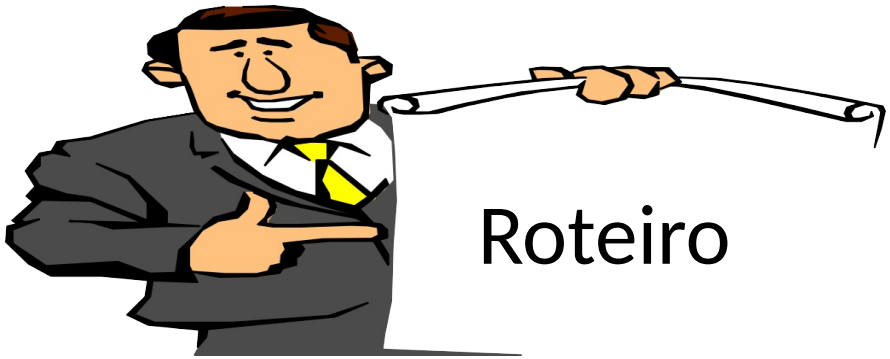
Tecnologia de Redes Complexas – uma visão a luz das aplicações, tendências e desafios

WTR Salvador

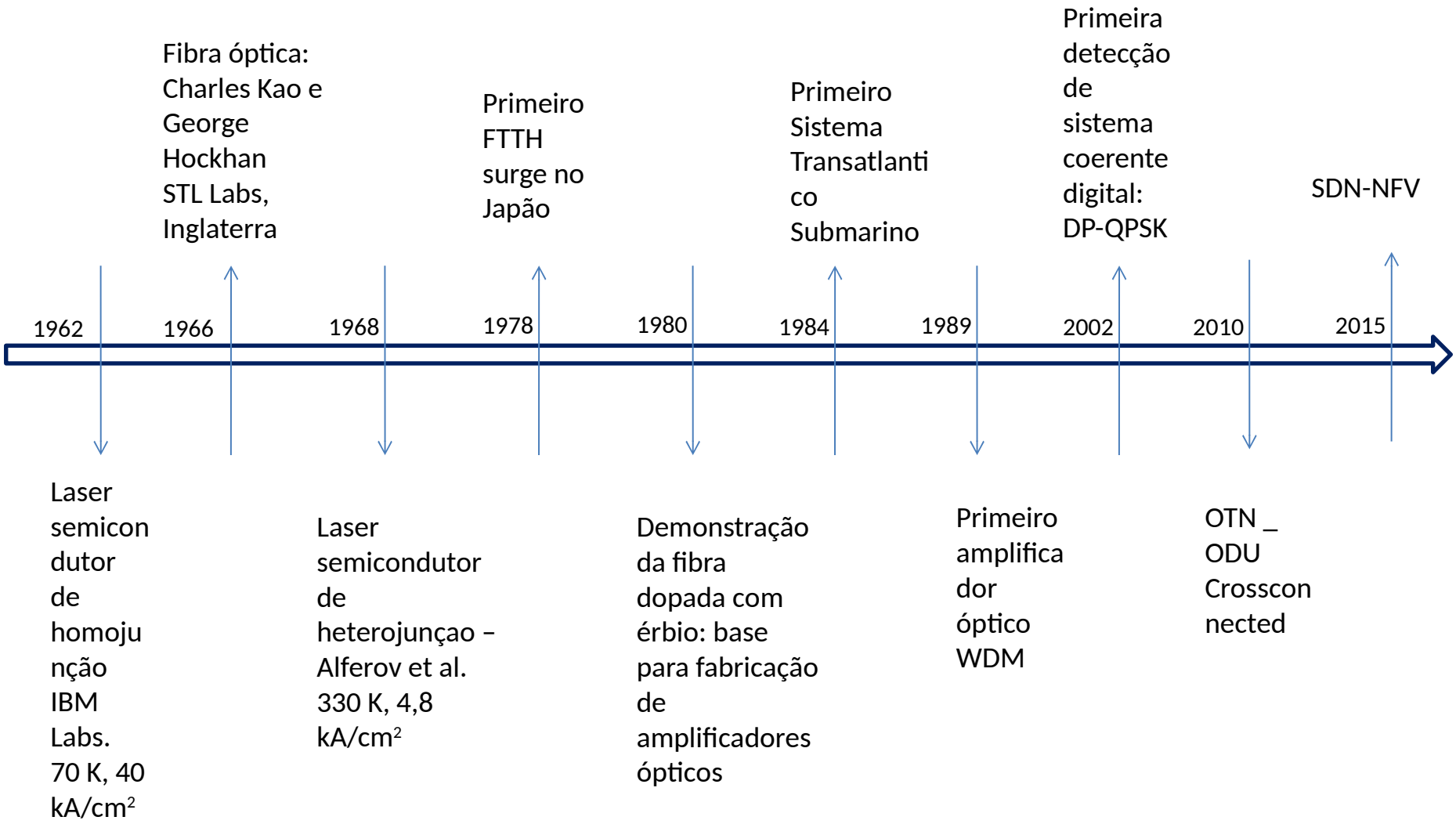
Outubro 2018



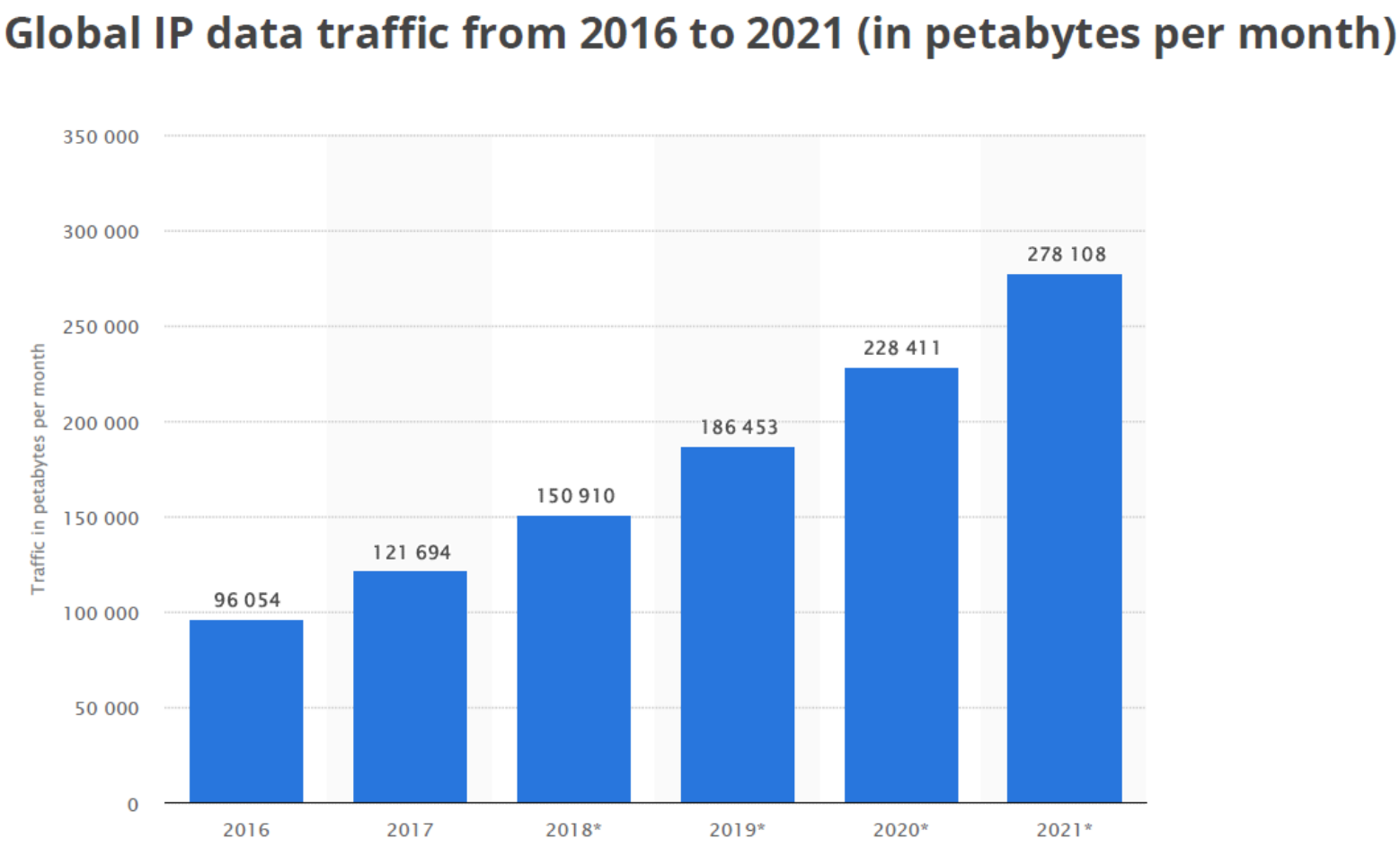
Roteiro

- Histórico
- Impulsionadores do desenvolvimento das redes
- Tecnologias para redes
  - Óptica
  - Satélite
- Tendências
- Conclusão

Um pouco de história



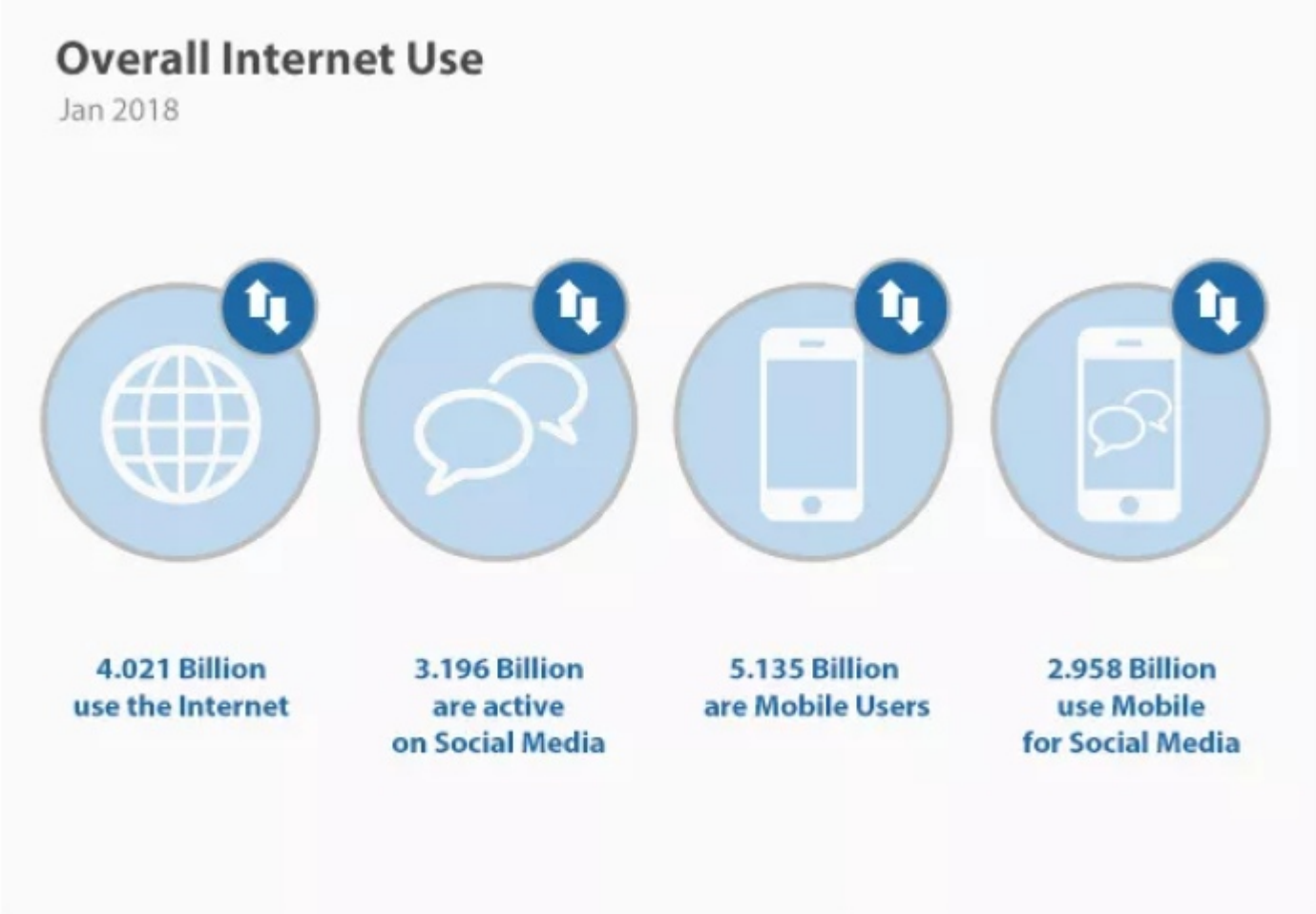
Tráfego: Sem Sinais de Redução



De onde vem a demanda?

internetsociety.org 8

Como nos conectamos?



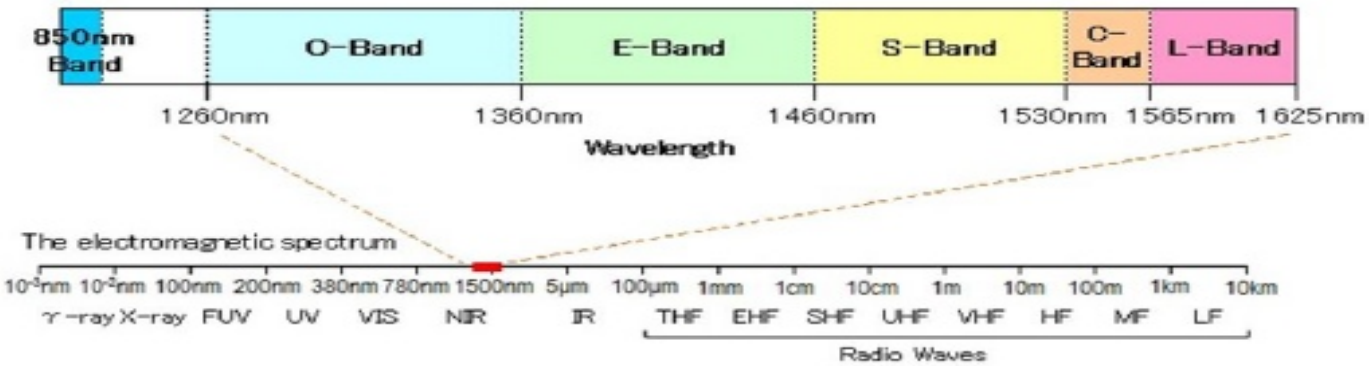
(https://www.vpnmentor.com/wp-content/uploads/2017/01/13.jpg)

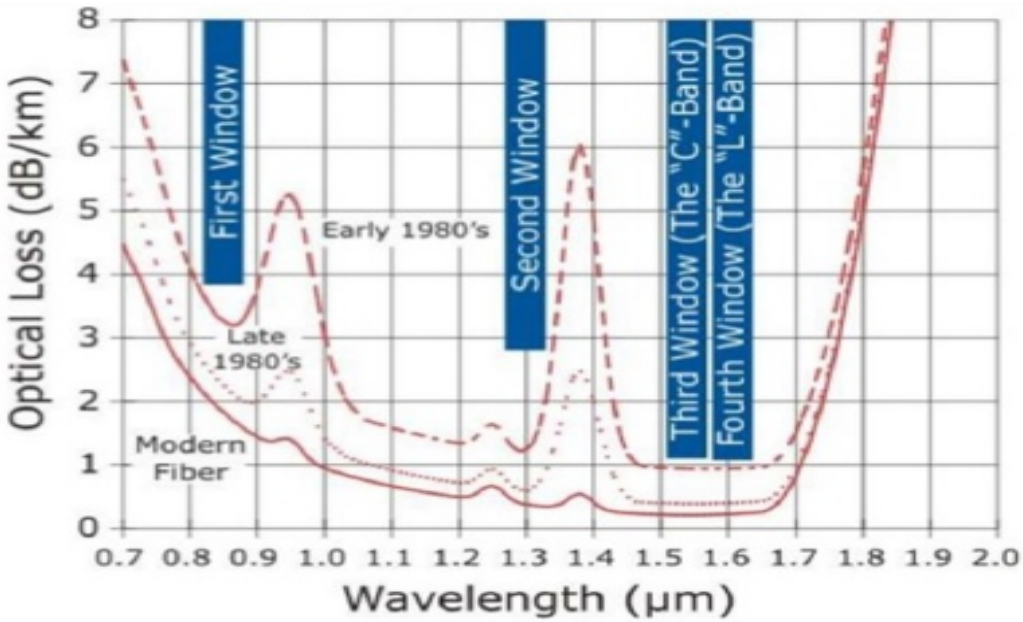
Modelo de camadas

OSI	*TCP/IP*
Aplicação	Aplicação (FTP, SMTP, HTTP etc)
Apresentação	
Sessão	
Transporte	TCP
Rede	IP
Enlace	ACESSO A REDE (ETHERNET)
Física	

Rede

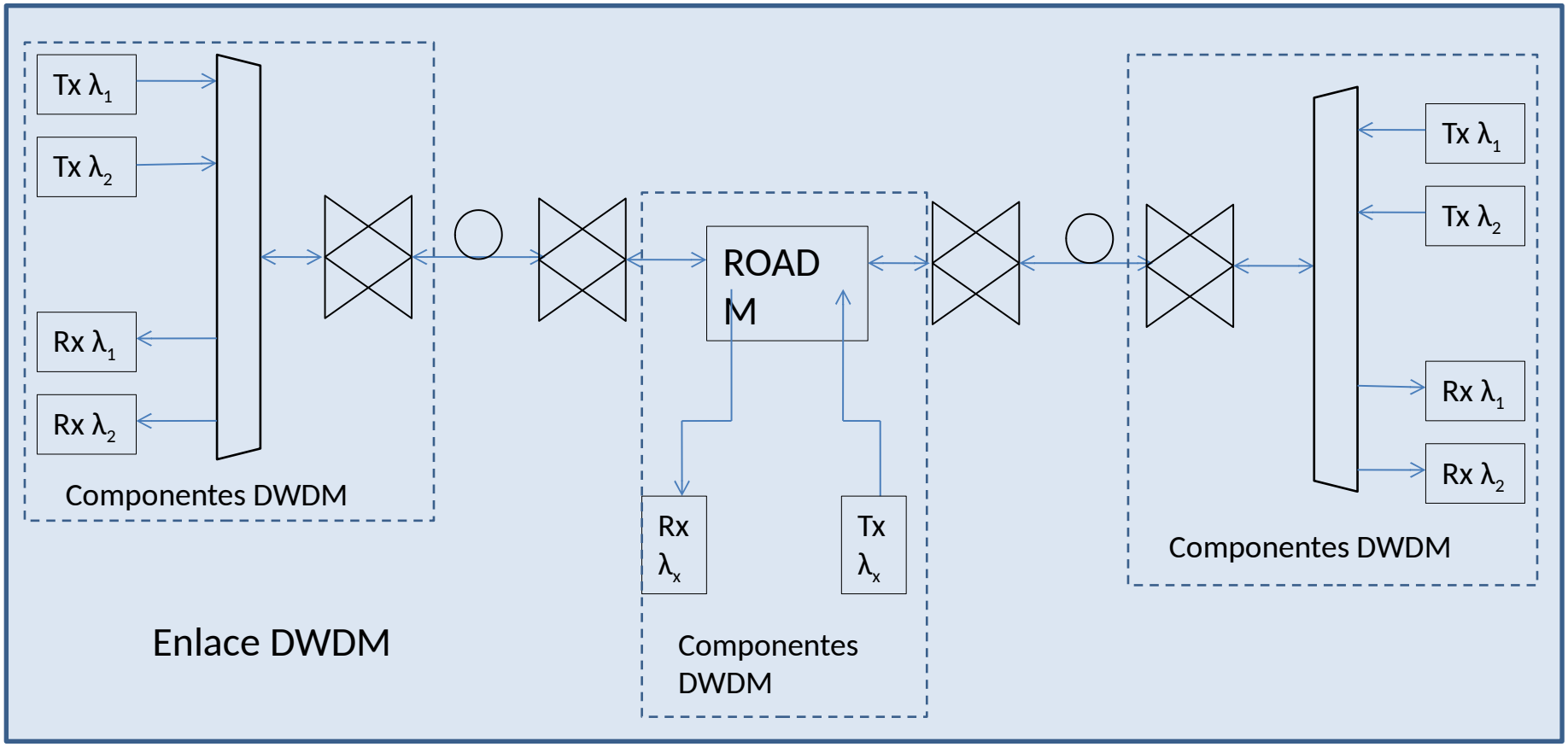
Espectro de Transmissão da Fibra





Ref: Géant Report 2016

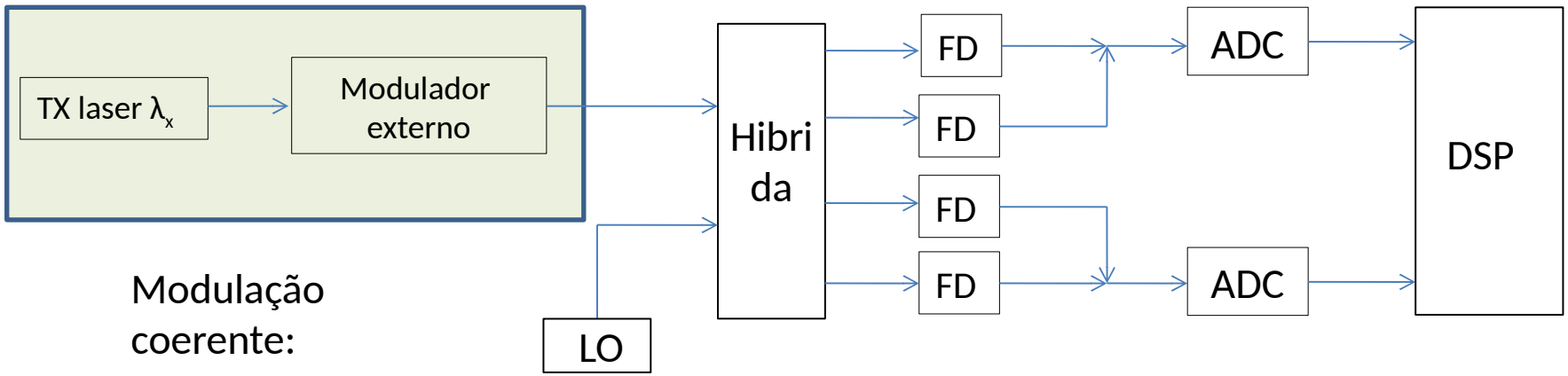
Tecnologias para rede: DWDM



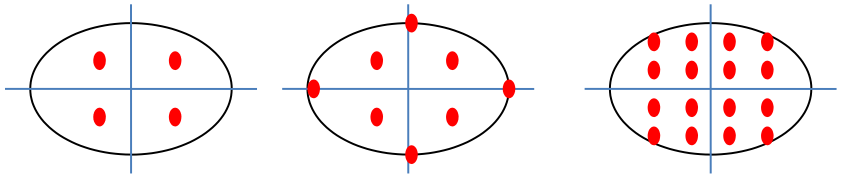
Componentes DWDM

- Transponders
  - Recepção coerente. Ênfase na eficiência espectral do formato de modulação
- Mux/Demux Ópticos
  - Componentes passivos baseados em grades de difração
- ROADM (reconfigurable add and drop multiplexers)
  - Construídos com WSS (wavelenght selective switching), amplificadores, sistema de controle
- Amplificadores Ópticos
  - Banda C e L
  - A fibra dopada com érbio
    - Boosters, pré-amplificadores, amplificadores de linha
  - Raman
    - Boosters e Pré-Ampificadores

Sistema coerente



Modulação coerente:



QPSK 8 QAM 16 QAM

Constelação por fase

DSP
- Compensação de dispersão
- Equalização da PMD
- Recuperação da portadora
- Decodificação
- Contagem de erro

Tecnologias para rede: Óptica

Modulation	QPSK	16QAM	16QAM	8QAM	QPSK	QPSK
Overall Data Rate (Gb/s)	100	400	400	400	400	400
Symbol Rate (Gbaud) with FEC	32	32	64	43	64	32
Number of sub-channels	1	2	1	2	2	4
Nyquist filtering	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Data rate per sub-channel (Gb/s)	100	200	400	200	200	100
Channel occupancy (GHz)	50	75	75	100	150	150
SE (bit/s/Hz)	2	5.33	5.33	4	2.66	2.66
Required OSNR at BER=10^{-2}	12.5	19.5	22.5	18.5	13.4	12.5
Maximum transmission reach* (km)	~2000	~400	~200	~500	~600	~2000
HW implementation penalty		++	+++	+++	++	+

Table 1 Constraints and challenges for 400G WDM.

Note: G.652 fiber, EDFA only, constant NLE with respect to 100G QPSK.

Tecnologias para Redes: satélite ?

- ✓ *Sistemas de comunicações por satélites passam por uma revolução tecnológica*
  - Lançadores reutilizáveis
  - Satélites menores, mais leves e de maior capacidade
  - Maior banda passante
  - Redução da latência
    - Novas órbitas

- ✓ *Capazes de cobrir extensas áreas*
  - Podem levar internet de banda larga a localidades remotas
  - Compatíveis com a mobilidade do receptor
  - Precisam demonstrar custos menores nos serviços ofertados

- ✓ *Nova geração*
  - Pequenos e leves
  - Operam em constelações
  - Ocupam órbitas baixas
  - Serviços a preços competitivos com a tecnologia óptica

Tecnologias para Redes: satélite ?

Faixas orbitais mais Comerciais		
Nome	Inicais	Altitude em km
Baixa orbita terrestre: low earth orbit	LEO	200 a 1200
Órbita méda. Medium Earth Orbit	MEO	1200 a 36.000
Geoestacionário	GEO	36000

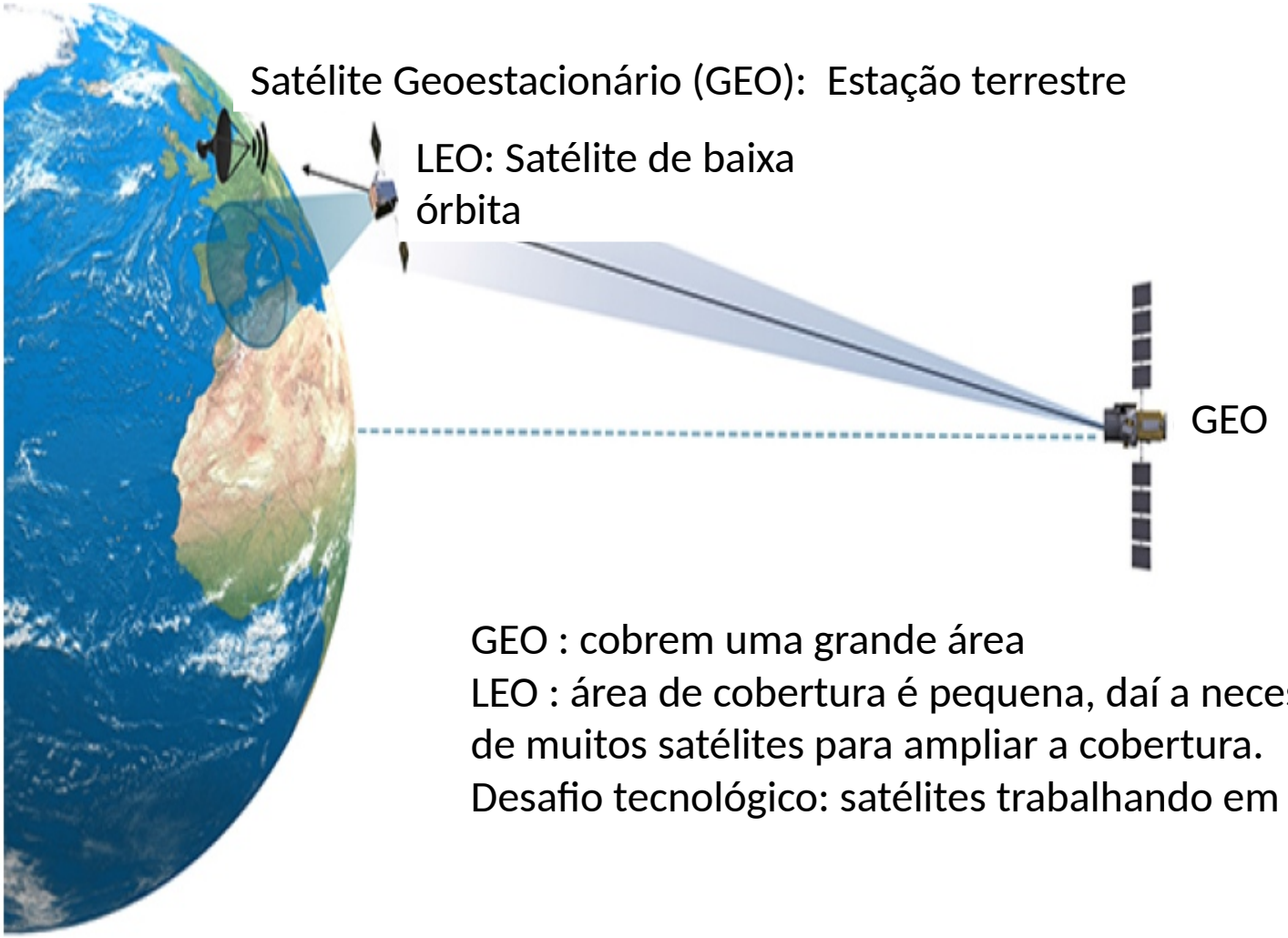
Ruptura: LEO com lançadores reutilizáveis e baixo custo do satélite.
Expectativa é de em 2 a 4 anos haja internet com banda larga e baixa latência provida por constelações de LEOS.
Competição direta com as redes ópticas de acesso bem como com as redes móveis (5 G)

Tecnologias para Redes: satélite? Um caminho possível.

Satélites de baixa órbita

- Em 1990 Craig McCow, pioneiro em telefonia celular fundou a Teledesic com objetivo de construir uma rede de satélites de baixa órbita. Mesmo financiado por bilionários como Bill Gates e Al-Waleed, príncipe saudita, a empresa fracassou devido ao custo da tecnologia.
- Cobertura de grandes áreas requer um elevado número de satélites.
- Foco na redução do custo dos lançadores: atual corrida espacial.
- Tecnologia atual visa oferta de banda elevada e baixa latência para serviços de internet em locais remotos onde redes de fibra não são viáveis.
- SpaceX planeja lançar uma constelação de 4400 satélites.
- Oneweb planeja uma constelação de 2000 satélites.
- Custo estimado por satélite (satélite + lançamento) de US$ 300 mil.

Tecnologias para Redes: satélite ?

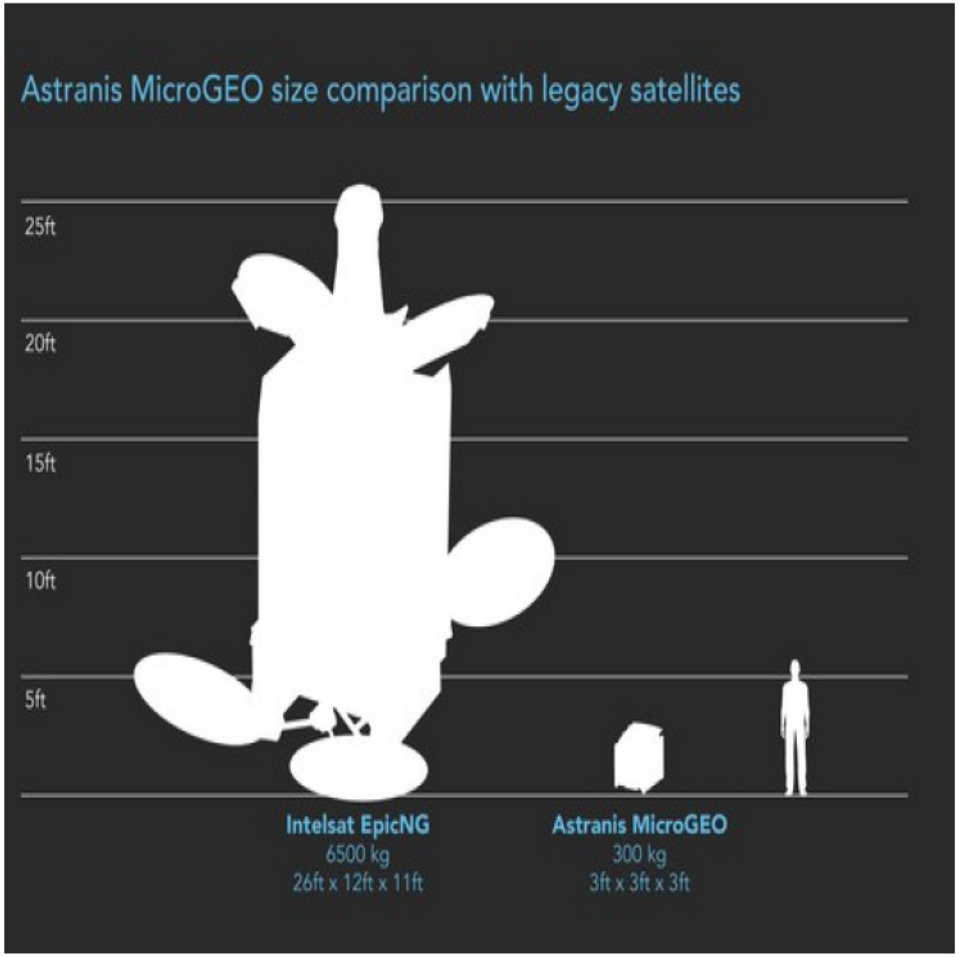


GEO : cobrem uma grande área
LEO : área de cobertura é pequena, daí a necessidade de muitos satélites para ampliar a cobertura.
Desafio tecnológico: satélites trabalhando em rede

Tecnologias para Redes: satélite ?

Novos satélites, de baixa órbita, são do tamanho de uma geladeira média enquanto os geoestacionários são do tamanho de um ônibus. Satélites geoestacionários custam centenas de milhões de dólares enquanto satélites de baixa órbita custam milhões de dólares. (www.astranis.com)

Tecnologias para Redes: satélite ?



Tecnologia de Rede

Comparação		
	Comunicações Ópticas	***Comunicações por Satélite LEO***
Capacidade	**Tb/s**	Gb/s
Latência	**ms a dezenas de ms**	maior que dezenas de ms
Operação	**simples**	complexa
Cobertura	pequena	**média a grande**
Mobilidade	pequena	**média a grande**
Investimento	**baixo**	elevado
Manutenção	**simples**	complexa
Tempo de vida	**25 a 30 anos**	maximo de 10 anos
Resposta a demanda	**rápida**	demorada
Compatibilidade entre gerações de equipamentos	**ampla**	muito pequena
Acesso a tecnologia	**sem restrição com vários fornecedores**	restrito com poucos fornecedores

Tendências em redes

Histórico de Mudanças de Paradigmas em Redes

- 1980: Ethernet
- 1990: Redes ATM
- 2000: Redes Ópticas
- 2005: Redes sem fio
- 2010: Internet da próxima geração / SDN
- 2013: Computação Multi-Cloud
- 2018: O que quer que esteja em evidência este ano, por exemplo a softwarização da rede

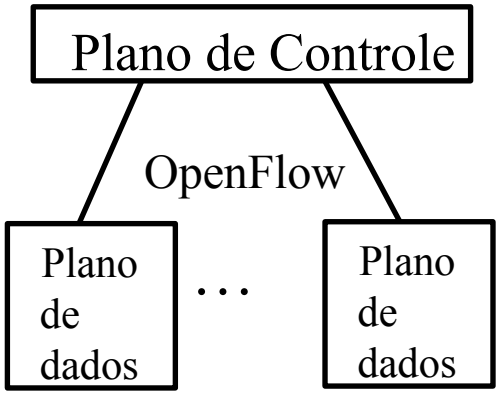
Tendências em redes

- Network softwarization
  - Revolução na forma de projetar e operar as infraestruturas computacionais e de telecomunicações.
  - SDN e NFV são expressões da softwarização de redes
    - SDN: tornar as redes programáveis abre espaço para inovação e resulta em elevada capacidade de resposta, segurança, eficiência e redução de custos
  - NFV: substitui equipamentos balanceadores de carga, firewall, sistemas de detecção de invasão e sistemas de sinalização por softwares executados em HW comoditizados

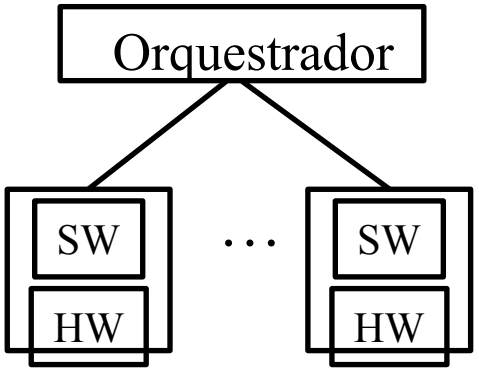
Custo e complexidade da rede serão reduzidos drasticamente.

SDN -> Desagregação

- SDN proposto em 2009
- SDN:
  - Separação do Controle e do plano de Dados
  - Centralização do controle
  - Padrões de Protocolos entre os planos

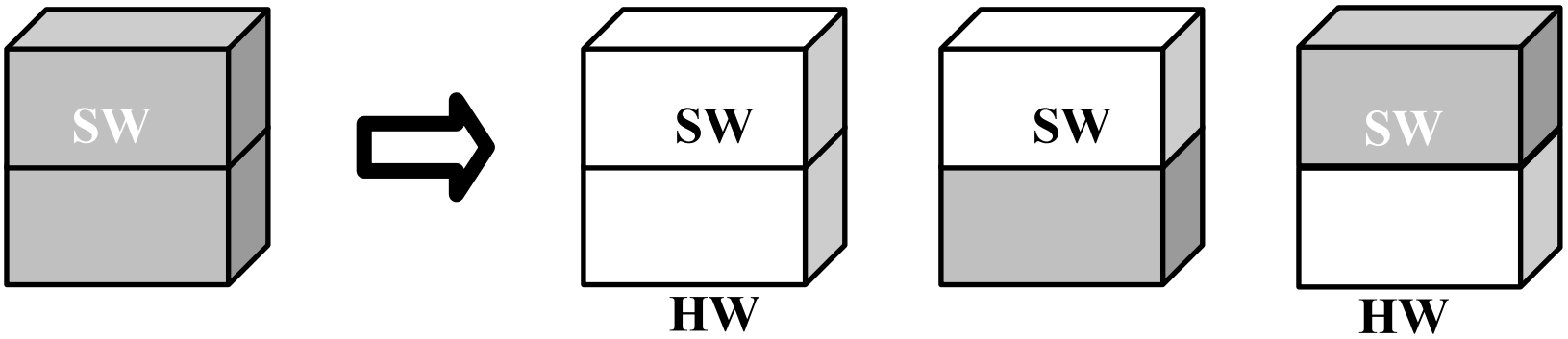


- ✓ Hoje:
  - Software Defined = **Desagregação** de HW/SW
  - Hardware é commodity
  - Software em HW comoditizado
  - Protocolos Legados devem permanecer vivos



Ref: D. M Batista, G. Blair, F. Kon, R. Boutaba, D. Hutchison, R. Jain, R. Ramjee, C. Rothenberg, "Perspectives on software-defined networks: interviews with five leading scientists from the networking community" Journal of Internet Services and Applications 2015, 6:22, http://www.cse.wustl.edu/~jain/papers/jisa15.htm

SDN: desagregação



HW e SW Proprietários

SW aberto em HW comercial

SW comercial em HW aberto

Do Controle às Políticas de Orquestração

Separação e Centralização do Plano de Controle

Políticas de Orquestração

http://www.cse.wustl.edu/~jain/talks/netsoft.htm

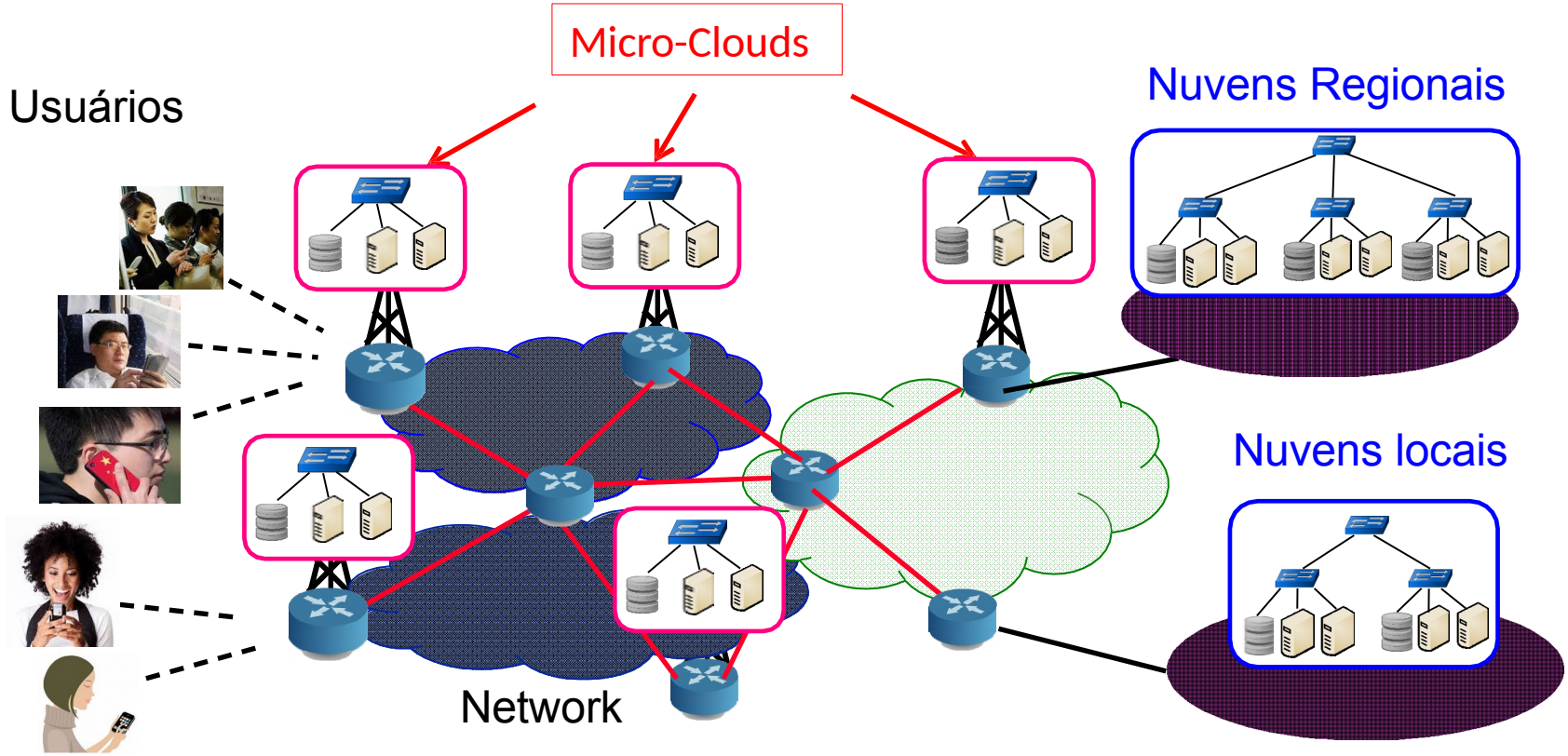
De Nuvens para Micro Nuvens

- Computação em nuvem foi proposta em 2006
- Nuvem = Grandes Data Centers
  Múltiplas VMs controladas por um sistema de gerência em nuvem (OpenStack)

- Cloud = Computação usando recursos virtuais
  - Cloud = nuvem em um servidor com múltiplas VMs.
  - VMs gerenciada por SE de gerenciamento em nuvem, e.g., OpenStack

Processamento do núcleo para a borda

Serviços Móveis e IoT empurram a computação para a borda

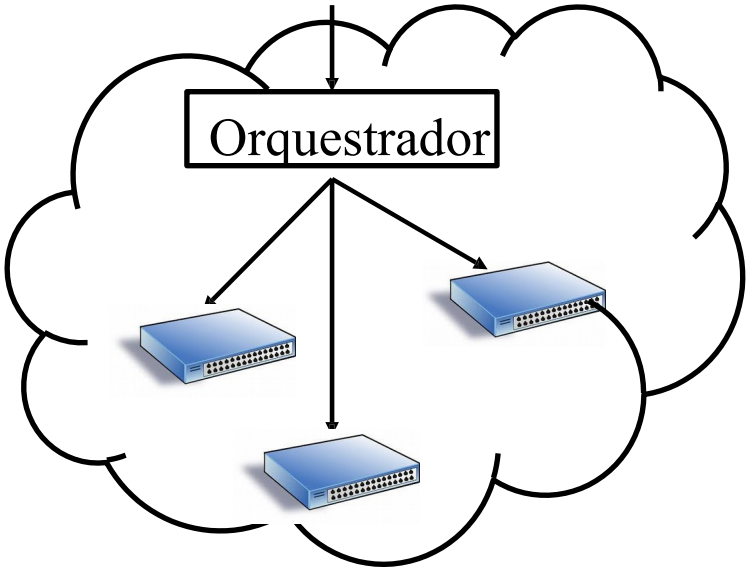


Ref: Lav Gupta, Raj Jain, H. Anthony Chan, "Mobile Edge Computing - an important ingredient of 5G Networks," IEEE Softwarization Newsletter, March 2016, http://www.cse.wustl.edu/~jain/papers/mec16.htm

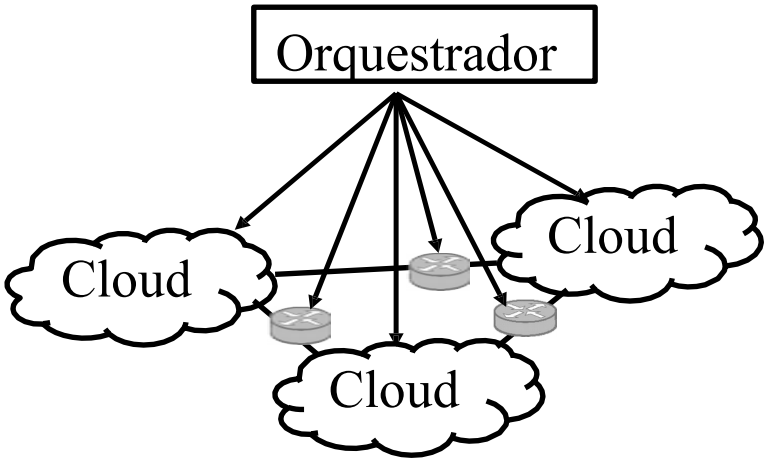
Orquestração de nuvens

Da orquestração de dispositivos para orquestração de nuvens: Global Applications

Aplicações em Datacenters



Aplicações Globais



Ref: Subharthi Paul, Raj Jain, Mohammed Samaka, Jianli Pan, "Application Delivery in Multi-Cloud Environments using Software Defined Networking," Computer Networks Special Issue on cloud networking and communications, December 2013, http://www.cse.wustl.edu/~jain/papers/comnet14.htm

http://www.cse.wustl.edu/~jain/talks/netsoft.htm

Outras tendências

- ✓ Virtualização e conteinerização
  - Kata Conteiners
- ✓ Padrões para Open Sources
- ✓ Blockchains
- ✓ Centralizar x Distribuir

Conclusões

- Desempenho das redes de comunicações foi fortemente impactado pelas comunicações ópticas.
- Há um substancial esforço para disponibilizar internet por satélite a custo baixo e com elevado desempenho.
- SDN e NFV tem se mostrado relevante na implementação de redes flexíveis com redução de custos.
- Softwarização das redes deve revolucionar o projeto e a operação das redes de telecomunicações.
- As tendências de evolução tecnológica apontam para sistemas descentralizados