access with collision detection (CSMA/CD) access method and physical layer specifications – amendment: media access control (MAC) parameters, physical layers, and management parameters for 10 Gbps operation. New York, 2002.

As soluções nas redes metropolitanas e de longa distância estão associadas às aplicações anteriormente descritas para tecnologia de 1 Gigabit Ethernet, isto é, implementação de soluções TLAN, conexões entre POPs, *Carrier Hotels*, *Colocation Centers* etc.

Muitas aplicações são implementadas através das soluções POS e/ou associadas aos protocolos SRP (Spatial Reuse Protocol) e DPT (Dynamic Packet Transport) e RPR, que serão avaliados em função dos requisitos de QoS apresentados em outro item.

3.4

Ethernet Óptica: Soluções exclusivas, Soluções associadas aos padrões TDM e serviços legados. Utilização dos protocolos SRP/DTP e avaliação das classes de serviço (CoS) e qualidade de serviço (QoS) resultante

3.4.1

Considerações envolvendo redes legadas e novas aplicações

As redes metropolitanas e de longa distância foram instaladas para processar inicialmente o tráfego de voz e posteriormente o de dados utilizando o perfil de protocolos ATM/SDH/SONET. Estas tecnologias TDM possibilitaram a criação de classes de serviços e seu gerenciamento via ATM. A integridade das conexões era verificada através das tecnologias ATM/SDH/SONET, padrões capazes de prover proteção e restauração em menos de 60 milissegundos através da monitoração dos bytes K1 e K2 de seu quadro. Pode-se então verificar que estas soluções são capazes de fornecer garantia de entrega, classe de serviço e qualidade de serviço em tempo extremamente reduzido. Entretanto, apresentam vários inconvenientes destacados a seguir⁴⁸:

- As tecnologias SDH/SONET foram desenvolvidas para aplicações de voz.

⁴⁸Extreme Network. White paper: “Building a new generation metropolitan area network”. Publicação eletrônica, 2000, pp. 9.

- O mapeamento do tráfego de dados sobre os quadros SDH/SONET é extremamente dispendioso, tecnicamente difícil e apresenta um gerenciamento complexo.
- A escalabilidade das redes ATM/SDH/SONET é tecnicamente difícil e apresenta um custo extremamente elevado.
- O tempo de provisionamento de novos serviços é extremamente longo.
- A configuração dos quadros SDH/SONET, por ser implementada de forma rígida e hierarquizada torna estas tecnologias inadequadas para tráfegos não uniformes.
- Novas versões destas tecnologias e técnicas de concatenação solucionam parcialmente alguns destes problemas, mas apresentam custos e complexidade extremamente elevados, tornando sua aplicação questionável quando comparadas às soluções Ethernet.

A utilização da tecnologia Ethernet não permite este padrão de QoS seja obtido. O padrão Ethernet ativa funcionalidades de QoS na camada 2. Estas soluções correspondem a tempos de restauração e/ou correção de ordem de vários segundos.

Entretanto, como a maior parte do tráfego não está associada ao transporte de informações críticas, as soluções “Ethernet Óptica” passaram a ser associadas a um SLA (Service Level Agreement) muito mais flexível⁴⁹ em relação aos contratos com garantia de entrega gerados via ATM/SDH/SONET.

A flexibilização do SLA permitiu que a plataforma Ethernet Óptica apresentasse uma penetração extremamente rápida no mercado. Quando as aplicações requisitaram um padrão rígido de QoS, a plataforma Ethernet óptica passou a ser utilizada mapeada sobre a tecnologia SDH/SONET.

Para tal, utilizou-se uma tecnologia de encapsulamento dedicada ao transporte de Tráfego IP em redes TDM denominada POS. Desta forma, a camada

⁴⁹Atrica Communications. White paper: “Carrier-Class Optical Metro Ethernet Solution That Makes Profitable Services a Reality”. Publicação eletrônica, 2002, pp. 3.

IP pode ser concatenada diretamente na camada 1. O protocolo PPP⁵⁰ (Point-to-Point) foi a ferramenta principal utilizada. As RFC (Request for Comments) RFC 1661, RFC 1662 e RFC 2615 padronizados pelo IETF (Internet Engineering Task Force) descrevem a interface POS. Apesar de ser uma nova solução dedicada para adaptar o tráfego não uniforme de dados sobre uma rede TDM legada, sua instalação e utilização resulta em um gerenciamento complexo e custos elevados.

Deve então ser observado que as redes Ethernet Óptica poderão ser implementadas a custo significativamente inferiores aos das redes TDM legadas, mas com um padrão de qualidade de serviço também inferior, porém satisfatório para as aplicações que não sejam consideradas como missão crítica.

O protocolo IP, usualmente associado às aplicações Ethernet utiliza as camadas superiores para produzir QoS, mas para tal, introduz retardos adicionais aos mencionados na camada 2. Para prosseguir, consideram-se as quatro classes de serviços nas quais o tráfego IP divide-se para possibilitar a geração de QoS, isto é:

- CLASSE 1 – Tráfego de voz, vídeo, vídeo conferência, video-on-demand que requerem níveis de latência e *jitter* controlados e reduzidos (*low latency/low jitter*). Esta classe de serviço está descrita na RFC 2598/IETF.
- CLASSE 2 – Tráfego de baixas perdas. Esta classe pode ser obtida através de uma alocação maior de banda passante e disponibilização de maior espaço de armazenamento.
- CLASSE 3 – Melhor esforço (*Best effort*). Nesta classe de serviço, a banda passante disponibilizada utilizará a capacidade resultante e não ativada por outras aplicações.
- CLASSE 4 – Esta classe está associada a aplicações VLAN utilizando o padrão IEEE 802.1, capaz de oferecer a possibilidade de selecionar assinantes e seus tráfegos em uma interface Ethernet. Esta funcionalidade é ativada adicionando-se a um quadro Ethernet um identificador VLAN. A recomendação 802.1p adiciona neste mesmo quadro um identificador de prioridades. Pode então observar que aplicações de IP/Ethernet podem

⁵⁰Internet Engineering Task Force (IETF). Request for comments 1661 – the point-to-point protocol (PPP). Virginia: The Internet Society. Publicação eletrônica, 1994.

implementar a geração de CoS e QoS através da camada dois. Desta forma, as funcionalidades de *Access Control Lists* e *Diffserv* existentes na camada 3 podem ser mapeadas para camada 2 através dos protocolos 802.1q³¹ e 802.1p³², respectivamente.

3.5

Ethernet Óptica: QoS, Proteção, Restauração e Soluções RPR⁵¹

Neta etapa, será considerada a utilização da tecnologia Ethernet em redes metropolitanas e de longa distância sem a utilização das soluções SONET/SDH na camada física. Quando assim configurada, os tempos de restauração serão longos e os padrões de QoS/SLA apresentarão uma flexibilidade incapaz de atender os padrões tradicionais utilizados por operadoras *Incumbent*.

Para compatibilizar os padrões flexíveis de QoS associados às aplicações Ethernet aos padrões rígidos utilizados em aplicações críticas, o IEEE ativou em dezembro de 2000 o grupo de trabalho 802.17⁵² *Resilient Packet Rings*.

Torna-se interessante observar os perfis da camada 2 e camada 1 formulados para os padrões Gigabit Ethernet e RPR para que sejam avaliadas as diferenças que serão obtidas, ilustradas na Figura 23.

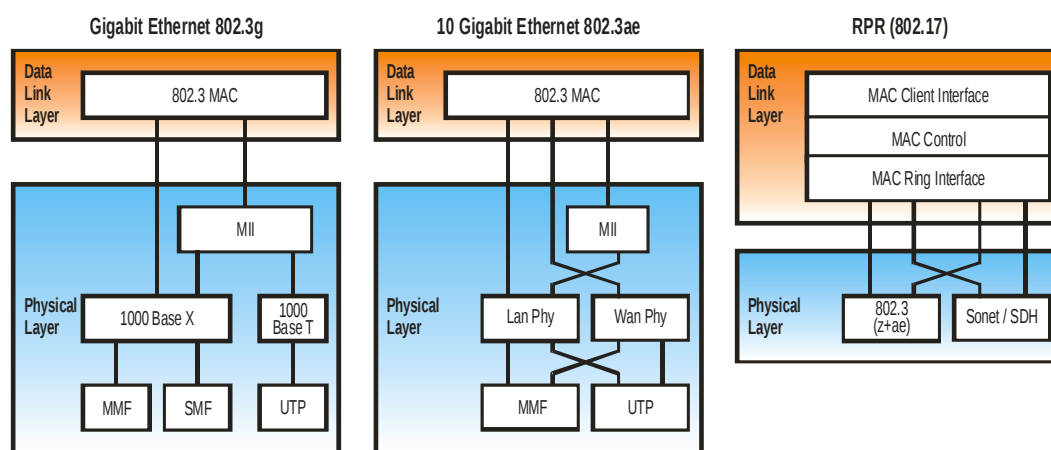


Figura 23: Configuração de camadas Gigabit Ethernet, 10 Gigabit Ethernet e RPR

⁵¹Institute of Electrical and Electronics Engineers. **IEEE std 802.17**: Standard for local and metropolitan area networks – resilient packet ring. New York, 2004.

⁵²Institute of Electrical and Electronics Engineers. **IEEE std 802.17**: Standard for local and metropolitan area networks – resilient packet ring. New York, 2004.

Pode então ser observado que para a geração de proteção e restauração em intervalos inferiores ao milissegundo, a camada MAC é subdividida em três subcamadas:

– A subcamada MAC *Client* é responsável por adaptar funções primitivas que possibilitem o interfaceamento entre a camada 3 / IP e a camada MAC *Control*.

– A sub camada MAC *Control* implementa os protocolos e funcionalidades de controle dedicados a permitir uma divisão da capacidade disponível entre os nós.

– A subcamada MAC *Ring Interface* é responsável pelo endereçamento e introdução dos pacotes na camada física.

O formato dos quadros RPR resultantes poderão ser compatíveis com os padrões Ethernet 802.3 ou SONET/SDH. Vários fabricantes de equipamentos estão submetendo soluções proprietárias para configurações RPR. Estas soluções estão sendo analisadas pelo grupo de trabalho IEEE 802.17. A Cisco Systems submeteu um protocolo SRP especificado através da RFC 2892⁵³. Pode-se descrever a solução proposta através dos seguintes comentários:

- Foi desenvolvida uma tecnologia de encapsulamento de pacotes denominada DPT⁵⁴ (Digital Packet Transport) com objetivo de inserir o tráfego IP no meio físico e obter proteção e restauração.
- O DPT apresenta uma nova configuração de camada 2, compatível com os objetivos do grupo de trabalho IEEE 802.17, denominada SRP;
- O conceito básico do DPT consiste em ao utilizar um anel com um par de fibras, introduzir tráfego nas duas direções. Verifica-se então uma diferença fundamental em relação à tecnologia SONET/SDH onde uma das fibras, isto é, uma das direções, é utilizada apenas como proteção.
- O DPT não utiliza a capacidade total de uma fibra apenas para proteção. Como as duas fibras podem ser dedicadas ao tráfego útil da rede, pode-se

⁵³Internet Engineering Task Force (IETF). Request for comments 2892 – the Cisco SRP MAC layer protocol. Virginia: The Internet Society. Publicação eletrônica, 2000.

⁵⁴TOMSU, Peter. **Next Generation Optical Networks: The Convergence of IP intelligence and Optical Technology**, Data Transmission Technologies, Prentice Hall, 2002, ISBN 0-13-028226-X, pp. 107-121.

atingir uma capacidade total duas vezes superior à obtida em redes SONET/SDH.

- O padrão DPT pode utilizar os métodos de multiplexação inteligentes e simplificados disponíveis nas tecnologias Ethernet.
- Portas DPT têm sido instaladas em redes de telecomunicações. No final de 2002, cerca de 12.000 portas já haviam sido ativadas.
- A tecnologia de transporte DPT, associada aos padrões Gigabit Ethernet pode proporcionar proteção e restauração em intervalos inferiores a 50 milissegundos.

3.6

Comentários e conclusões

Foram introduzidos definições e conceitos básicos sobre a Ethernet óptica. Uma discussão envolvendo a obtenção de QoS em redes Ethernet foi apresentada e uma comparação entre os padrões de QoS em redes TDM legadas e redes Gigabit Ethernet e 10 Gigabit Ethernet foi avaliada. A nova solução desenvolvida pelo IEEE objetivando a obtenção de proteção e restauração em redes Ethernet, denominada RPR foi introduzida e descrita.