

Estratégias para Resolução da Contenção em Comutadores Ópticos de Pacotes

Mário M. Freire e Henrique J. A. da Silva
(mfreire@co.it.pt) (hjas@co.it.pt)



Universidade da Beira Interior



Instituto de Telecomunicações
Pólo de Coimbra



Universidade de Coimbra

Redes Ópticas Multigigabit
Aveiro, 28 de Junho de 2000



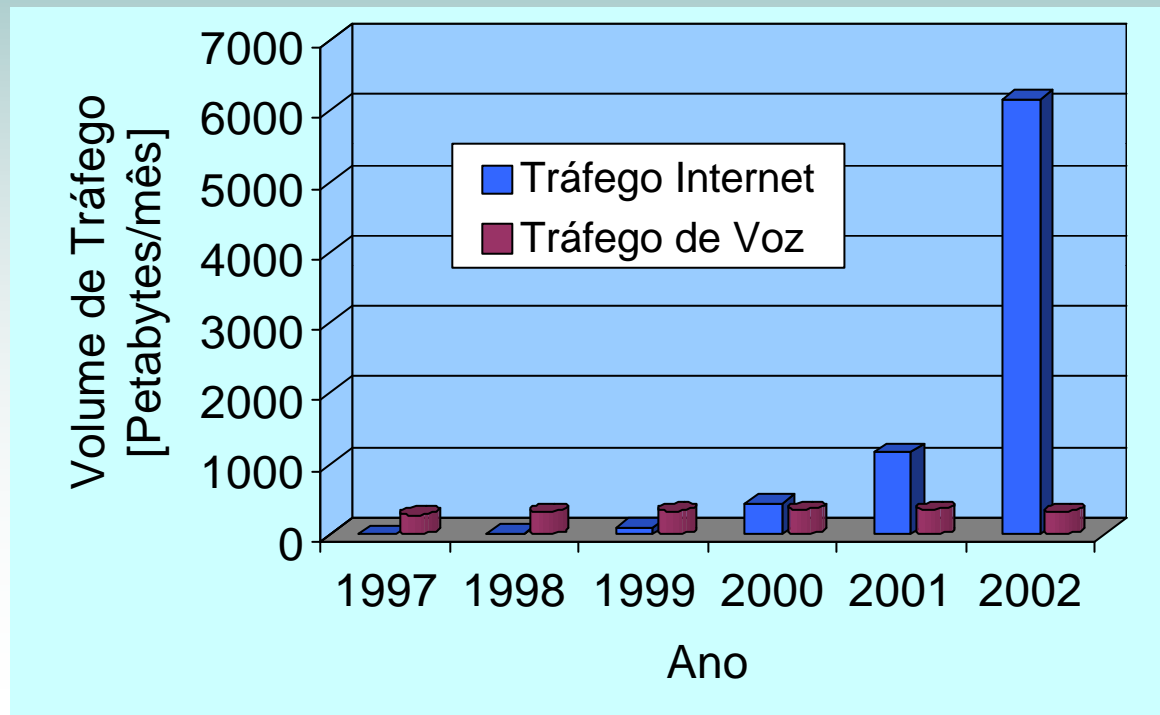
Sumário

- Introdução
- Arquitecturas de Comutação Electrónica de Pacotes
- Arquitecturas de Comutação Óptica de Pacotes com Armazenamento em *Buffers*
- Estratégias para Resolução da Contenção em Comutadores Ópticos de Pacotes
- Conclusões

Introdução

“This year it finally occurred to the telecommunications industry that the last 123 years have been spent building the wrong network”

Steve Harbour, in *Fibre Systems*, Dec. 1999, pp. 30-32.





Introdução

- A B-ISDN, concebida para a integração de voz, dados e multimedia, está a ser rejeitada;
- Com o crescimento explosivo da Internet, o *Internet Protocol* (IP) tornou-se o protocolo de convergência;
- Continua a supremacia da tecnologia *Ethernet* em redes locais (*Ethernet*, *Ethernet Rápida* e *Gigabit Ethernet*);
- Em redes de área alargada (WANs) a questão da tecnologia mais promissora para transporte do IP continua em aberto.



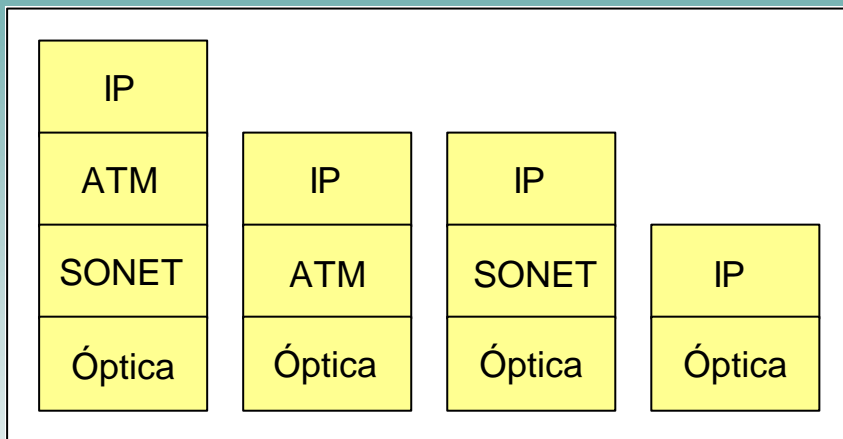
Introdução

- Paradigma da mudança

- O volume do tráfego de dados tornou-se, a partir de 1999, claramente superior ao tráfego de voz, mantendo, simultaneamente, uma taxa de crescimento bastante mais elevada;
- Espera-se a evolução de uma rede centrada em voz para uma rede centrada em dados;
- O mais importante requisito que fundamenta este paradigma de mudança é a enorme largura de banda disponível em fibrasópticas.

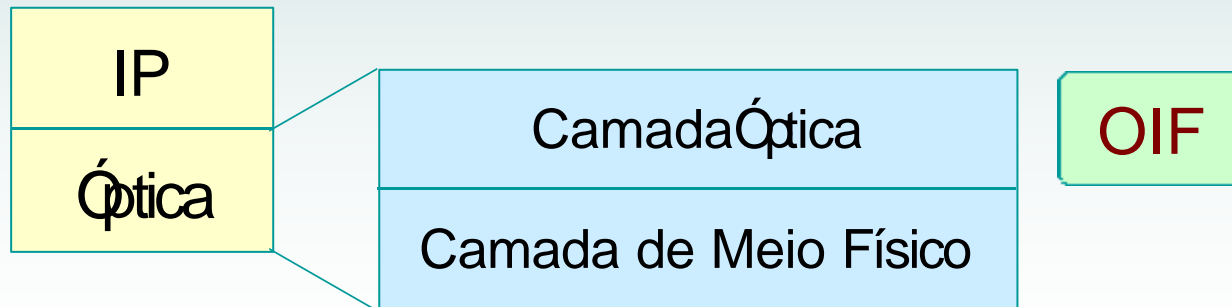
Introdução

- Alternativas para transporte do IP



Vantagens de IP sobre WDM

- Menor custo de equipamento;
- Menor custo de manutenção;
- Utilização eficiente da largura de banda;
- Menor complexidade;
- Menor *overhead*.





Introdução

- OIF : *Optical Internetworking Forum*
(www.oiforum.com)
 - Criado em Abril de 1998 por AT&T, Bellcore, CIENA, Cisco, Hewlett-Packard, Qwest, Sprint e WorldCom;
 - Missão: Desenvolvimento de especificações que garantam a interoperabilidade da interligação óptica.



Evolução das Redes de Comunicação Ópticas

• Primeira Geração de Redes Ópticas

- SONET (*Synchronous Optical Network*) / SDH (*Synchronous Digital Hierarchy*);
- Diversas redes empresariais, tais como: ESCON (*Enterprise Serial Connection*), Canal de Fibra (*Fibre Channel*), and HIPPI (*High-Performance Parallel Interface*);
- Redes FDDI (*Fiber Distributed Data Interface*) ou DQDB (*Distributed Queue Dual Bus*);
- As redes ATM podem ser incluídas nesta categoria, desde que não sejam utilizados comutadores ATM ópticos.



Evolução das Redes de Comunicação Ópticas

- Segunda Geração de Redes Ópticas
 - Redes com multiplexagem óptica por divisão no tempo (OTDM);
 - Redes com multiplexagem por divisão no comprimento de onda (WDM)
 - Redes ópticas digitais assíncronas

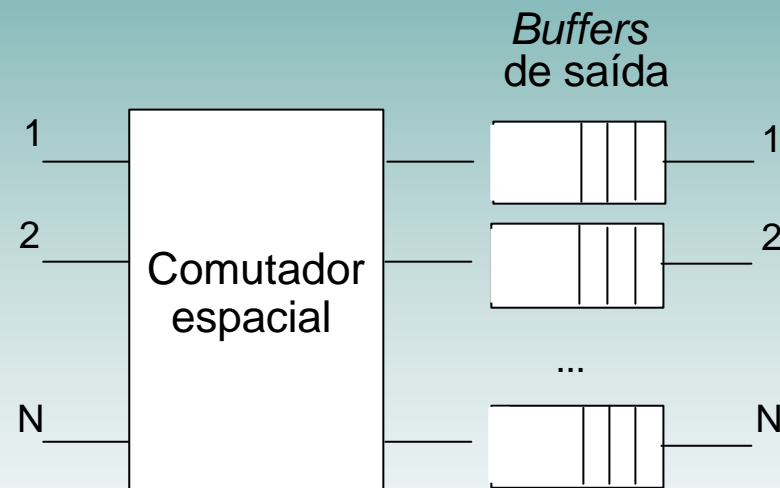


Arquitecturas de Comutação Electrónica de Pacotes

- Classificação dos comutadores de acordo com a posição dos *buffers*:
 - Armazenamento à saída
 - Armazenamento partilhado
 - Armazenamento com recirculação
 - Armazenamento à entrada

Arquitecturas de Comutação Electrónica de Pacotes

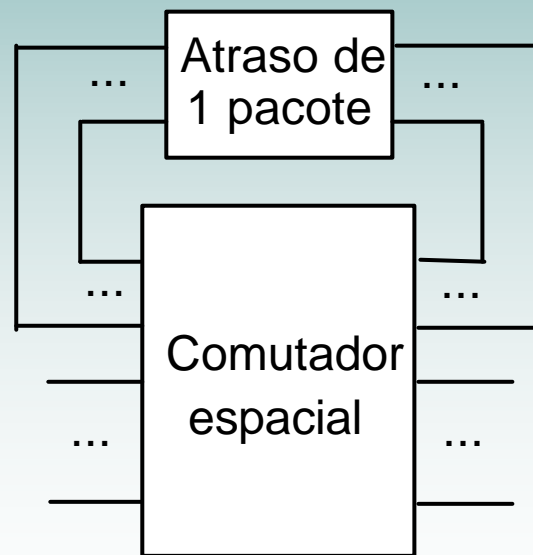
- Armazenamento à saída



- Armazenamento partilhado
 - Forma de armazenamento à saída em que todos os *buffers* de saída partilham a mesma área de memória (RAM)

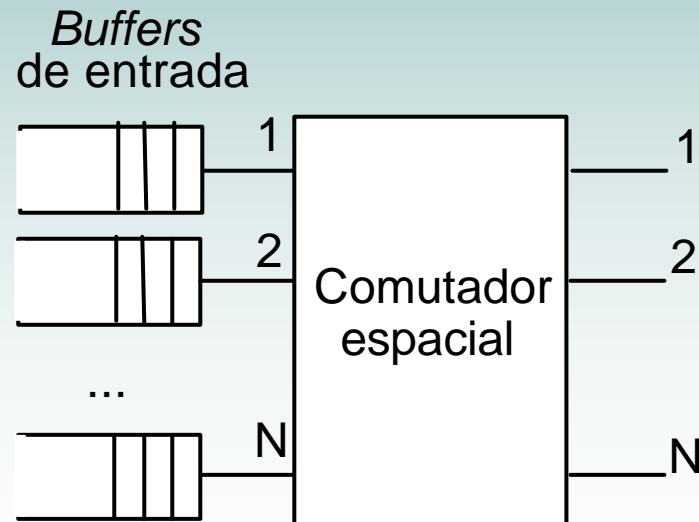
Arquitecturas de Comutação Electrónica de Pacotes

- Armazenamento com recirculação



Arquitecturas de Comutação Electrónica de Pacotes

- Armazenamento à entrada
 - Limitação fundamental devida ao bloqueio de início de linha (*head-of-line blocking*)



Arquitecturas de Comutação Óptica de Pacotes com Armazenamento em *Buffers*

Classificação das arquiteturas de comutação óptica com armazenamento em linhas de atraso

Linhas de atraso com alimentação avançada

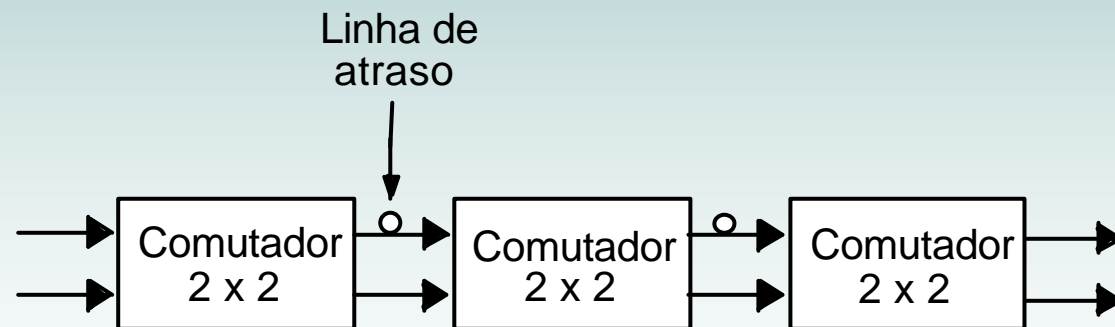
Andar simples

Vários andares

Linhas de atraso com realimentação

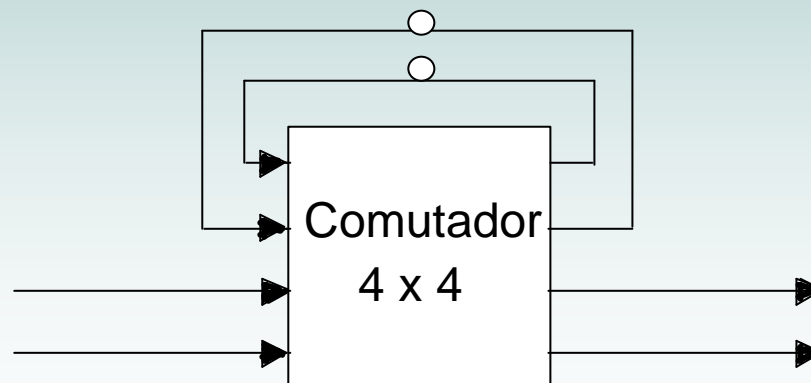
Arquitecturas de Comutação Óptica de Pacotes com Armazenamento em *Buffers*

Linhas de atraso com alimentação avançada



Arquitecturas de Comutação Óptica de Pacotes com Armazenamento em *Buffers*

Linhas de atraso com realimentação



Comparação das arquitecturas de comutadores ópticos com armazenamento baseado em *buffers*

Comutador	Tamanho do buffer	Esquema de prioridades de pacotes	Uso interno de comprimentos de onda	Controlo
OASIS	Médio	Não	Sim	Simulação do <i>buffer</i> de saída
Difusão e selecção	Médio	Sim	Sim	Simulação do <i>buffer</i> de saída
Malha com múltiplos comprimentos de onda	Pequeno	Sim	Sim	Armazenamento partilhado
SMOP	Médio ou grande	Sim	Não	Simulação do <i>buffer</i> de saída e escalonamento
Wave-Mux	Grande	Não	Sim	Transporte escalonado de pacotes
CORD	Pequeno	Não	Não	Vários
COD	Médio ou grande	Não	Não	Auto-encaminhamento
Linha de atraso logarítmica	Médio ou grande	Não	Não	Simulação do <i>buffer</i> de saída
SLOB	Grande	Não	Sim	Simulação do <i>buffer</i> de saída



SLOB (*Switch with Large Optical Buffers*) Comutador com *buffer*s ópticos de grande tamanho

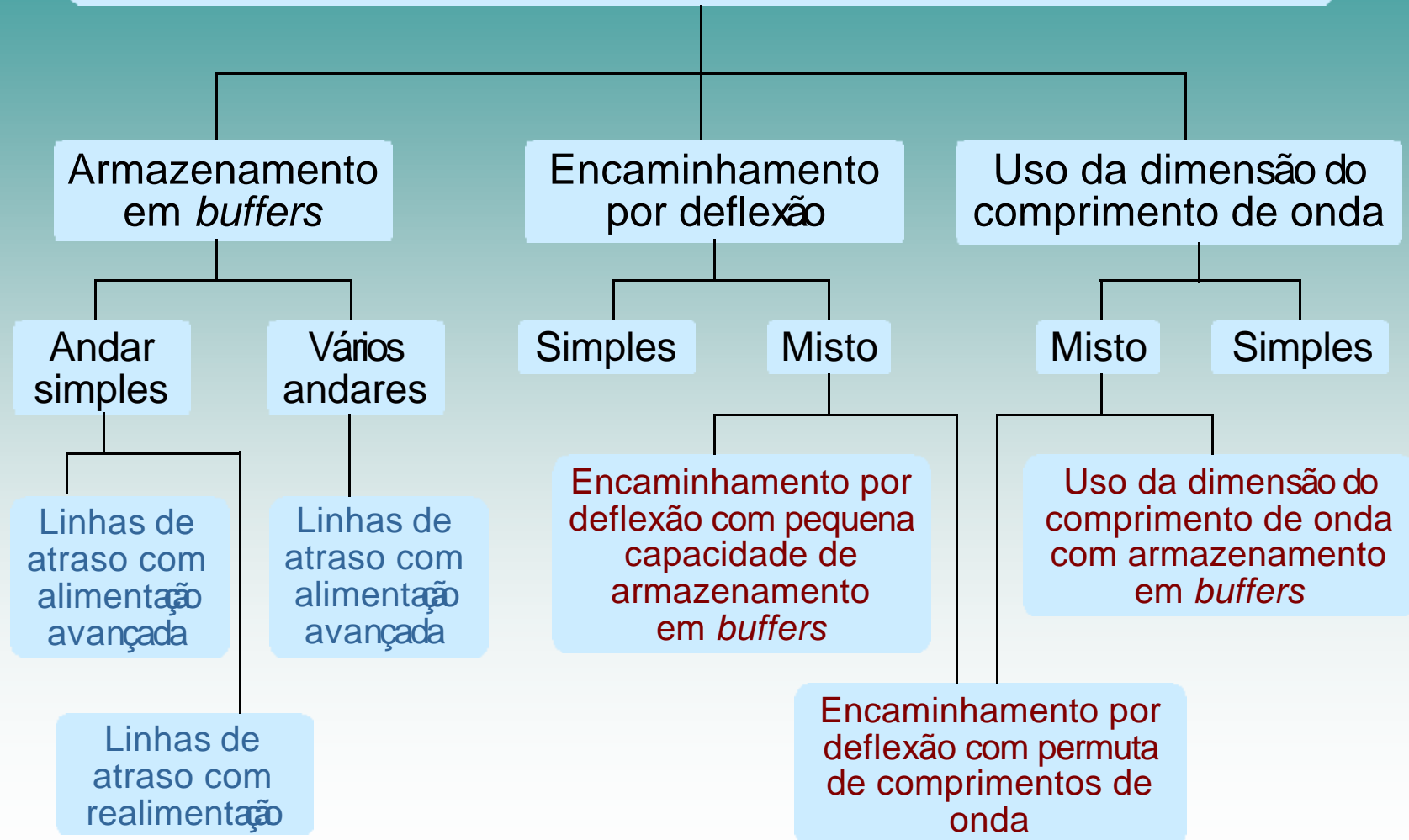
- Este comutador emula um comutador com armazenamento à saída;
- É possível construir *buffer*s com tamanhos da ordem das centenas de pacotes, pelo que, esta arquitectura é adequada para tráfego em rajada;
- Nesta arquitectura não é possível implementar esquemas de prioridade de pacotes;
- Na versão em que a arquitectura foi apresentada, o tamanho dos *buffer*s sofre uma redução acentuada à medida de que aumenta o número de entradas e saídas;

SLOB (*Switch with Large Optical Buffers*) Comutador com *buffer*s ópticos de grande tamanho

Número de entradas ou saídas	Tamanho máximo do <i>buffer</i> (pacotes)
4	65 535
6	7 775
8	4 095

- Esta forte redução surge da dificuldade em colocar em cascata os vários andares (6x6 ou 8x8) devido ao aumento das perdas do sinal e à diafonia (*crosstalk*);
- Para ultrapassar esta limitação usando a tecnologia actual, é necessário regeneração electrónica entre os andares.

Estratégias para Resolução da Congestão em Comutadores Ópticos de Pacotes

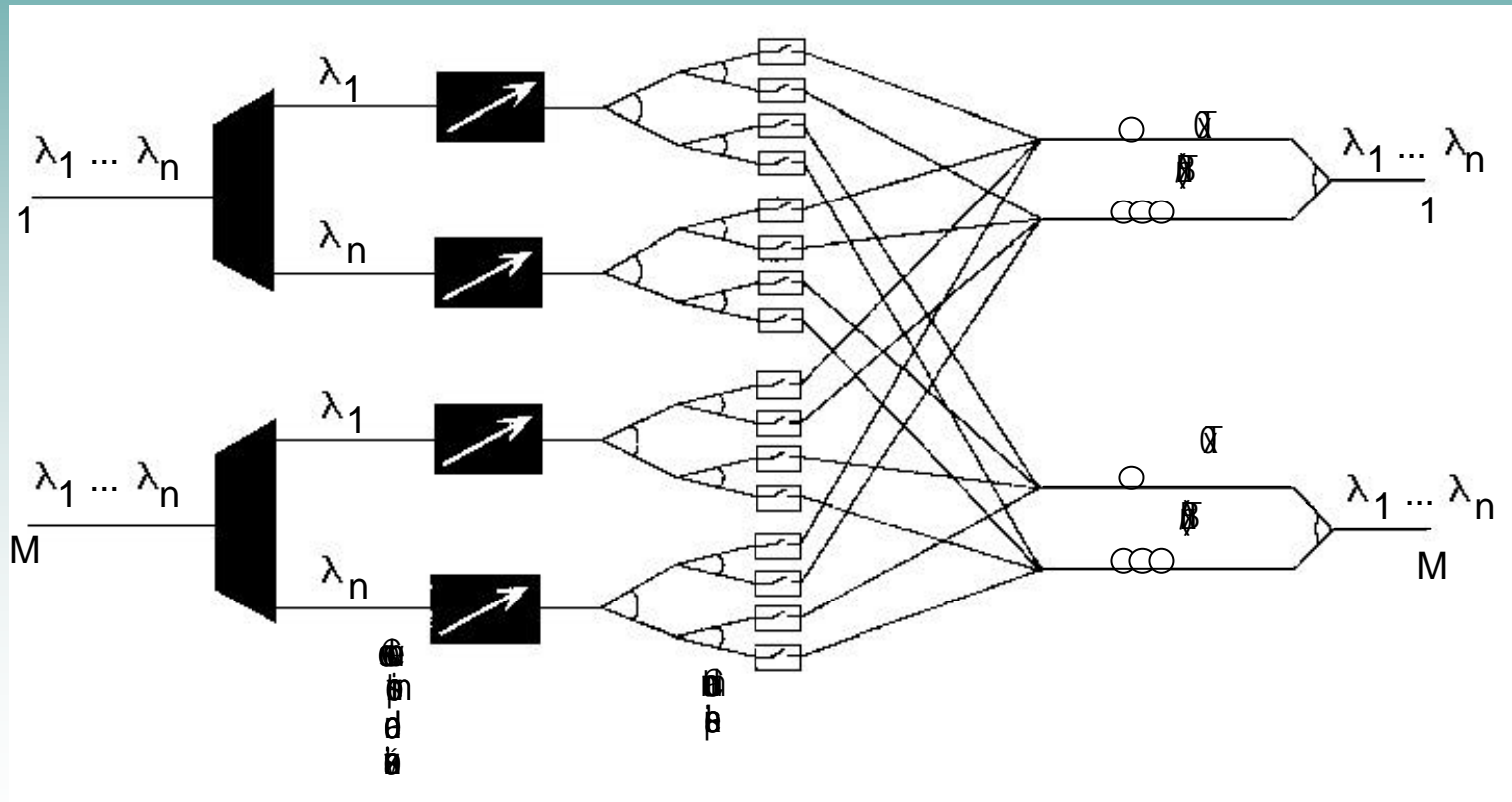




Resolução da Contenção Usando a Dimensão do Comprimento de Onda

- Nesta estratégia é explorada a dimensão do comprimento de onda através da utilização de WDM e conversores de comprimentos de onda sintonizáveis;
- Trata-se de uma estratégia bastante promissora especialmente quando combinada com a estratégia de armazenamento em *buffers*.

Arquitetura de um Comutador Óptico de Pacotes para Redes WDM

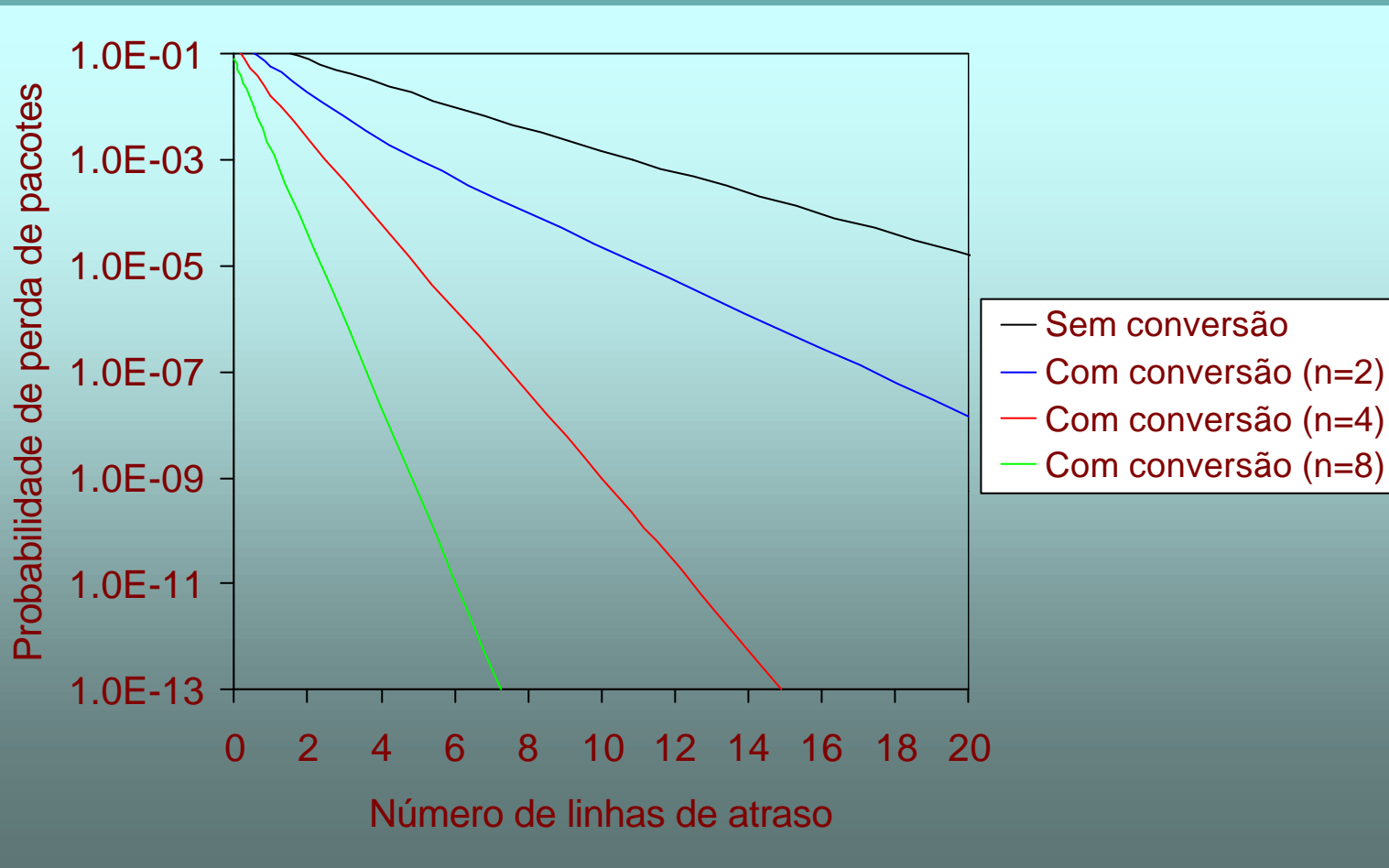




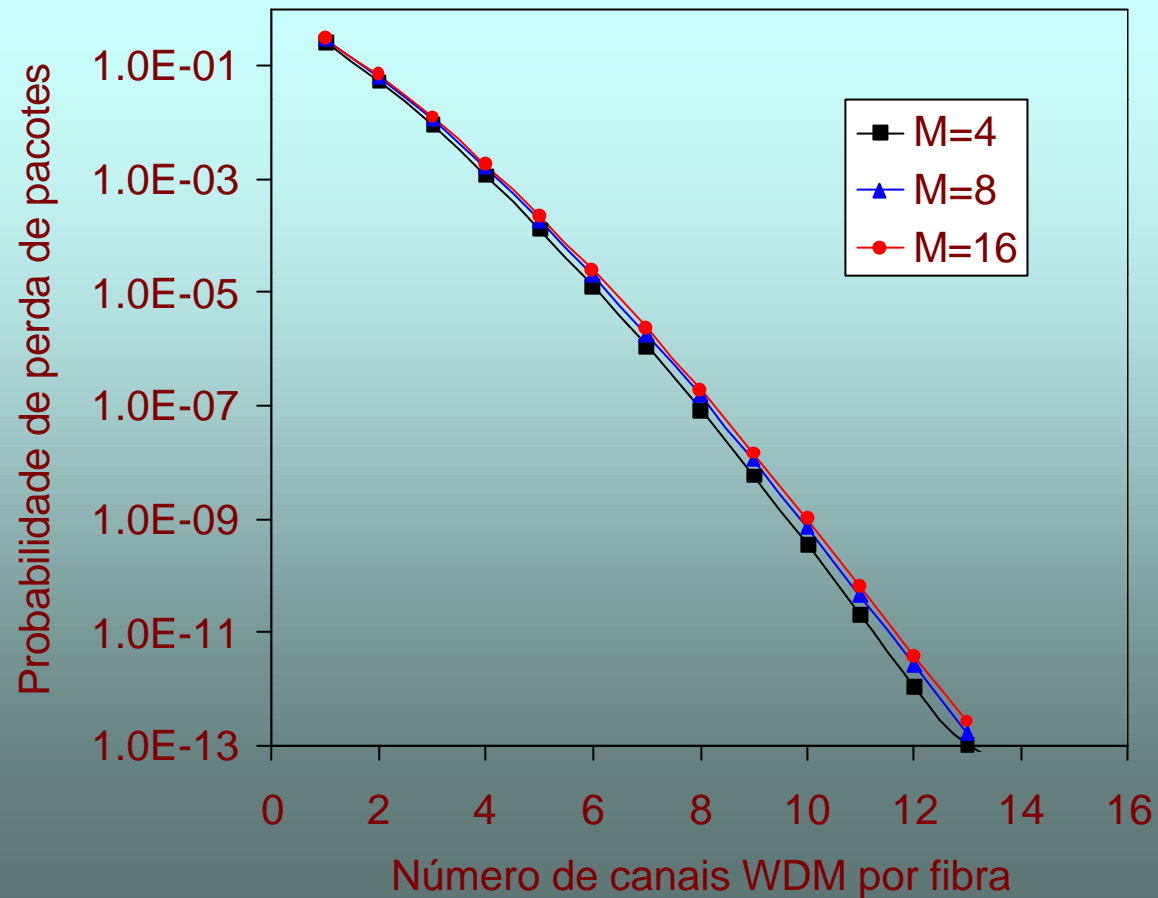
Pressupostos do Modelo de Tráfego

- Assume-se que a chegada dos pacotes é síncrona;
- Há M fibras ópticas à entrada do comutador;
- Há n canais WDM em cada uma das M fibras;
- Assume-se que a probabilidade de chegada de um pacote, num dos nM canais de entrada, é dada pela carga de canal, ρ_i , e que cada pacote destina-se a uma das saídas com igual probabilidade $1/M$;
- O processo de chegada a cada fila de espera é binomial;
- Assume-se que cada fila de espera pode armazenar B pacotes e que n pacotes podem sair da fila de espera em cada intervalo temporal (duração do pacote).

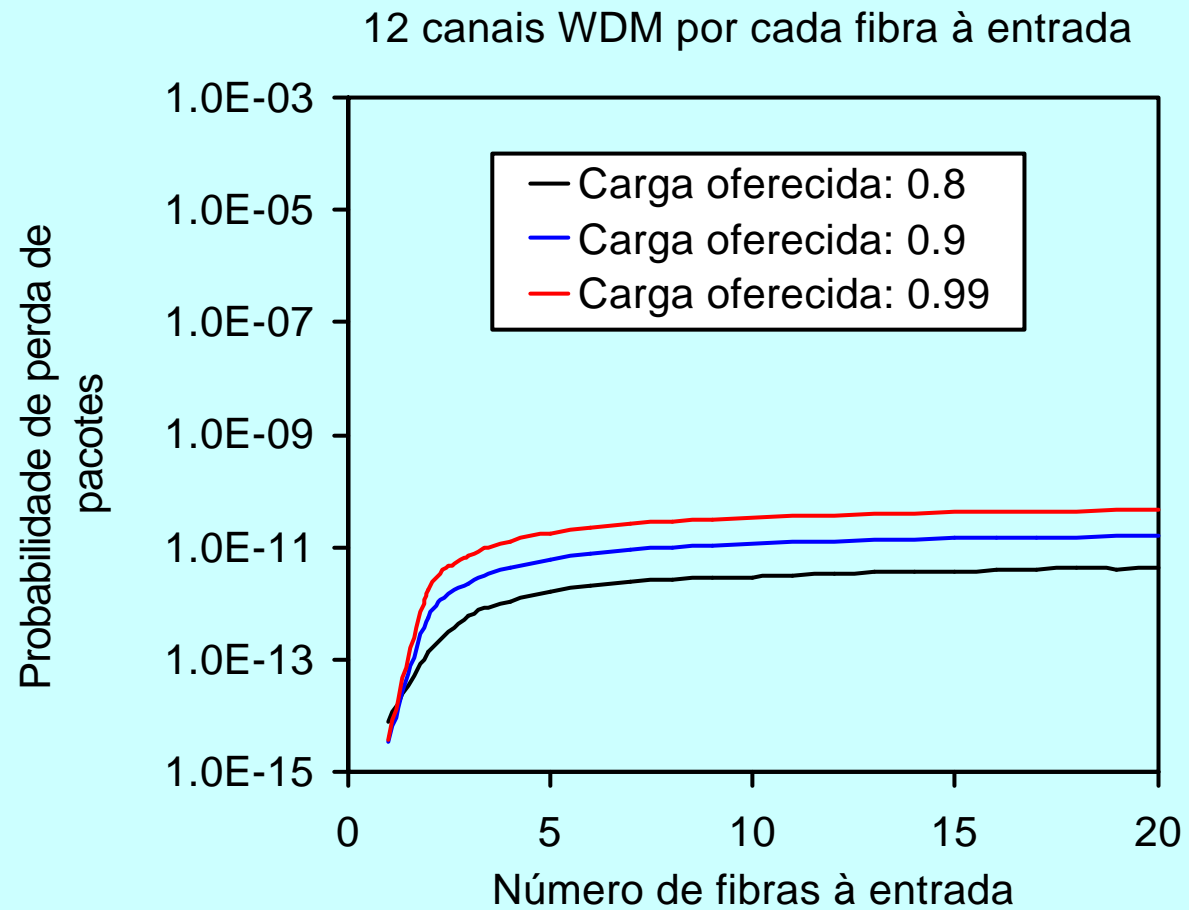
Resolução da Contenção Usando a Dimensão do Comprimento de Onda



Resolução da Contenção Usando a Dimensão do Comprimento de Onda



Resolução da Contenção Usando a Dimensão do Comprimento de Onda



Conclusões

- Foram analisadas as várias estratégias propostas para resolução da contenção em comutadores ópticos de pacotes: armazenamento em *buffers*, encaminhamento por deflexão, uso da dimensão do comprimento de onda, e combinações entre elas;
- Foi prestada particular atenção à análise da estratégia baseada no uso da dimensão do comprimento de onda, tendo-se mostrado que o recurso a esta estratégia, em certas condições, dispensa o uso de *buffers*;
- Mostrou-se que, para o caso da utilização híbrida desta estratégia com a de armazenamento em *buffers*, o uso dos conversores de comprimentos de onda sintonizáveis permite reduzir significativamente o número de linhas de atraso.