

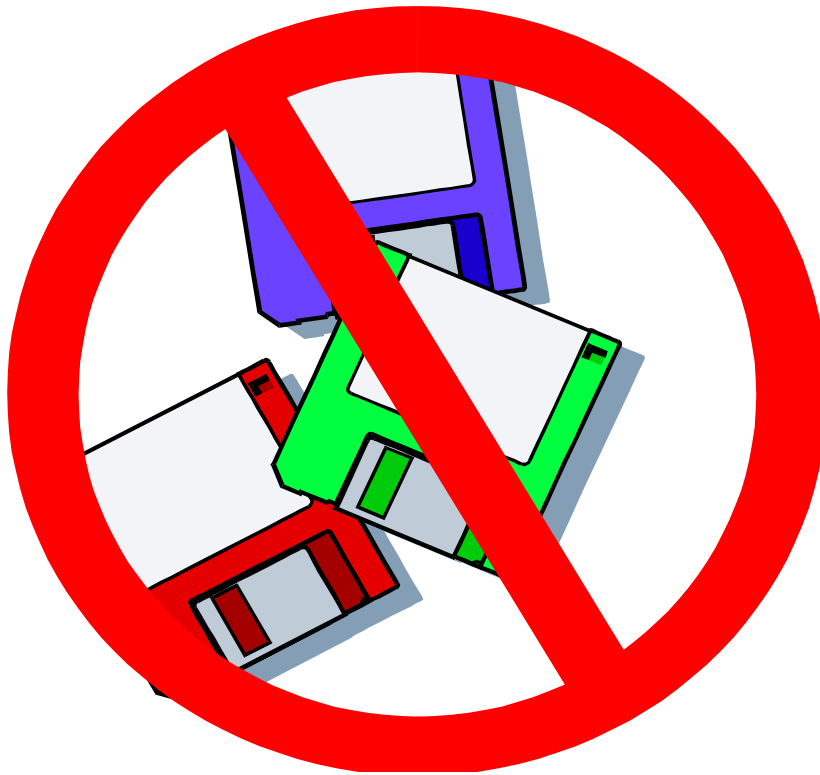
# Guia Dielétrico: Fibra Óptica

SEL413 Telecomunicações

Amílcar Careli César  
Departamento de Engenharia Elétrica da EESC-USP

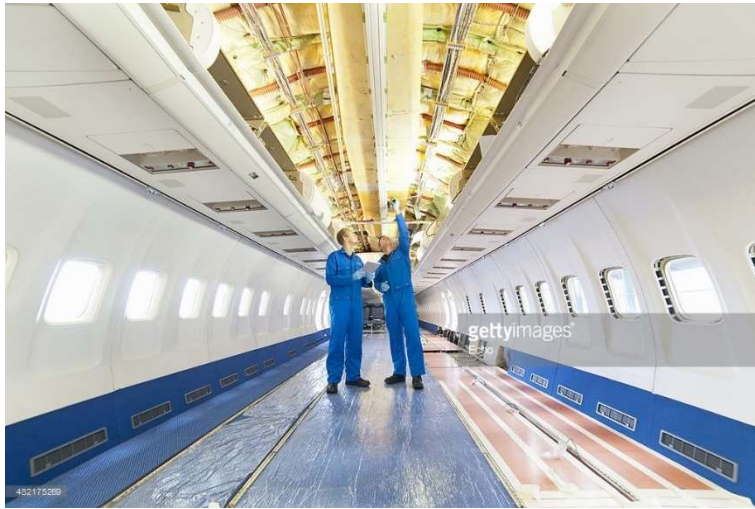
# Atenção!

---



- ✓ Este material didático é planejado para servir de apoio às aulas de **SEL-413: Telecomunicações**, oferecida aos alunos regularmente matriculados no curso de engenharia aeronáutica.
- ✓ Não são permitidas a reprodução e/ou comercialização do material.
- ✓ solicitar autorização ao docente para qualquer tipo de uso distinto daquele para o qual foi planejado.

# Cobre, fibra óptica e LED em aeronaves



<http://www.gettyimages.com/license/482175269>

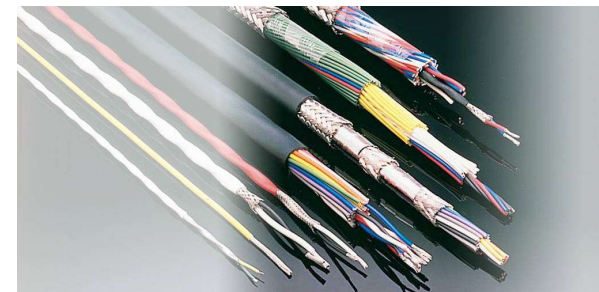


[www.swiss-aviation-training.com/en/training/electrical-wiring-interconnection-system-e-learning](http://www.swiss-aviation-training.com/en/training/electrical-wiring-interconnection-system-e-learning)



Fibra óptica e LED

<http://www.us.schott.com/english/news/press.html?NID=us588>

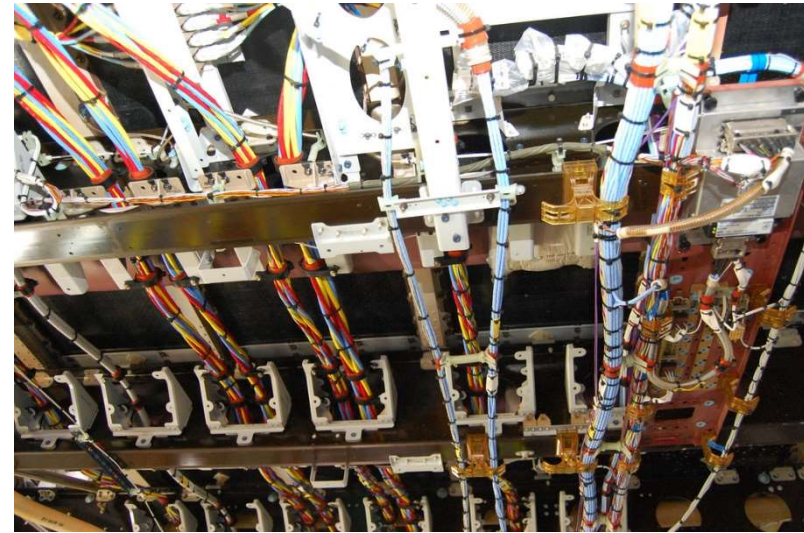




# A380: Fiação e equipamento de testes



Airbus A380: Deck superior e fiação de teto



Airbus A380: Fiação de teto



Airbus A380:  
Equipamento de  
testes de voo

Airbus A380: Deck inferior e equipamentos de testes  
<http://it-spots.de/category/verkehr/luft-2/>





# Fibra óptica em aeronaves

Aircraft Family	A320	A330/A340	A380	A350
Cockpit Display System (CDS)			●	
Large displays (under development)				●
Head-Up Display (HUD)	●	●	●	●
On-board Airport Navigation System (OANS)	●	●	●	●
Taxi Aid Camera System (TACS)		●	●	●
Concentrator Multiplexing Video			●	
Network Server System/On-board Information System (NSS/OIS)				●
Cabin Video Monitoring System (CVMS)			●	
Cockpit Door Surveillance System (CDSS)			●	
In-Flight Entertainment (IFE)		●	●	●

Aircraft Family	A330/A340	A380
optical cable length (option dependent)	565 m	2.4 km

Ref.: [www.airbus.com/support/publications/?eID=dam\\_frontend\\_push&docID=17475](http://www.airbus.com/support/publications/?eID=dam_frontend_push&docID=17475)

# Fibra óptica para aviação

Item #	Item Name Fiber Optic Cable	Fiber Core Diameter	Cladding Diameter	Minimum Bend Radius Operating
<u>C24771</u>	µlinx Single-Mode Tether	N/A	125 µm	8 mm
<u>C26491</u>	µlinx 50 µm Tether	50 µm	125 µm	8 mm
<u>C25927</u>	µlinx 62.5 µm Tether	62.5 µm	125 µm	8 mm
<u>C60697</u>	µlinx Single-Mode Avionics	N/A	125 µm	8 mm
<u>C26490</u>	µlinx 50 µm Avionics	50 µm	125 µm	8 mm
<u>C25821</u>	µlinx 62.5 µm Avionics	62.5 µm	125 µm	8 mm

**OFS Optics:** <http://fiber-optic-catalog.ofsoptics.com/viewitems/avionics-grade-fiber-optic-cables/0-8-mm-od-fiber-optic-cable>

# Fibra óptica em aviação: exemplo 1

---



SCHOTT® HelioLine: Contour Illumination. Fibra óptica de emissão lateral.  
[www.us.schott.com/aviation/english/productsapplications/videos.html](http://www.us.schott.com/aviation/english/productsapplications/videos.html)



## Fibra óptica em aviação: exemplo 2

---



SCHOTT® HelioStar: Star Ceiling. Luz guiada por fibra óptica. Emissão na terminação. Simulação de parte do céu estrelado.

[www.us.schott.com/aviation/english/productsapplications/videos.html](http://www.us.schott.com/aviation/english/productsapplications/videos.html)

# Fibra óptica em aviação: exemplo 3

---



SCHOTT® HelioFlex: Fiber Optic Cabin Illumination  
[www.us.schott.com/aviation/english/productsapplications/videos.html](http://www.us.schott.com/aviation/english/productsapplications/videos.html)

# Sensores ópticos: teste estrutural

---



FBGS: Optical strain gauges based on Draw Tower Grating technology

Medida de deformação, esforço, tensão:  $>10000 \mu\text{m/m}$

Longa distância:  $>20\text{km}$

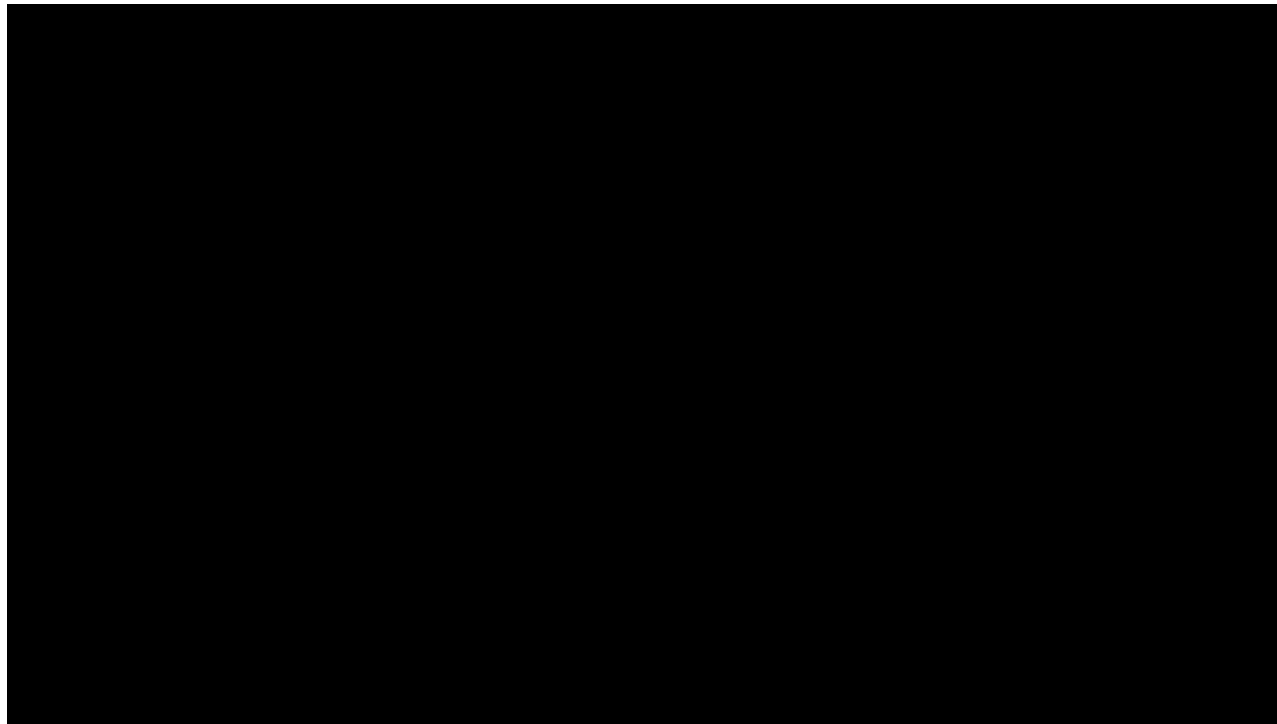
Associação de sensores: 20

<http://www.fbgs.com/referenciasadv/be-en/9/detail/item/15/page/1/navigationcats/14/>



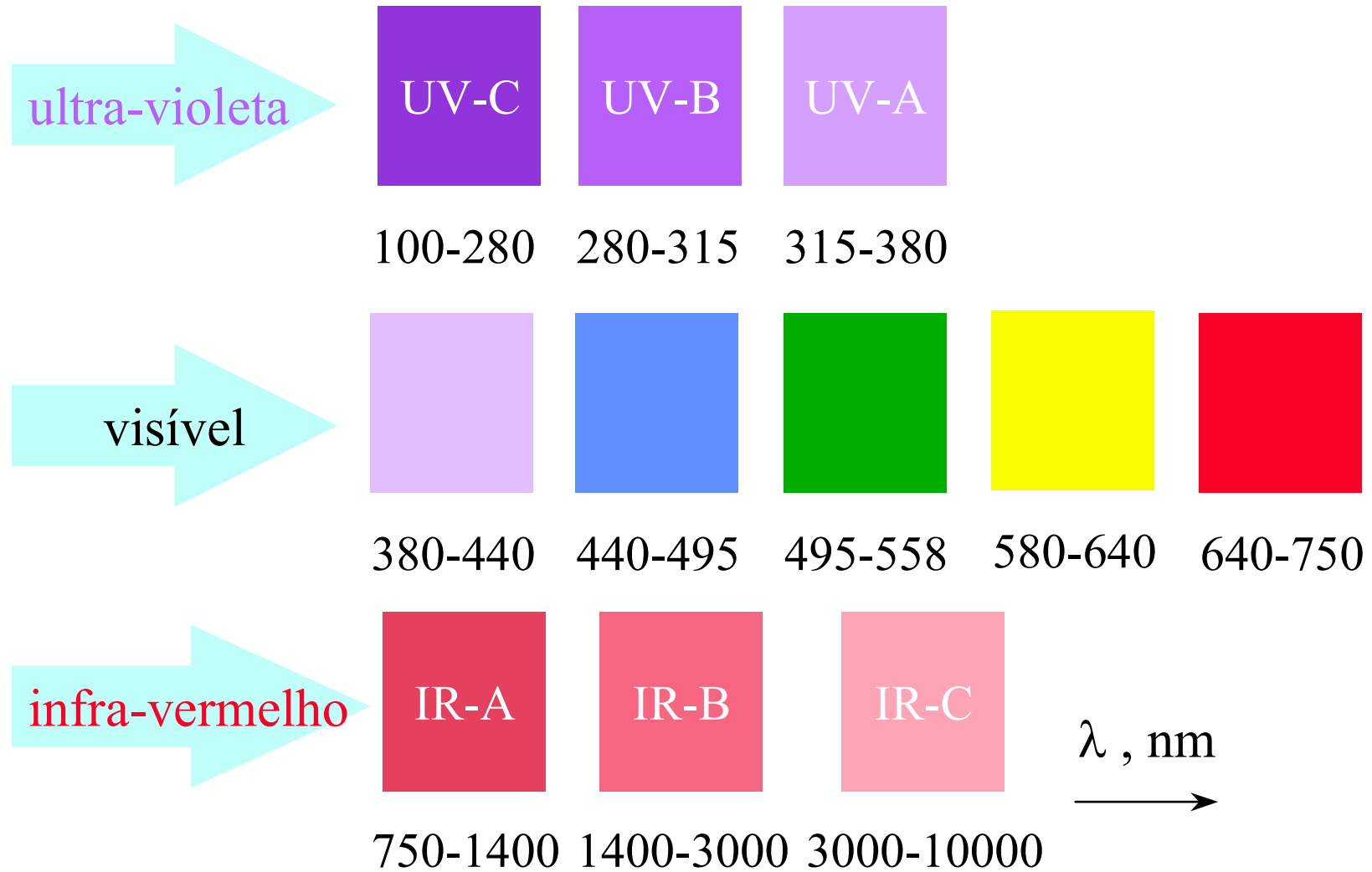
# Fibra óptica: indústria automotiva

---

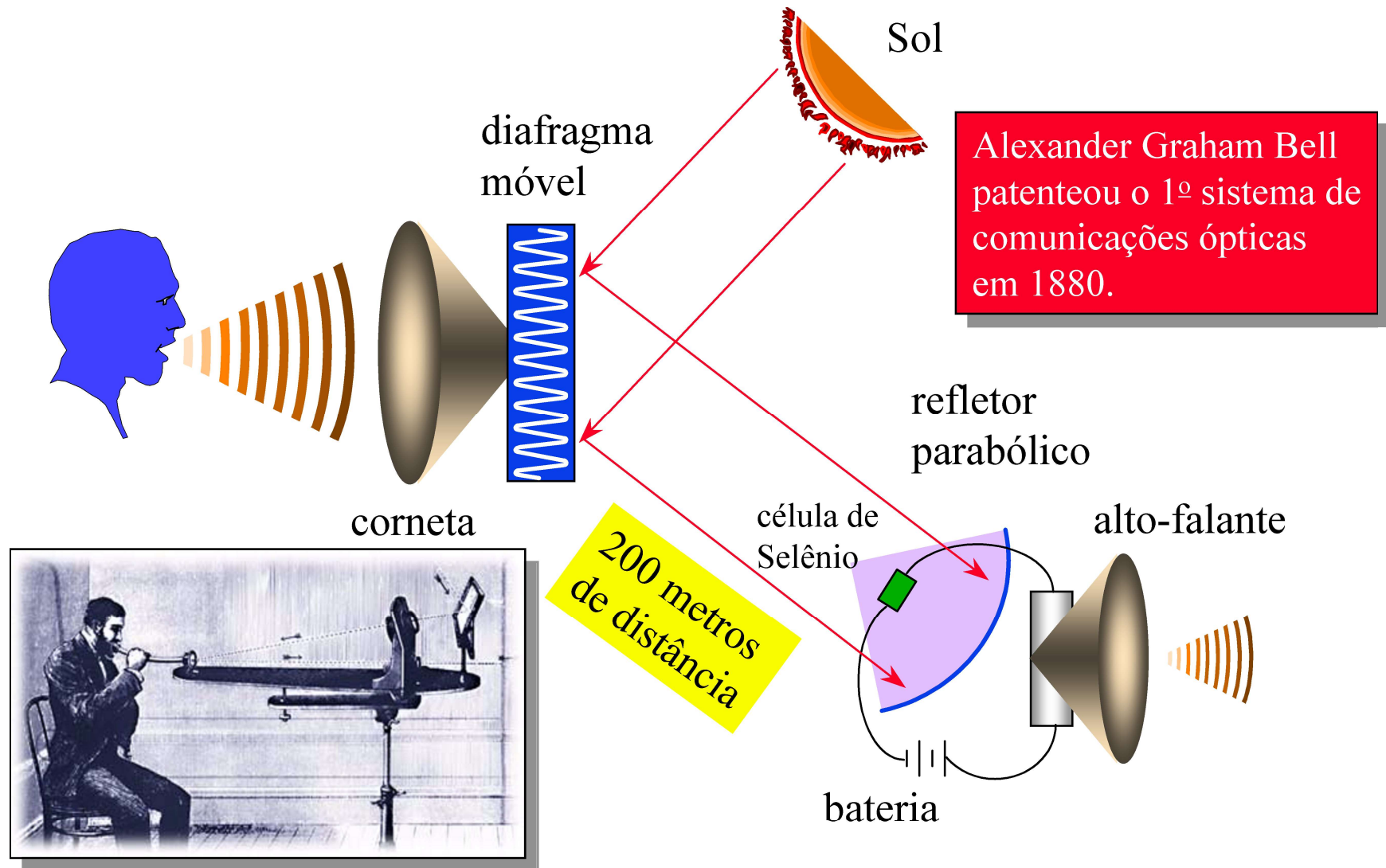


<http://www.us.schott.com/lightingimaging/english/automotive/video.html>

# UV-Visível-IR



# Fotofone de Graham Bell





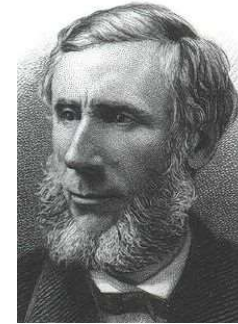
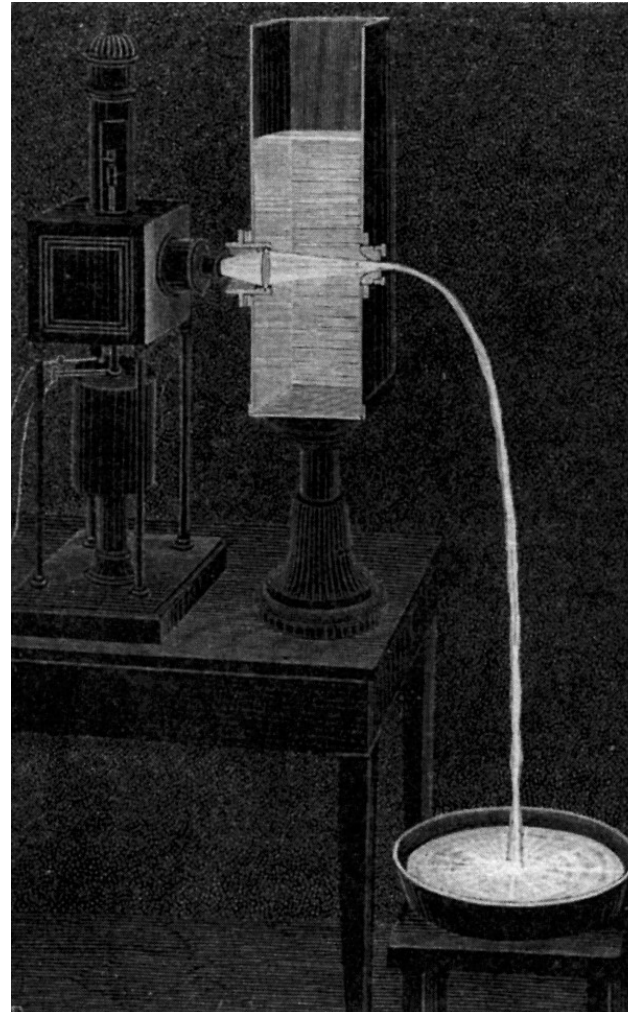
# Guiamento de luz por meio dielétrico

---

✓ Daniel Collodon e Jacques Babinet em 1840

✓ John Tyndall repetiu a experiência e a popularizou em 1854

✓ D. Hondros e P. Debye desenvolveram a teoria de guias dielétricos em 1910



John Tyndall  
2 agosto 1820  
4 dezembro 1893  
County Carlow,  
Irlanda

Jean-Daniel Colladon  
15 Dezembro 1802  
30 Junho 1893  
Genebra, Suíça



Jacques Babinet  
5 Março 1794  
21 outubro 1872  
França

---

[http://en.wikipedia.org/wiki/Optical\\_fiber](http://en.wikipedia.org/wiki/Optical_fiber) ; [www.i-fiberoptics.com/educ/Tyndall.pdf](http://www.i-fiberoptics.com/educ/Tyndall.pdf)

# Fibra óptica: panorama (Corning Inc.)

---

---

[https://www.youtube.com/watch?v=N\\_kA8EpCUQo](https://www.youtube.com/watch?v=N_kA8EpCUQo)

# Parte da história das comunicações ópticas



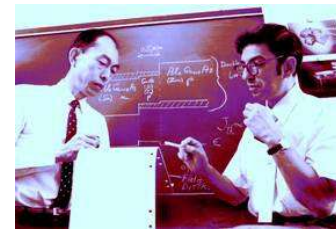
1,15  $\mu\text{m}$

Laser  
HeNe



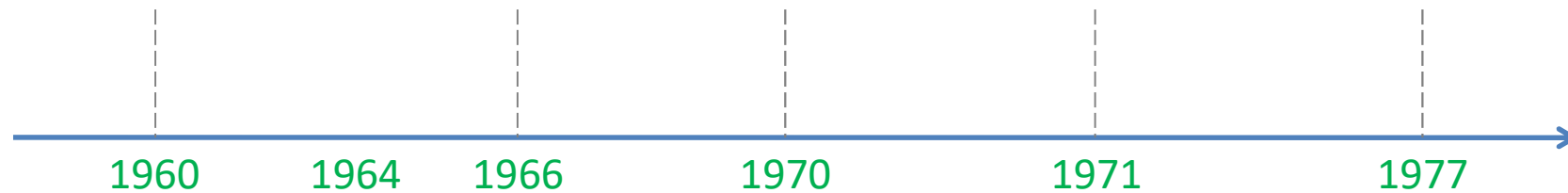
Fibra óptica  
100 dB/km

Fibra óptica  
20 dB/km  
Corning Glass



Laser  
Semicondutor

Bell Labs  
Em Chicago  
47 Mbps  
Voz, dados, vídeo



Artigo  
Kao

<http://photonics.usask.ca/interestingtopics/files/Laser%20Invention/LaserHistory.pdf>  
<http://www.ofsoptics.com/labs/history.php>



# Prêmio Nobel 2009 Física

## Inventores da fibra óptica e da câmera digital ganham o Nobel

Comunicações ópticas são premiadas neste ano; cientistas da China, Canadá e EUA dividirão a honraria

Carlos Orsi, do estado.com.br

Tamanho do texto? A A A A

SÃO PAULO - O prêmio Nobel de Física deste ano será dividido entre Charles Kao, Willard S. Boyle e George E. Smith. Kao foi responsável pelo aperfeiçoamento das fibras ópticas que permitiu o uso dessa tecnologia para a transmissão de dados a longa distância. Boyle e Smith inventaram o sensor CCD, que permite o registro digital de imagens e que levou à substituição das câmeras fotográficas com filme pelas digitais.

### Descoberta sobre envelhecimento celular leva Prêmio Nobel

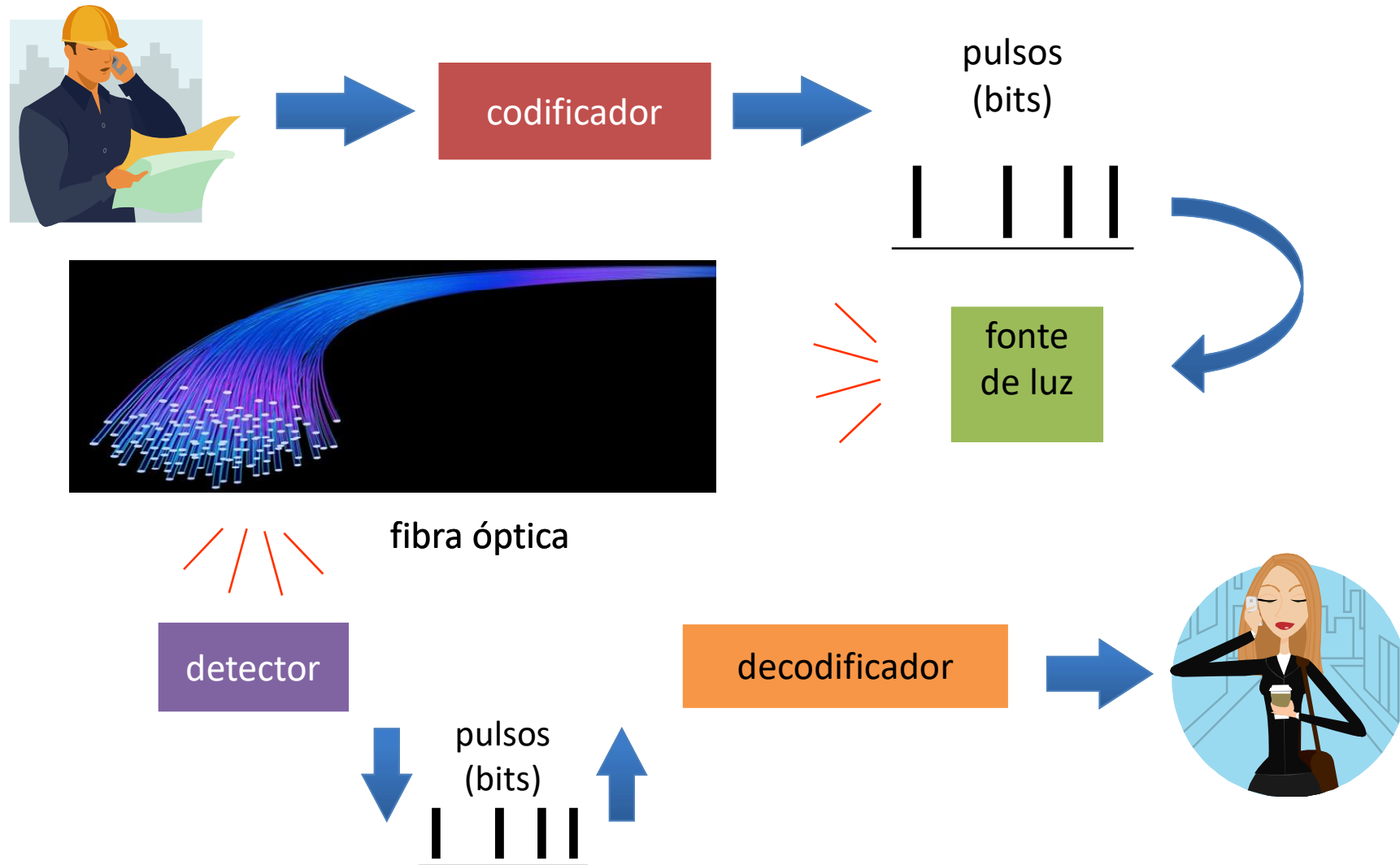
Kao, que tem cidadania americana, nasceu em Xangai e realizou a descoberta premiada com o Nobel trabalhando no Reino Unido. Ele receberá metade do prêmio de US\$ 1,4 milhão; Boyle e Smith, que atuam nos Laboratórios Bell, nos EUA, dividirão a outra metade. Smith é americano, e Boyle tem cidadanias americana e canadense.



Kao, Boyle e Smith, em imagens apresentadas durante o anúncio do prêmio, em Estocolmo. AP

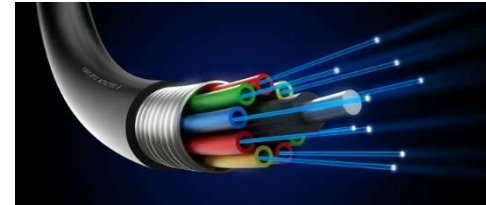
O Estado de São Paulo, 6 de outubro de 2009

# Sistema de comunicação óptica



# Fibra óptica

- ✓ Guia dielétrico
- ✓ Geometria cilíndrica
- ✓ Guiamento na direção do eixo
- ✓ Capacidade de informação depende da estrutura
- ✓ Atenuação reduzida
- ✓ Alta capacidade de transmissão de informação
- ✓ Dimensões reduzidas
- ✓ Baixo peso
- ✓ Imunidade a interferência eletromagnética
- ✓ Imunidade a diafonia (linha cruzada)
- ✓ Não gera interferências
- ✓ Proteção contra “grampos”
- ✓ Abundância de matéria prima (quartzo)
- ✓ 2 bilhões de quilômetros de fibra instaladas (2016)



# Utilização e iluminação de fibra óptica

---

## ✓ Fibra monomodo em sistemas de telecomunicações

- Enlaces de curta e longa distâncias
- entroncamentos urbano, interurbano, submarino
- transmissão de telefonia básica, dados, CATV
- Fonte : LASER

## ✓ Fibra multimodo em sistemas de telecomunicações

- Enlaces de curta distância
- redes de computadores (Local Area Network-LAN)
- transmissão de dados, voz, vídeo
- Fonte : LED ou LASER

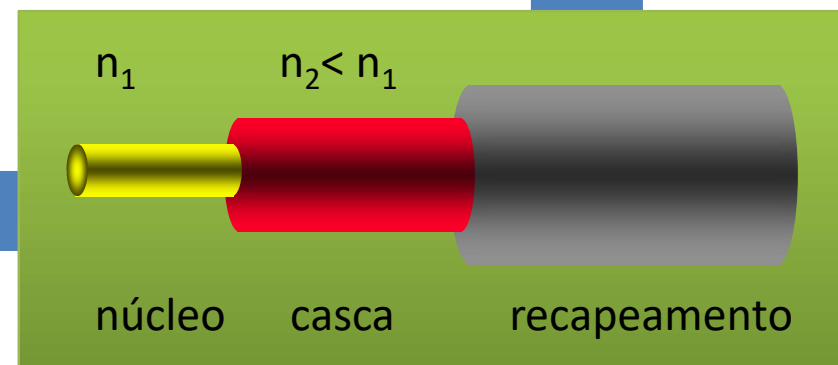
## ✓ Fibra para iluminação de ambientes

- As que emitem radiação lateral necessitam de fonte de potência bem mais elevada (dependendo do comprimento), como LED de potência ou arranjo de LEDs e lâmpadas dicróicas.

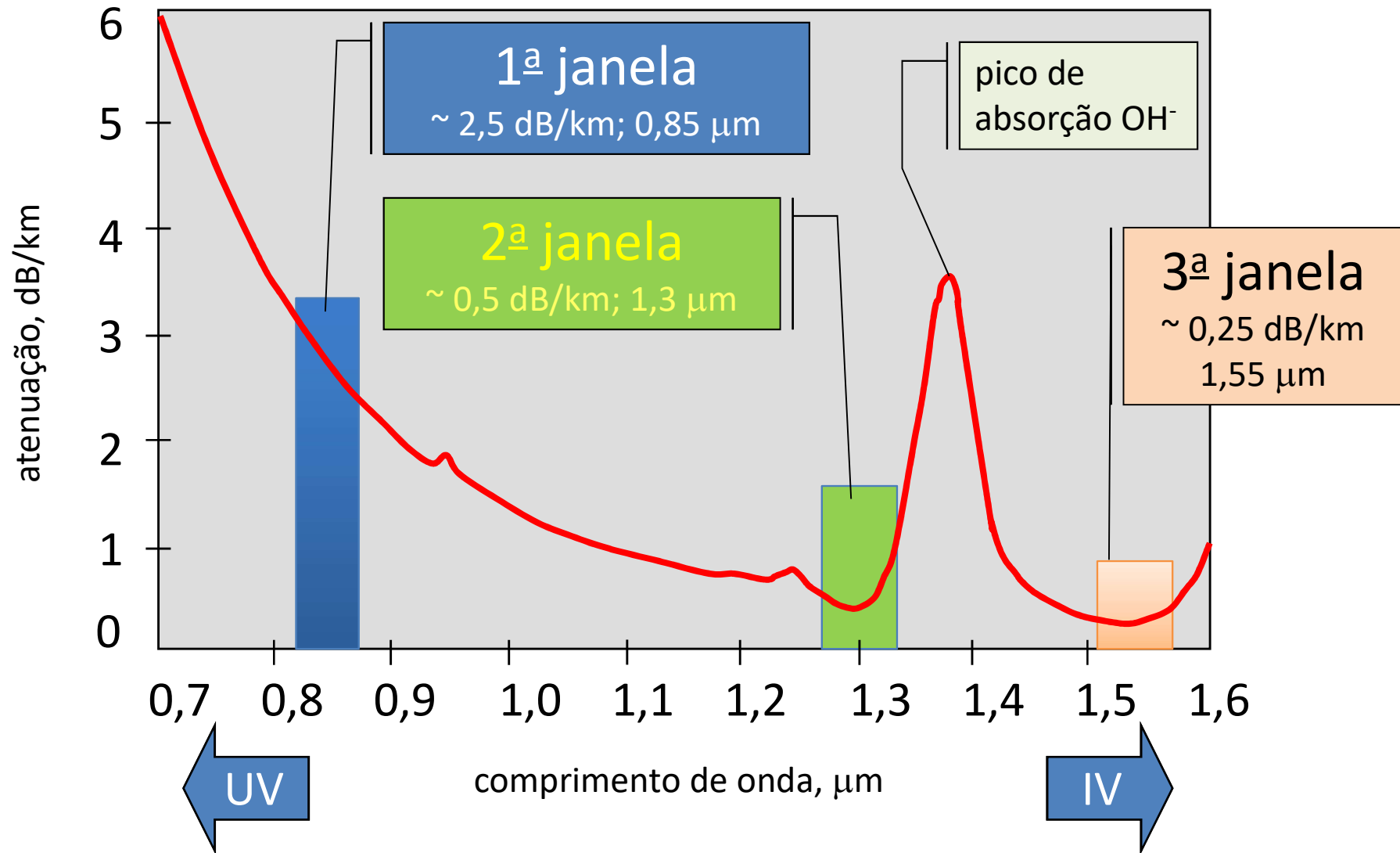


# Estrutura da fibra óptica

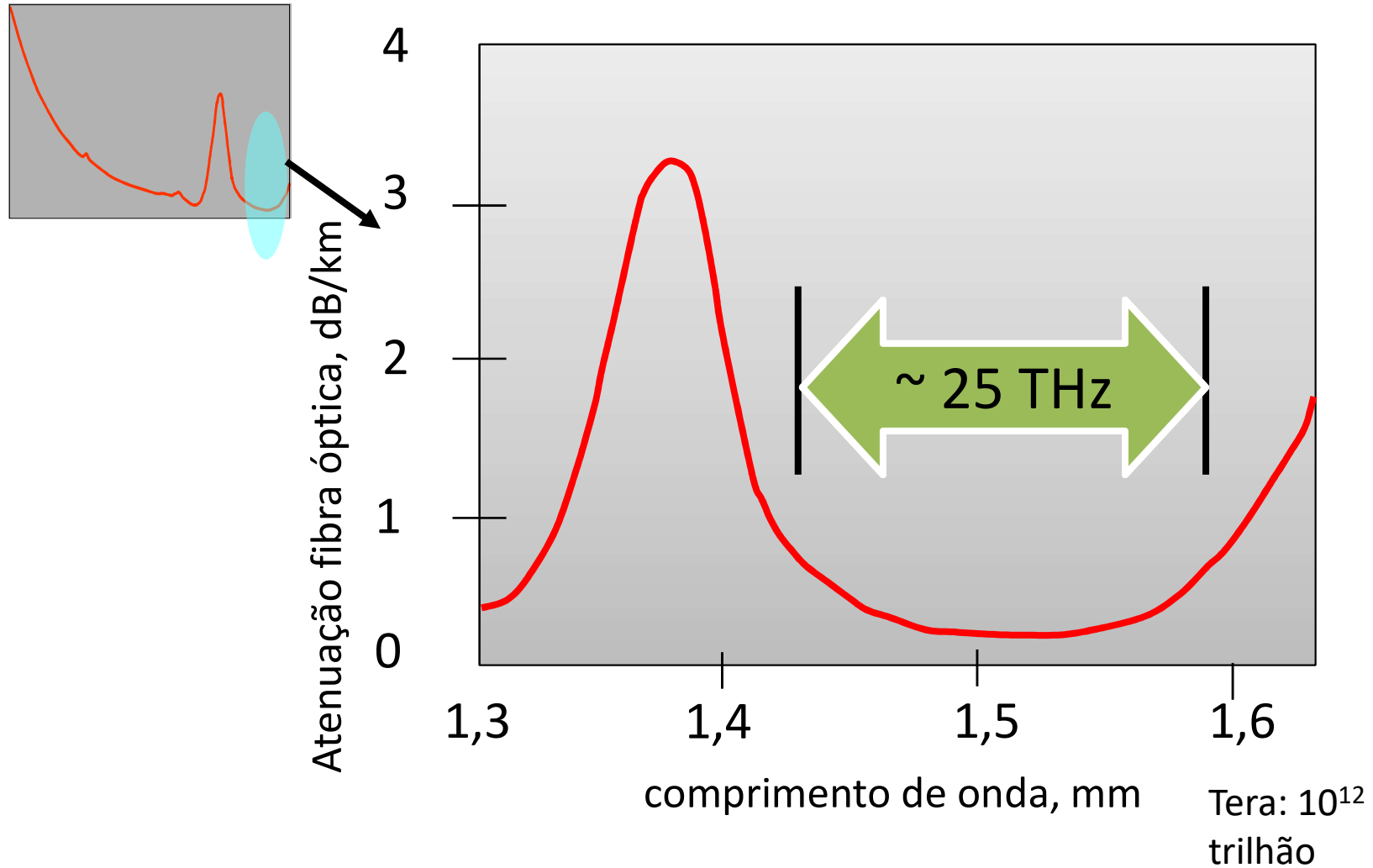
- ✓ Fibra de média e baixa perdas
- ✓ núcleo de vidro
- ✓ casca de vidro ou plástico
- ✓ Fibra de alta perdas
- ✓ núcleo e casca de plástico
- ✓ Recapeamento de plástico
- ✓ elástico e resistente



# Janelas de transmissão

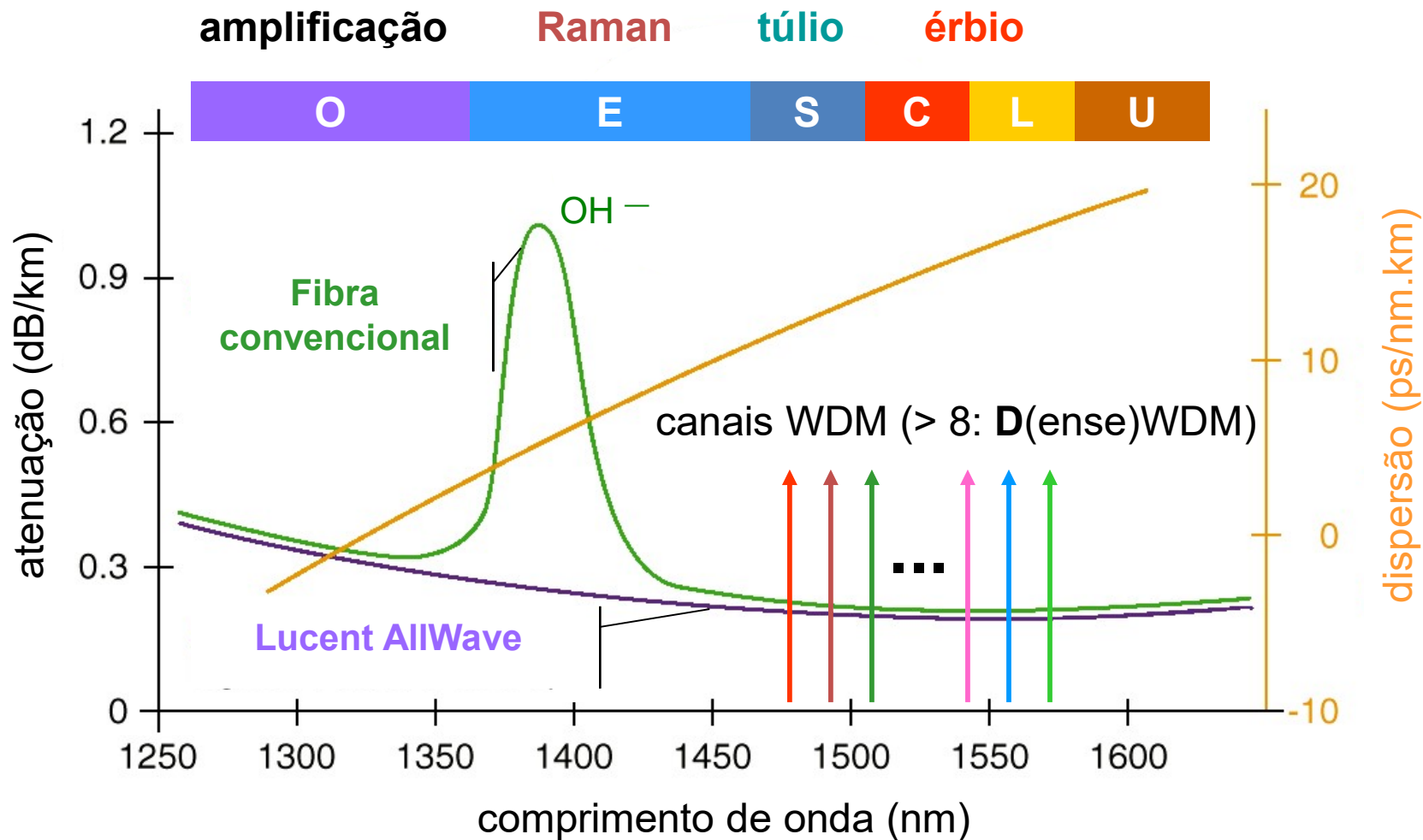


# Largura de faixa da fibra

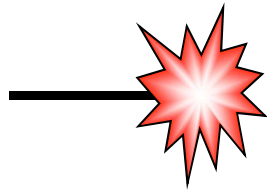


# Fibra, amplificação e canais WDM

Faixa (nm)	O (original)	E (extended)	S (short)	C (conventional)	L (long)	U (ultra-long)	Total (nm)
	1260-1360	1360-1460	1460-1530	1530-1565	1565-1625	1625-1675	415



# Largura de faixa e serviços



1º laser (1960)

$$\lambda = 694 \text{ nm}$$

$$f = 4,3 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$$

$$1\% f = 4,3 \cdot 10^{12} \text{ Hz} = 4,3 \text{ THz}$$

**72 milhões**  
canais de vídeo

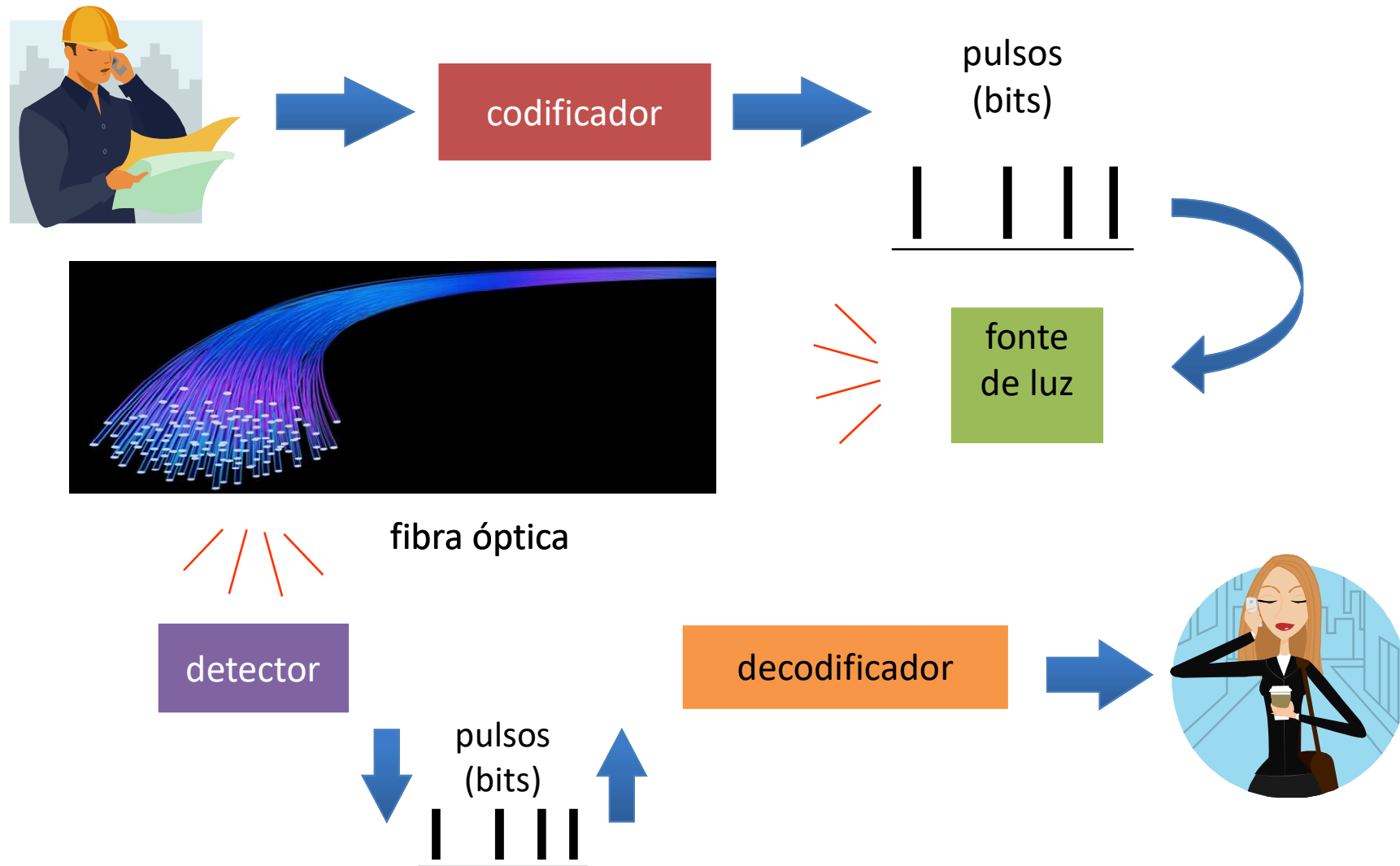
6 MHz

**86 bilhões**  
ligações telefônicas

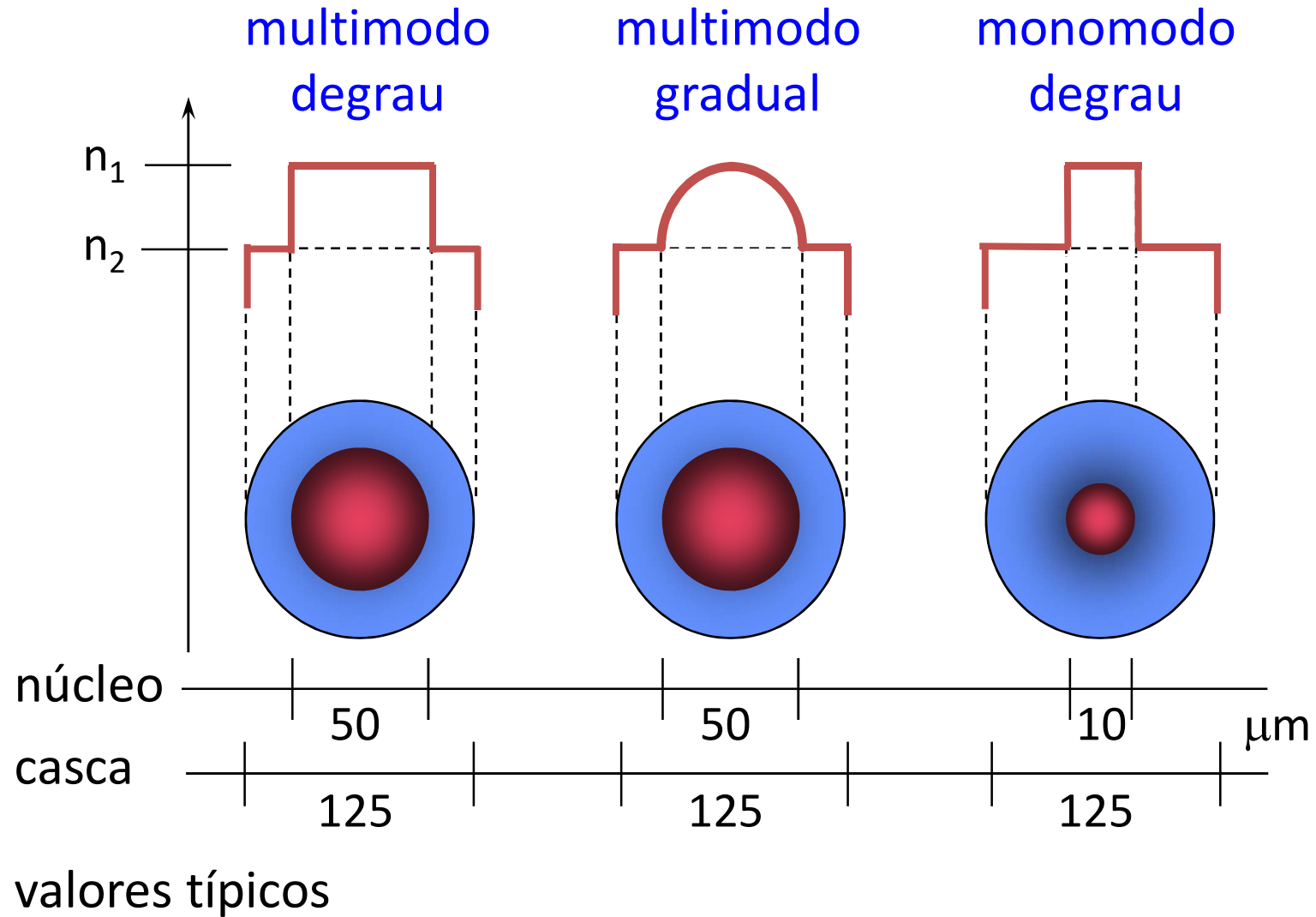
5 kHz



# Sistema de comunicação óptica

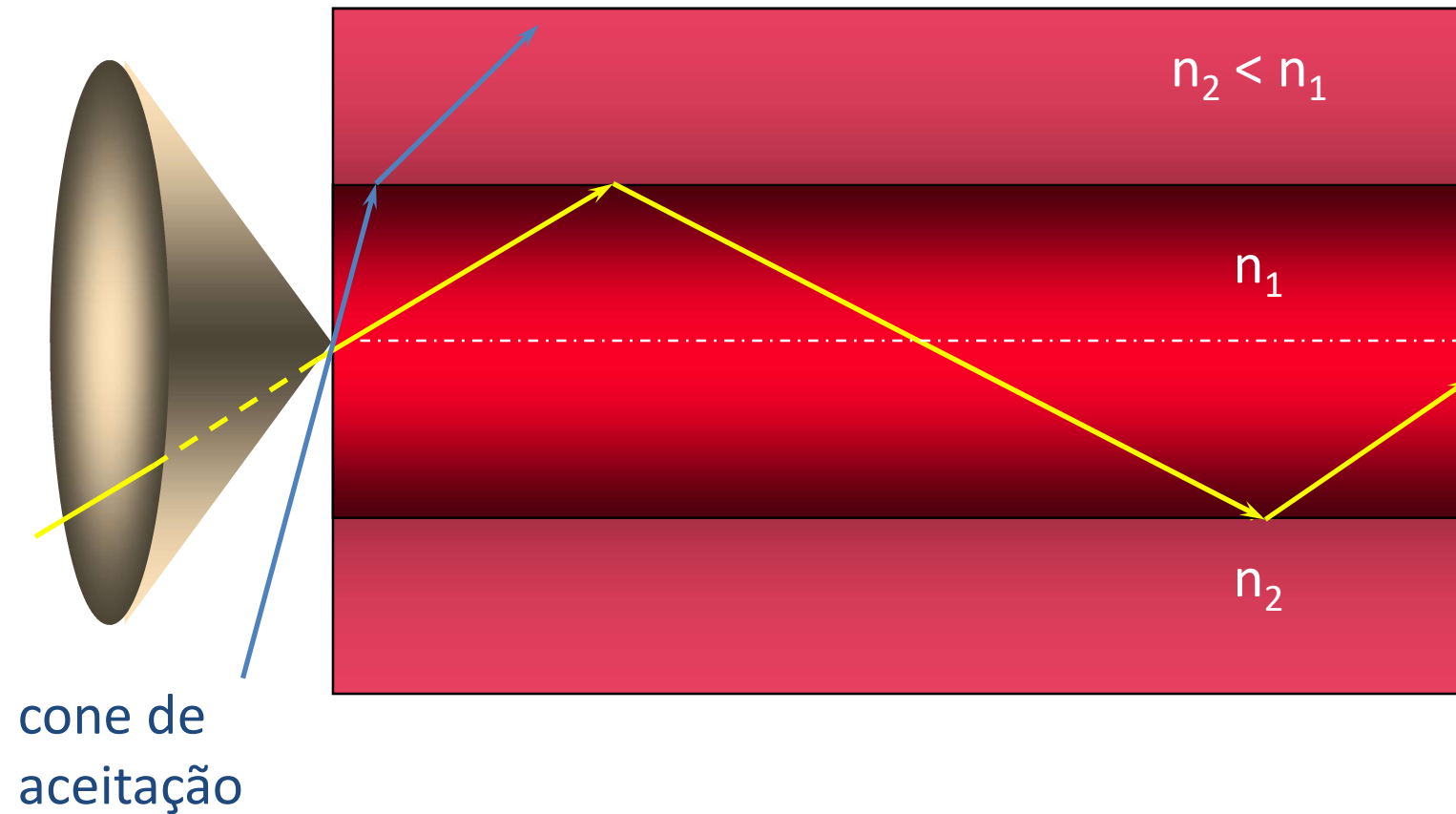


# Perfil de Índice de Refração e Dimensões

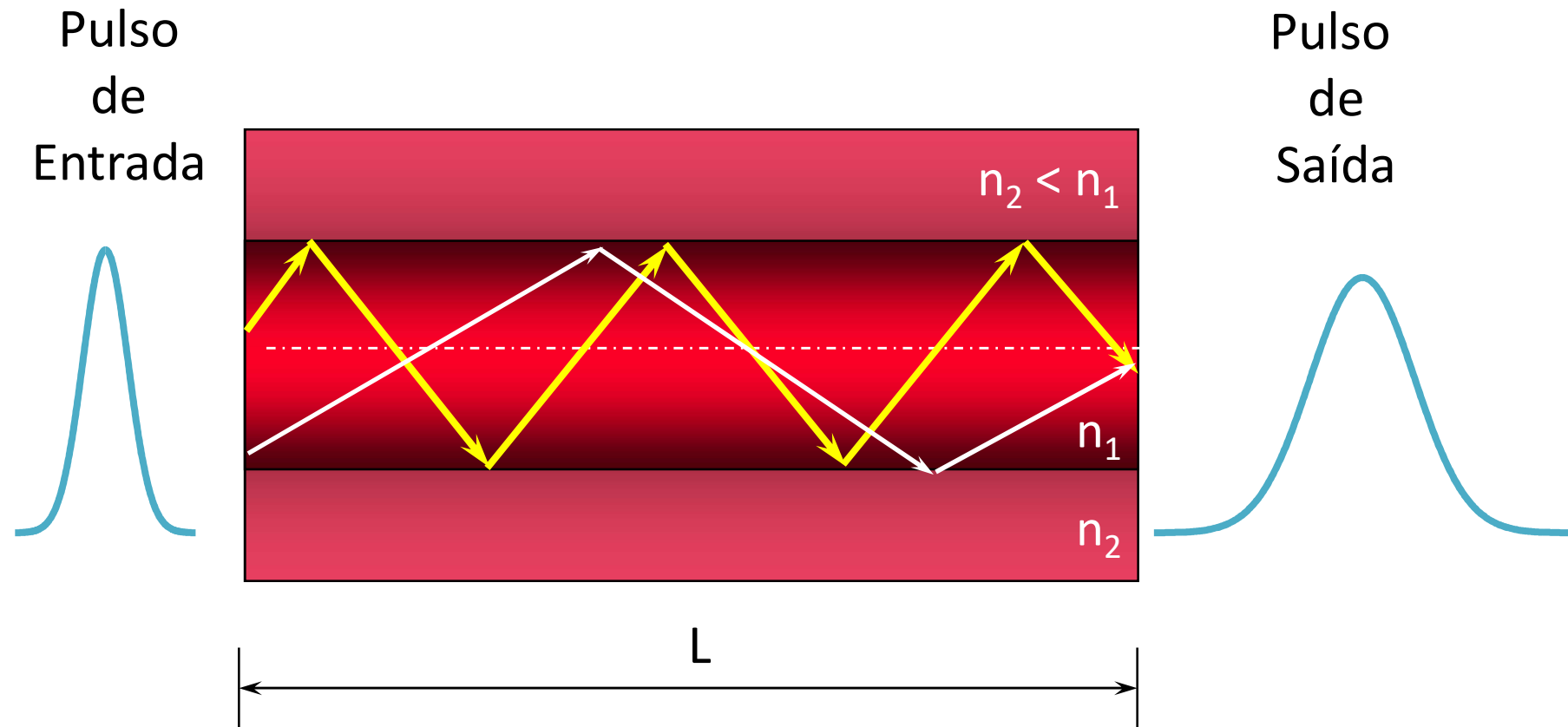


# Cone de aceitação

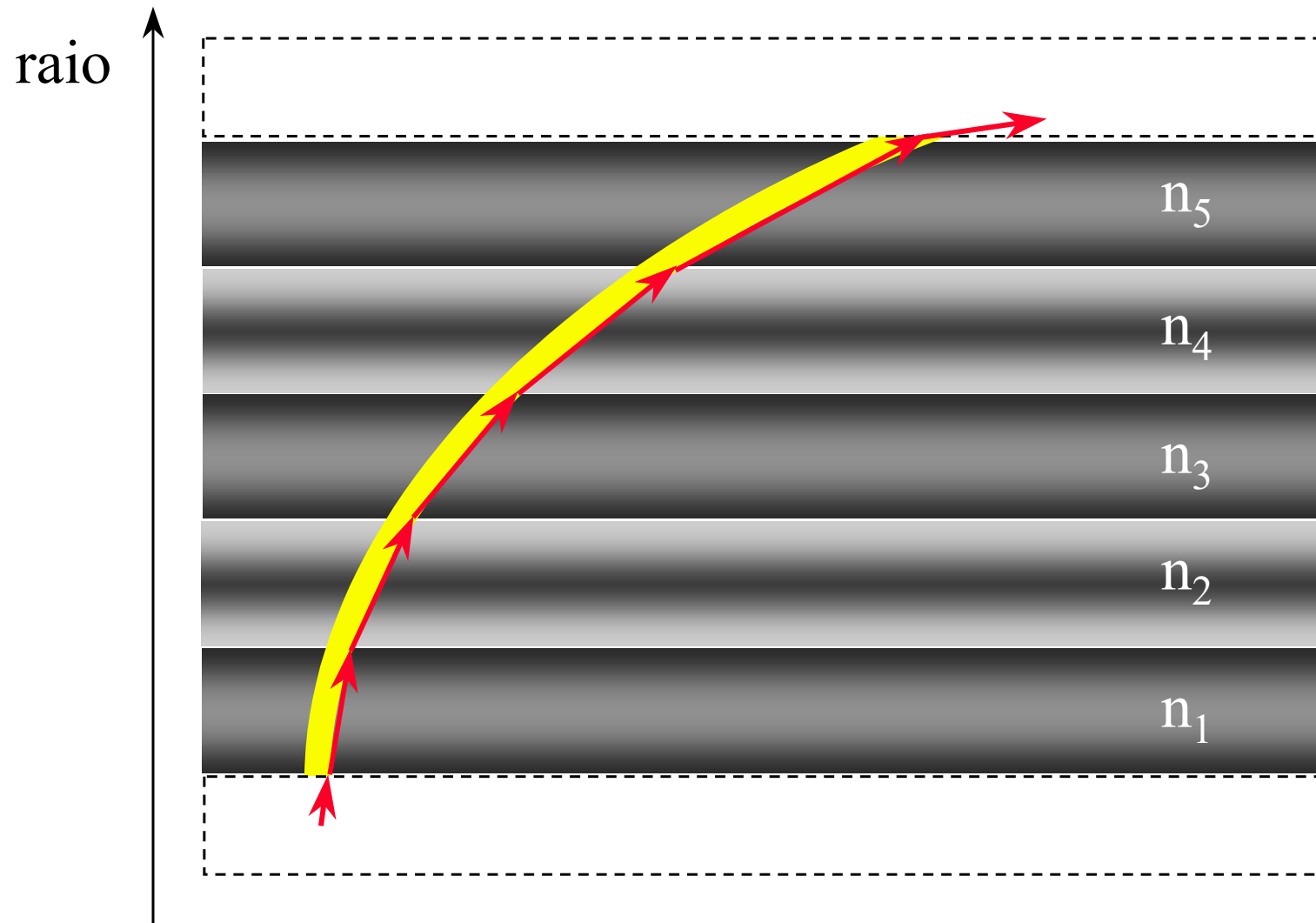
---



# Fibra Índice Degrau Multimodo

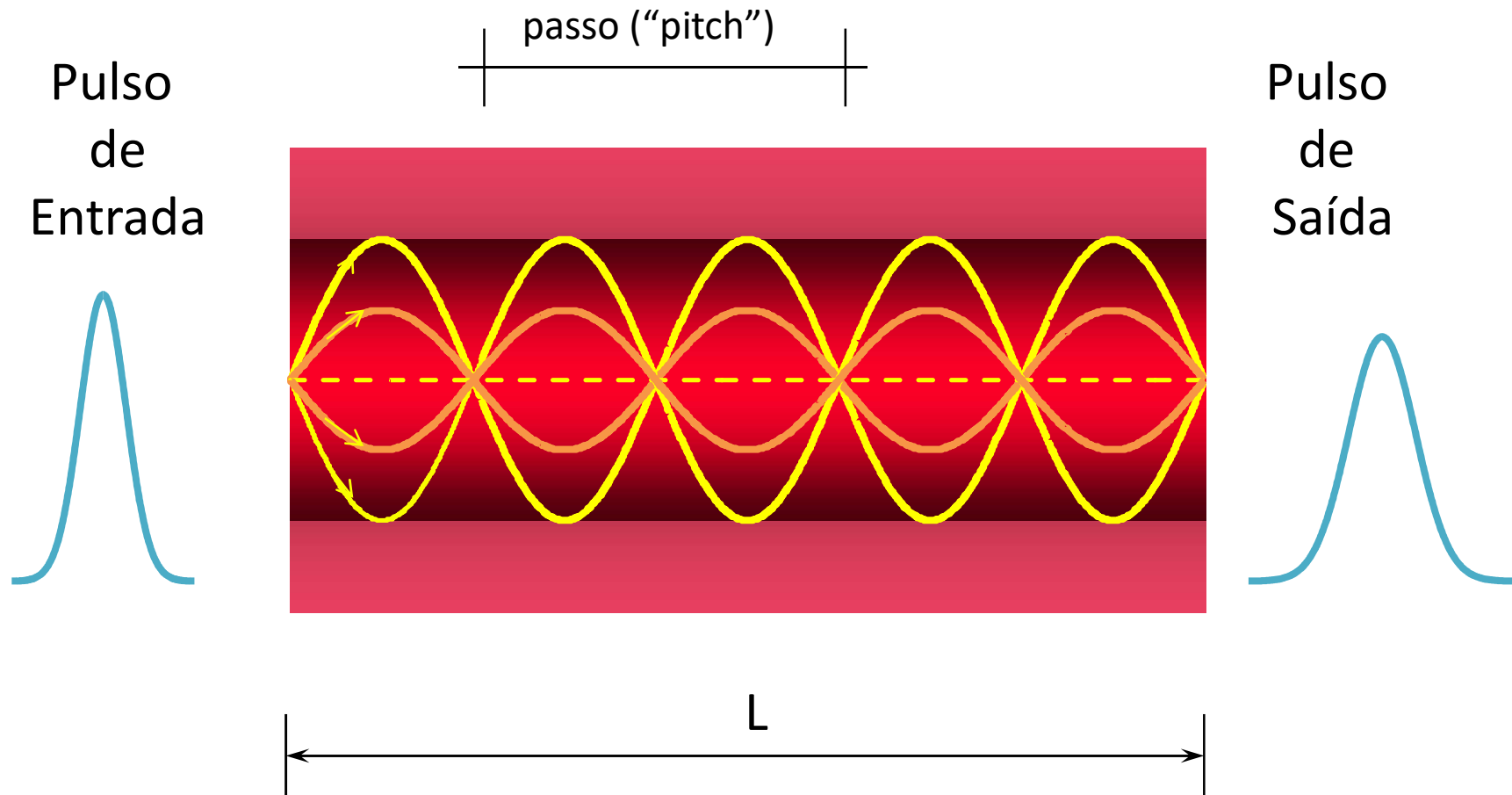


# Transmissão através de várias camadas



# Fibra Índice Gradual Multimodo-1

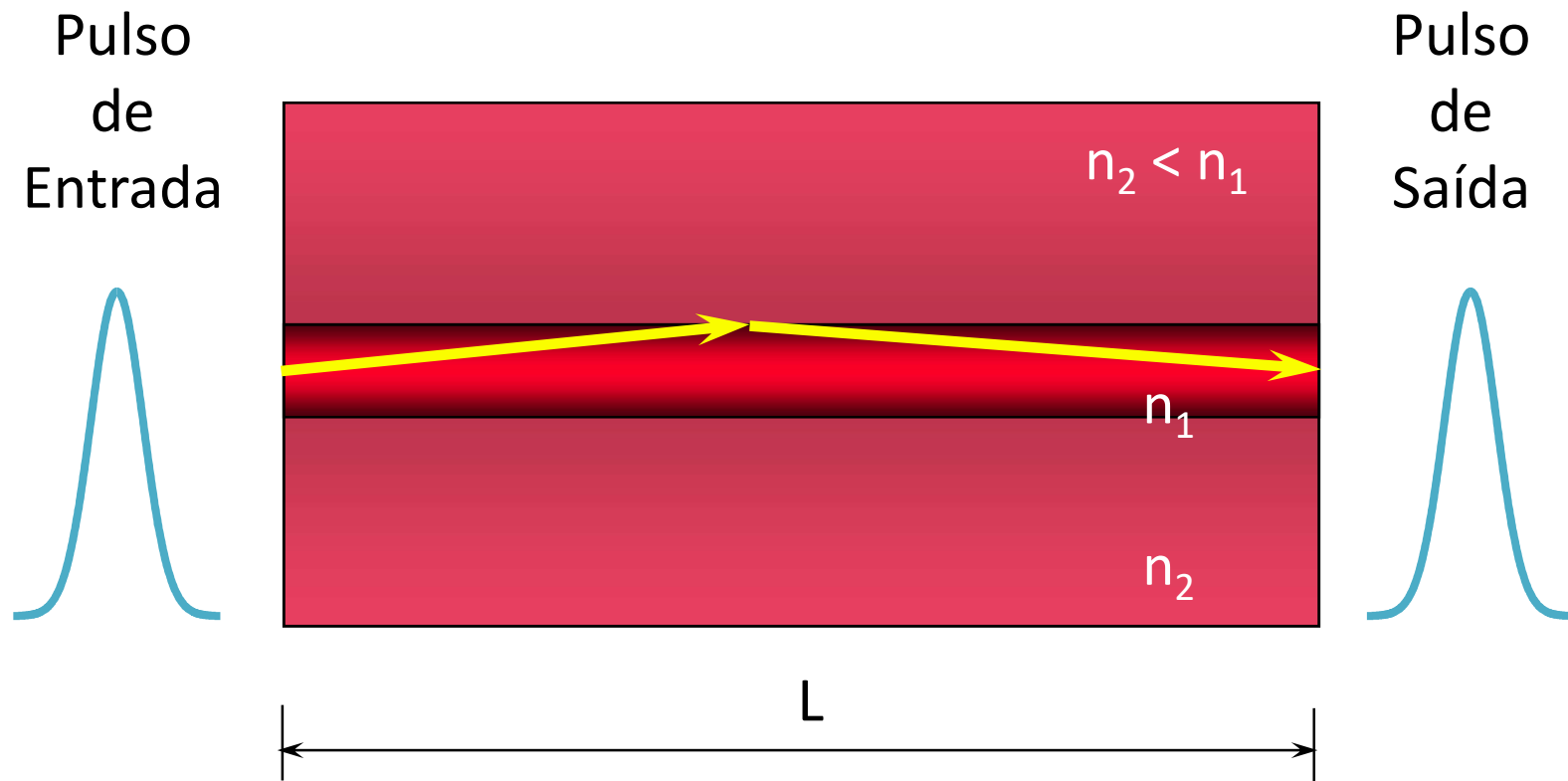
---





# Fibra Índice Degrau Monomodo

---



# Abertura numérica-2

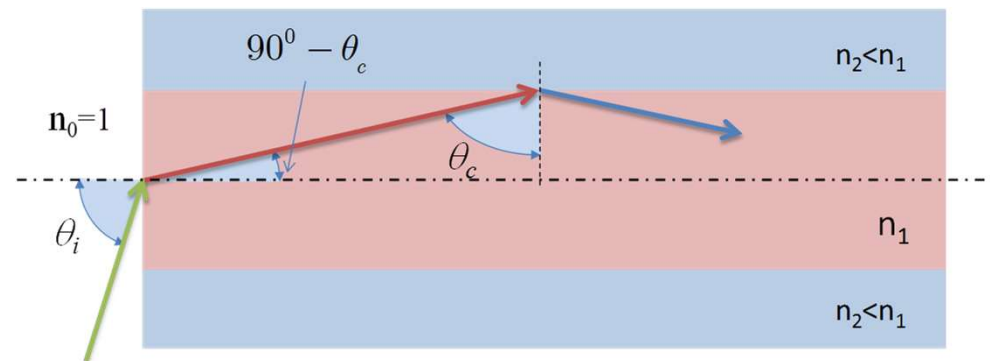
Na interface  $n_1:n_0$

$$n_0 \operatorname{sen}(\theta_i) = n_1 \operatorname{sen}(90^\circ - \theta_c)$$

$$\operatorname{sen}(\theta_i) = n_1 \operatorname{cos}(\theta_c)$$

mas,  $\operatorname{cos}(\theta_c) = \sqrt{1 - \operatorname{sen}^2(\theta_c)}$  e

$$\operatorname{sen}(\theta_i) = n_1 \sqrt{1 - \operatorname{sen}^2 \theta_c}$$



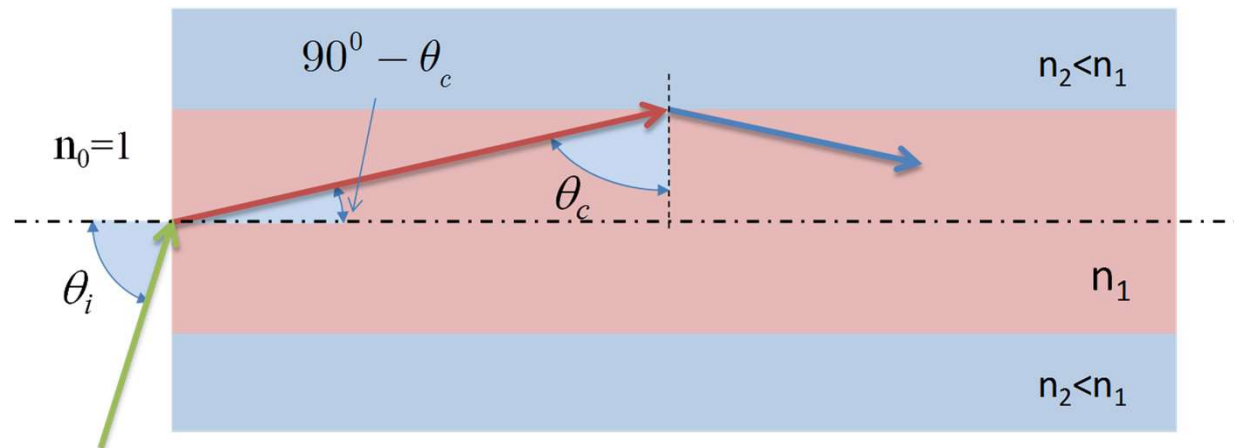
## Abertura numérica-3

---

Na interface  $n_1:n_2$

$$n_1 \text{sen}(\theta_c) = n_2 \text{sen}(90^\circ)$$

$$\text{sen}(\theta_c) = \frac{n_2}{n_1}$$

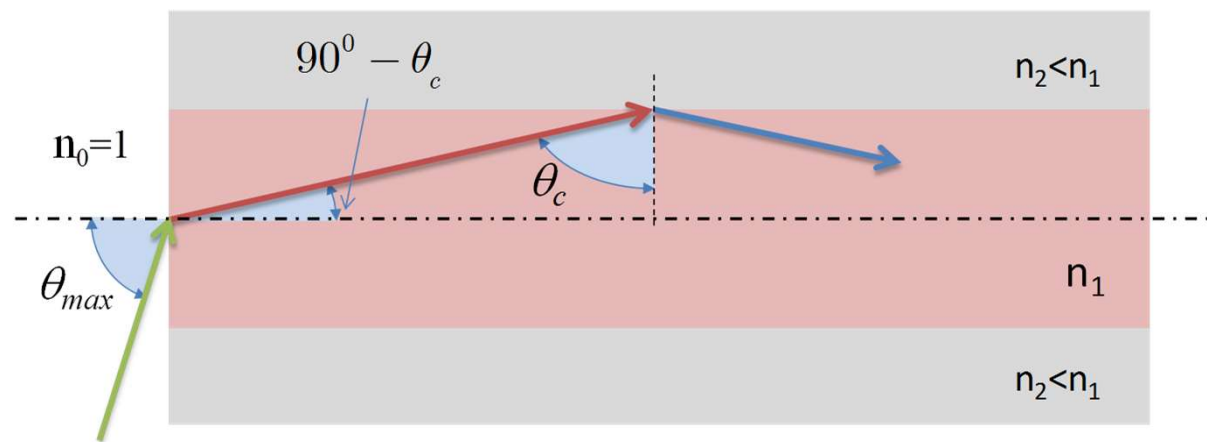


# Abertura numérica (NA)-4

$$\text{sen}(\theta_i) = n_1 \sqrt{1 - \text{sen}^2 \theta_c} ; \text{sen}(\theta_c) = \frac{n_2}{n_1}$$

$$\text{sen}(\theta_i) = n_1 \sqrt{1 - \left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2} = \sqrt{n_1^2 - n_2^2}$$

$$NA = \text{sen}(\theta_{\max}) = \sqrt{n_1^2 - n_2^2}$$

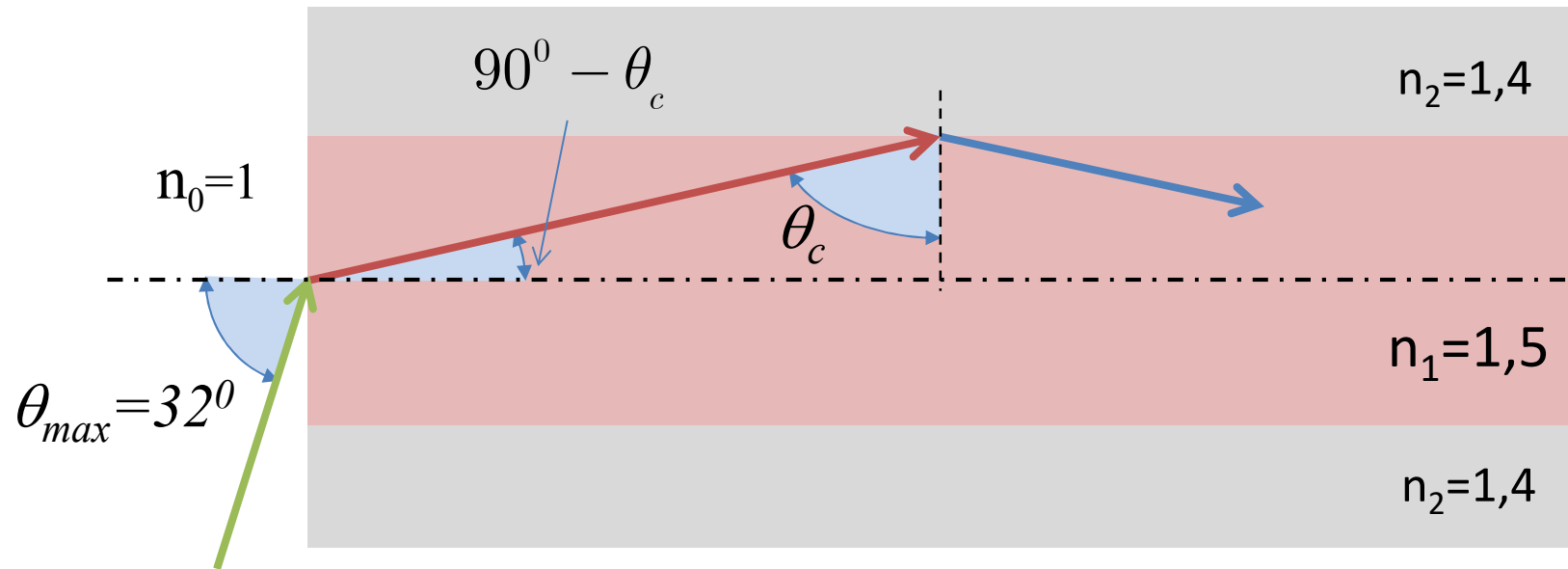


## Exemplo: abertura numérica

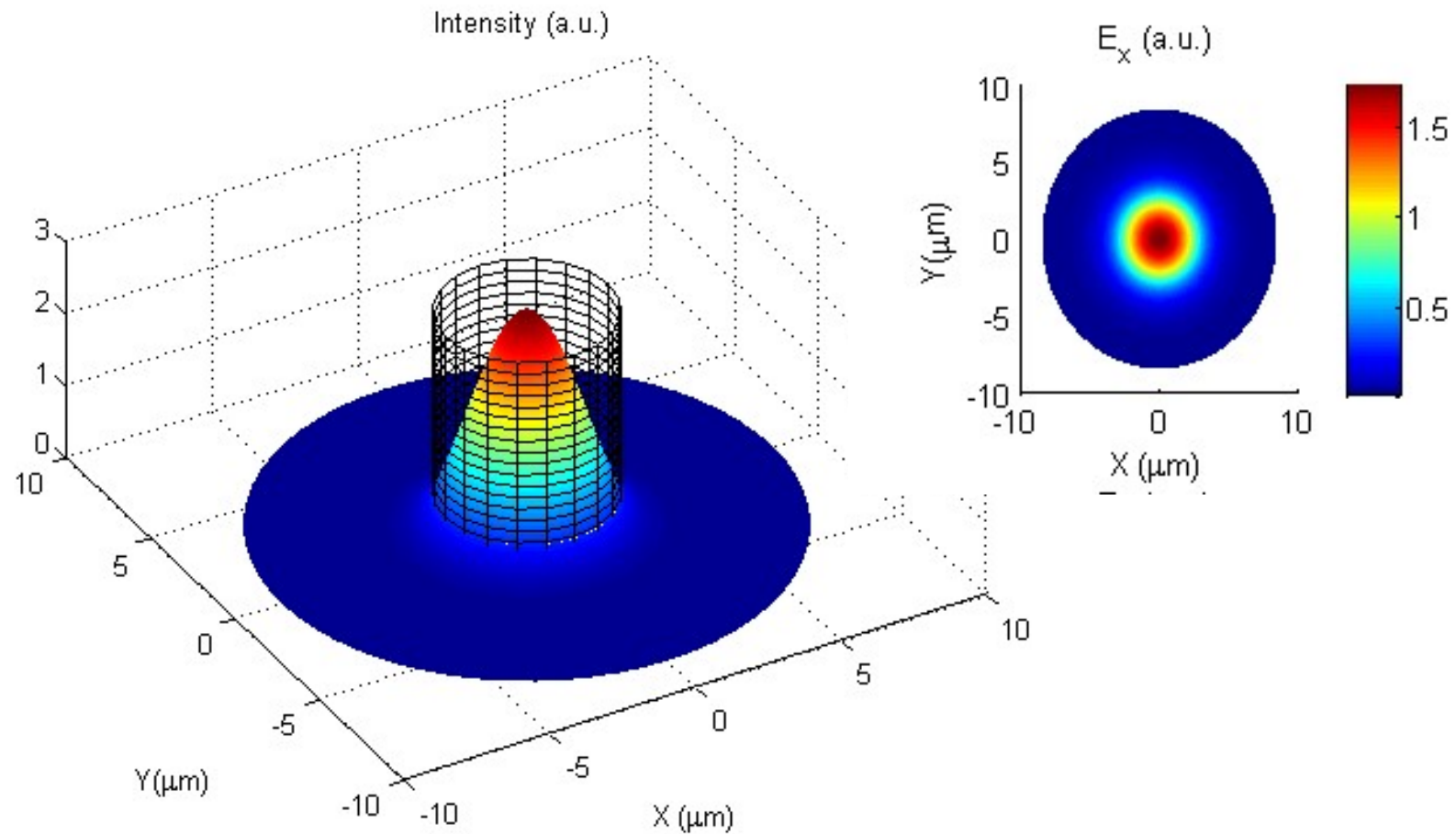
$$NA = \text{sen}(\theta_{\text{max}}) = \sqrt{n_1^2 - n_2^2}$$

$$NA = \sqrt{1,5^2 - 1,4^2} = 0,539$$

$$\theta_{\text{max}} = \text{sen}^{-1}(0,539) = 32^\circ$$



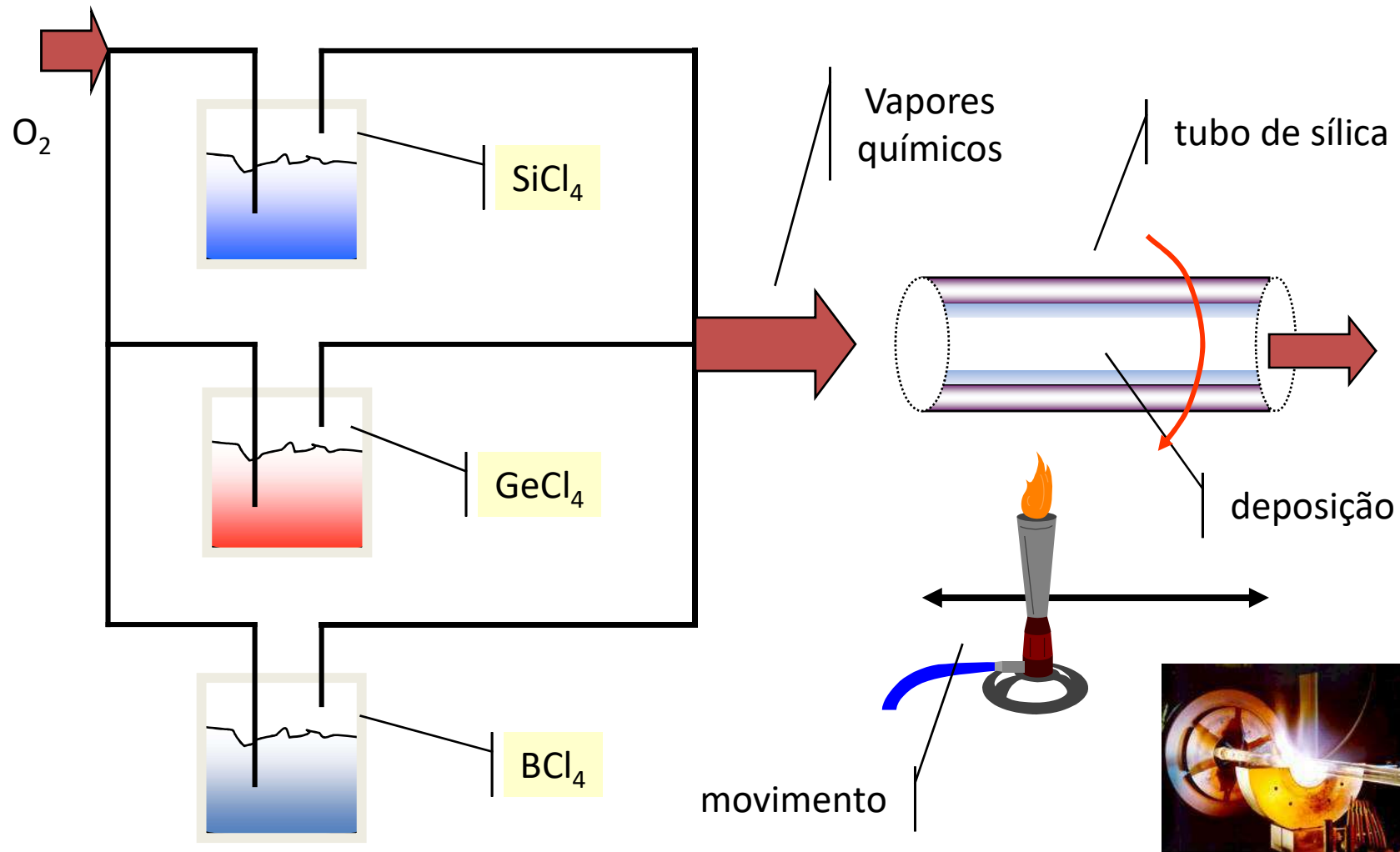
# Fibra óptica: distribuição de campo elétrico



<https://www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/27819-optical-fibre-toolbox/content/demo/html/oftDemo.html>

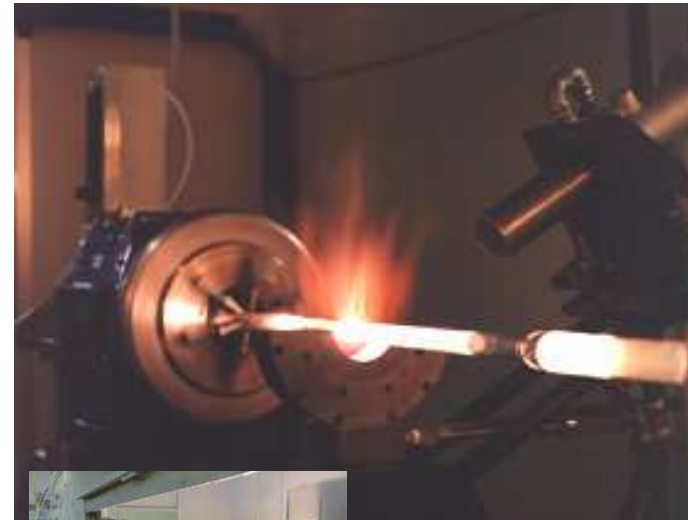
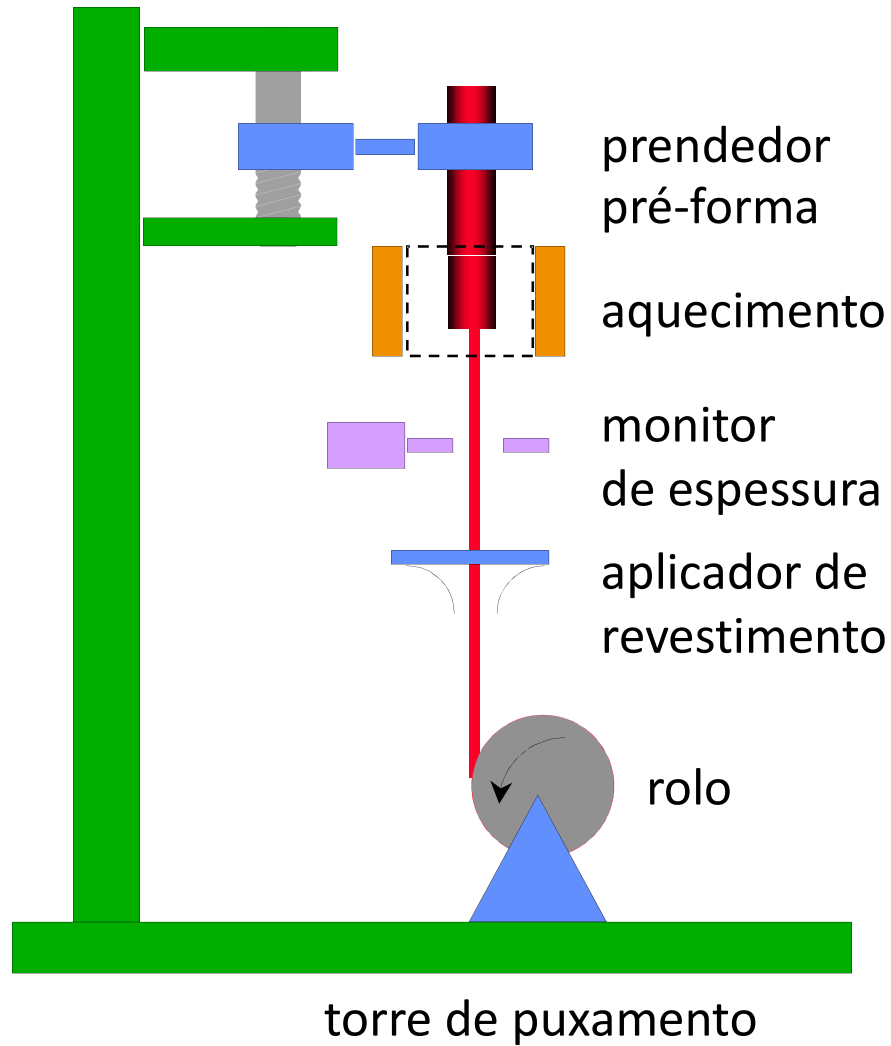


# Processo MCVD e pré-forma



**MCVD:** modified chemical vapor deposition

# Torre de puxamento e pré-forma



pré-forma

a pré-forma possui, tipicamente, 10 mm de diâmetro e 60 a 90 cm de comprimento.

# Fabricação da fibra óptica

---



<https://www.youtube.com/watch?v=uSnjo5tOGQA>

# Fabricação do cabo de fibra óptica

---

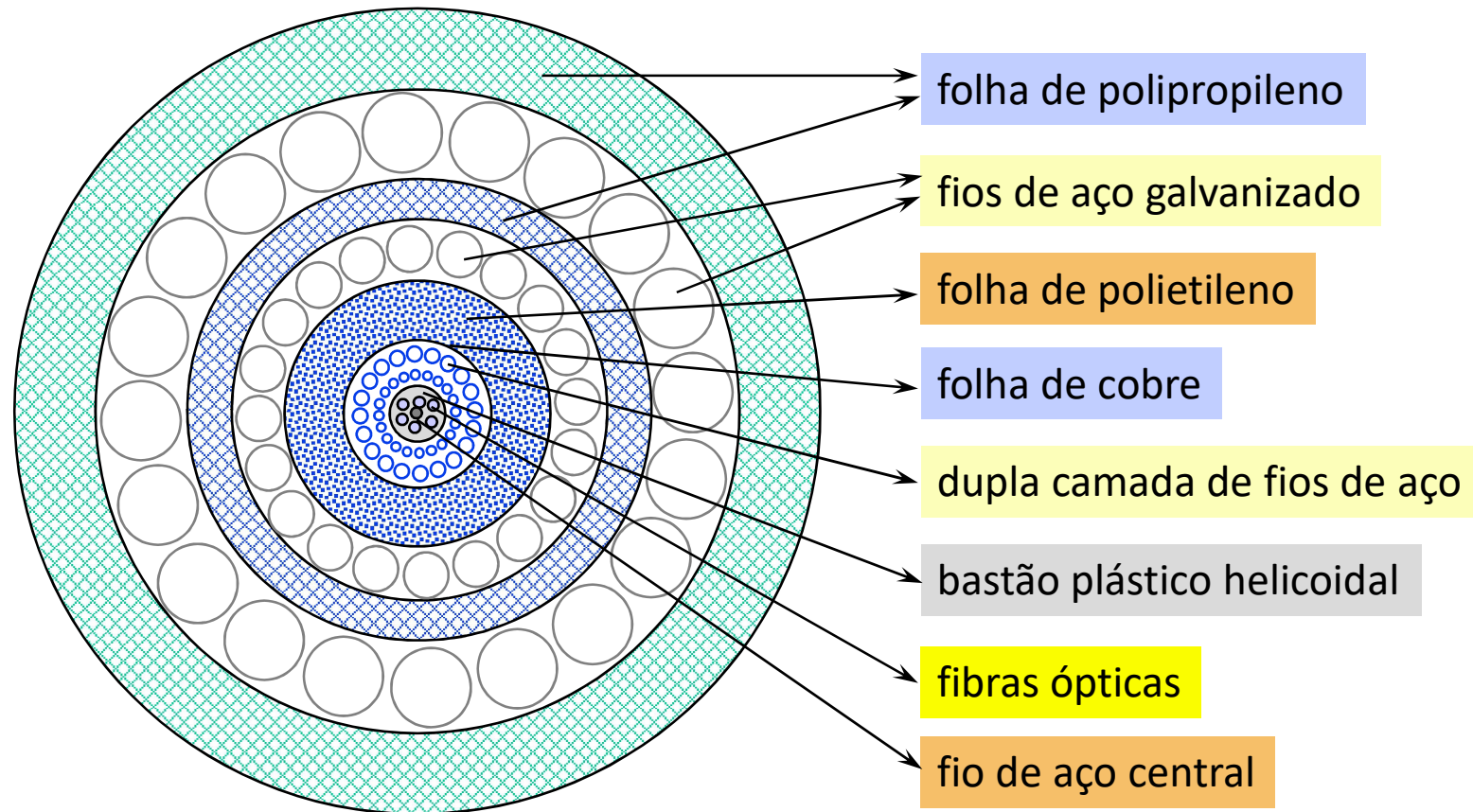


<http://www.hfcl.com/>





# Estruturas de cabos ópticos submarinos



cabo Pirelli dupla armação

# Cabo submarino: seção amplificador óptico

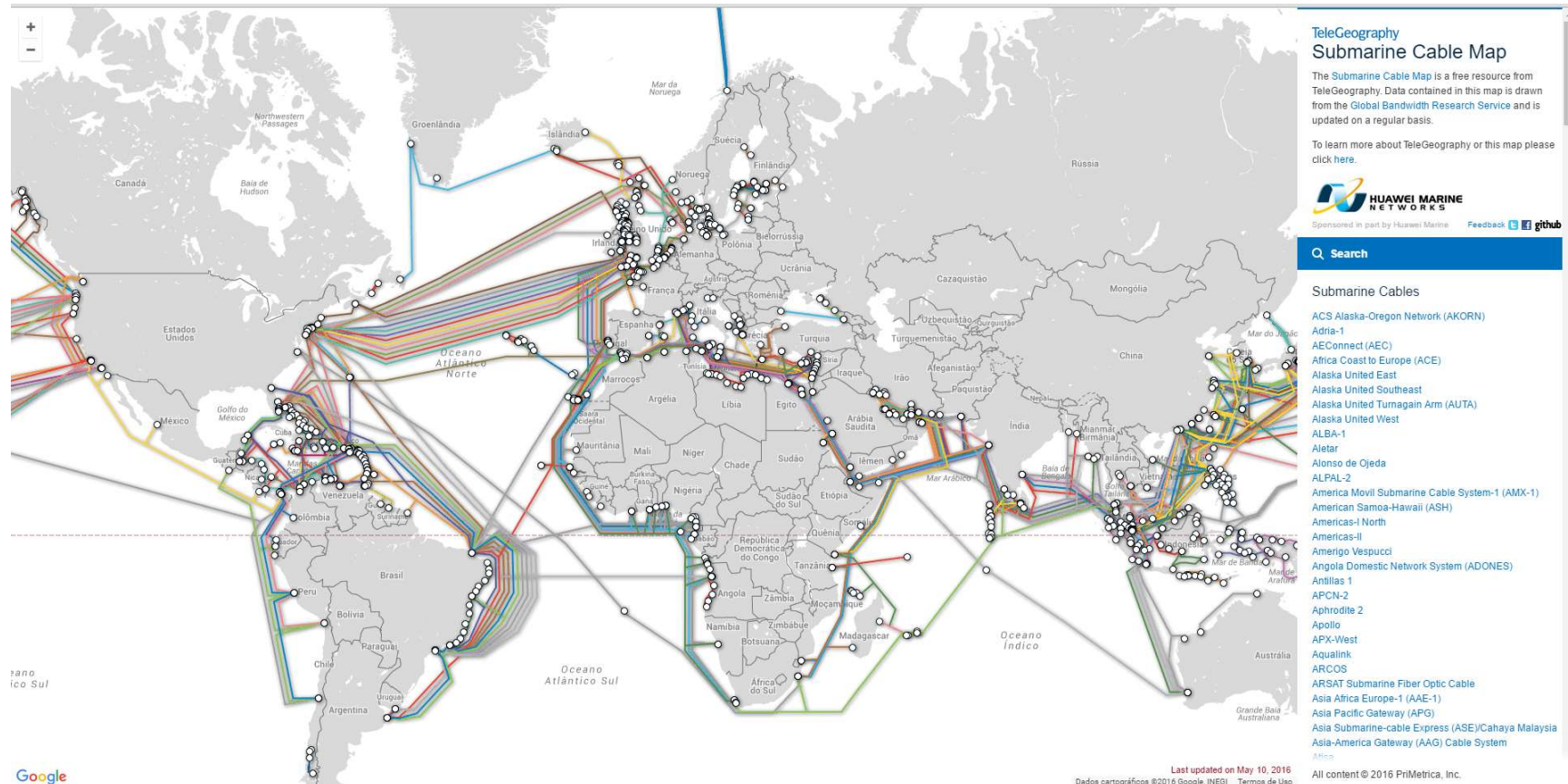
---



[www.te.com](http://www.te.com)



# Mapa cabos submarinos de fibra óptica



<http://www.submarinecablemap.com/>

<http://www.cablemap.info/>

<http://submarine-cable-map-2014.telegeography.com/>

# Cabo óptico submarino: instalação

---



TE SubCom - Repeated Undersea Cable Networks <https://www.youtube.com/watch?v=Q61DHtgFqa0>

---

# Referências (1)

---

## ✓ Corning Inc.

- <https://www.youtube.com/watch?v=1bHVguGn4hU&list=PL516338BF64D50B6E&index=2>
- <https://www.youtube.com/watch?v=7Fl-plS3u5s&list=PL516338BF64D50B6E&index=1>
- The Glass Age, Part 2: Strong, Durable Glass
  - <https://www.youtube.com/watch?v=13B5K IAabw>
- The Glass Age, Part 1: Flexible, Bendable Glass
  - <https://www.youtube.com/watch?v=12OSBJwogFc>

## ✓ TE Subcom Undersea Cable Network - Our Proces (cabo submarino)

- <https://www.youtube.com/watch?v=ovi5dEdkaoA>

## Referências (2)

---

- ✓ Nasa
- ✓ Sensor de corrosão e substâncias químicas
  - [https://spinoff.nasa.gov/Spinoff2007/ps\\_1.html](https://spinoff.nasa.gov/Spinoff2007/ps_1.html)
- ✓ Boeing 777 Electrical Equipment Bay Tour
  - <https://www.youtube.com/watch?v=I5qNEkjtJbs>
- ✓ Boeing 777 E/E Bay
  - <https://www.youtube.com/watch?v=2S-Cggs1jOo>
- ✓ Boeing 787 Main Equipment Bay (2:06 minutos)
  - <https://www.youtube.com/watch?v=z7kiWrLah10>

# Referências (3)

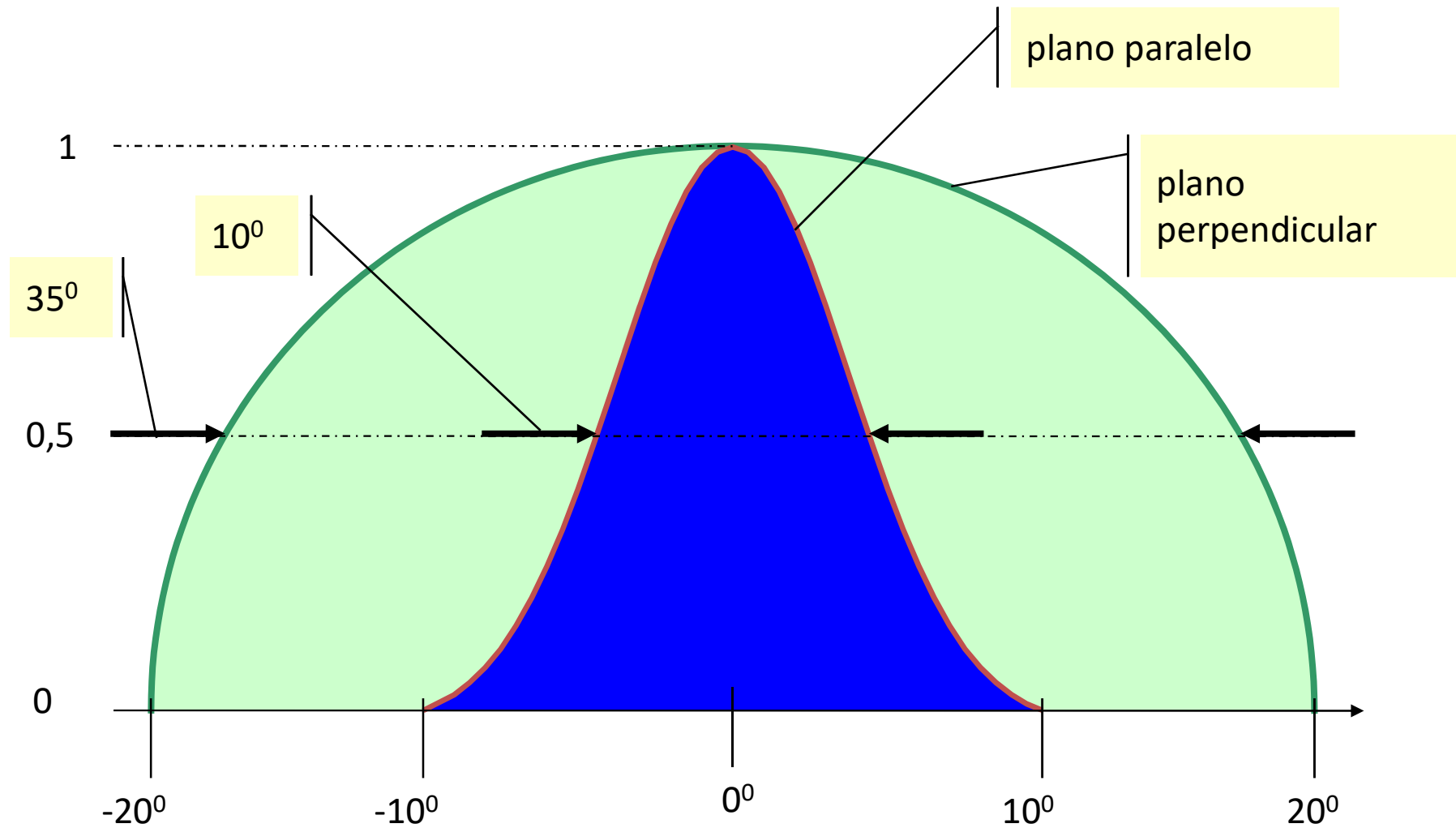
---

## ✓ Omnisens

- Long distance power cable and umbilical monitoring
  - <https://www.youtube.com/watch?v=Pb1eLM7Lupw>
- Why every new pipeline should have fiber optic monitoring
  - <https://www.youtube.com/watch?v=a0eX6inST3Y>

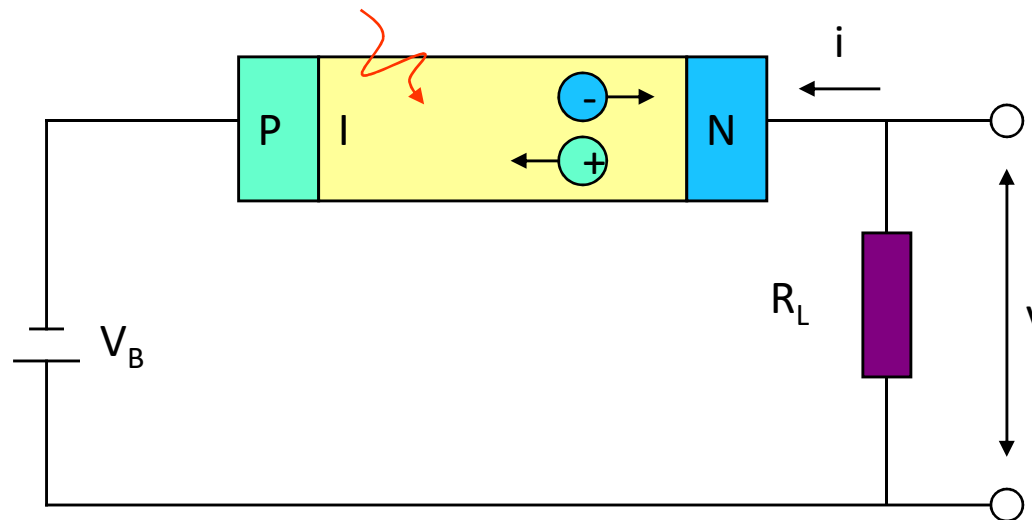
# EXTRAS

# Diodo laser

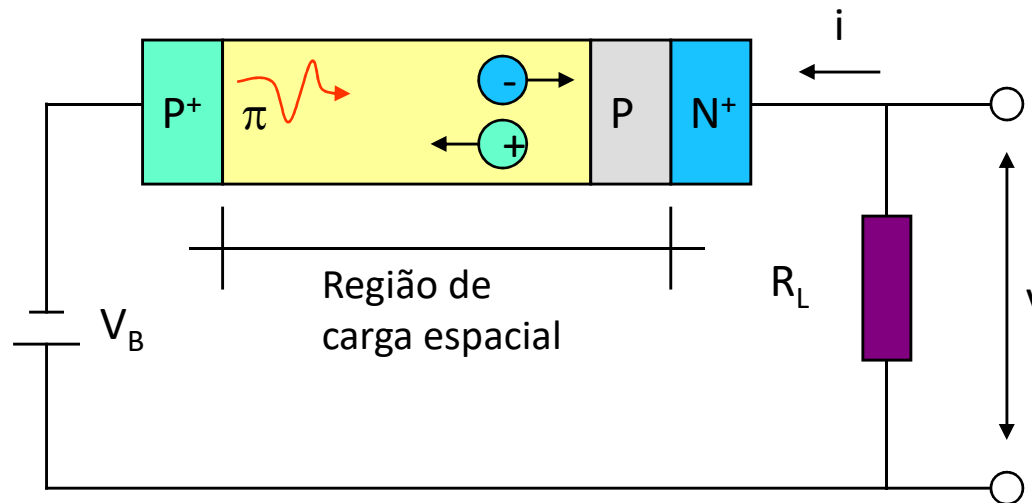
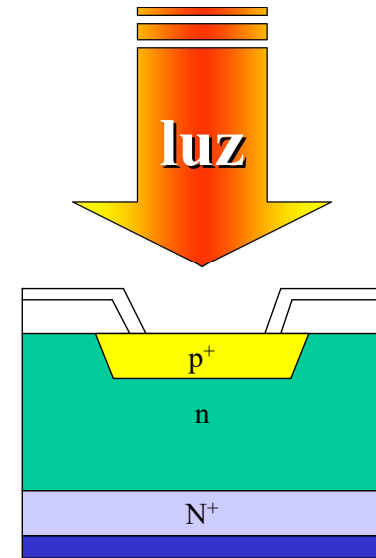




# Estruturas dos diodos PIN e APD

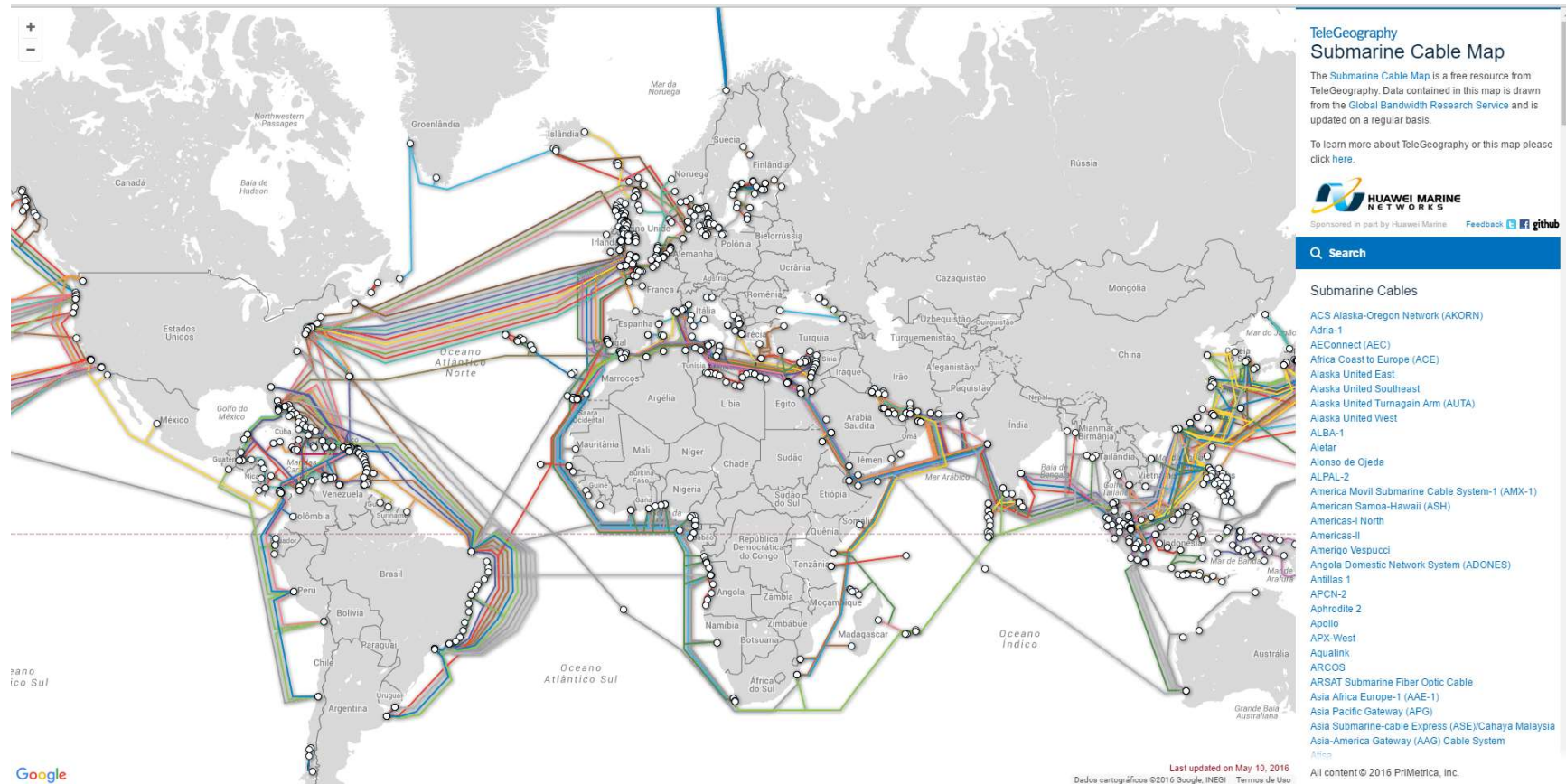


PIN



Avalanche,  
tipo "reach-through"

# Mapa cabos de fibra óptica



<http://www.submarinecablemap.com/>

<http://www.cablemap.info/>

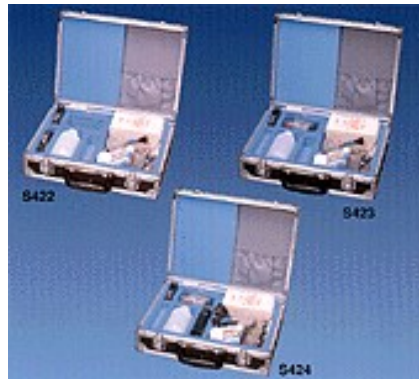
<http://submarine-cable-map-2014.telegeography.com/>

# Máquina de soldar fibras

---



Kits para clivagem

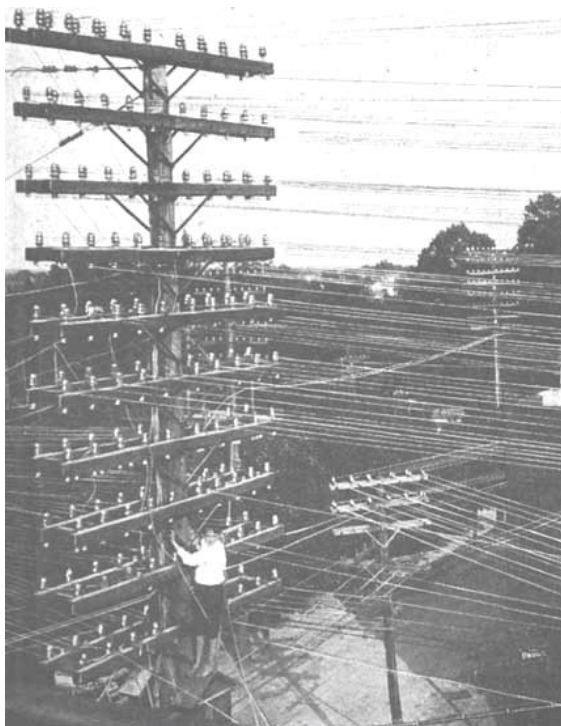
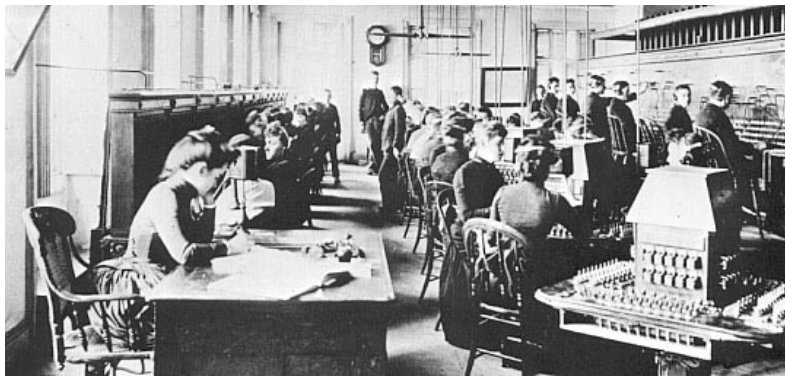


Máquinas de soldagem

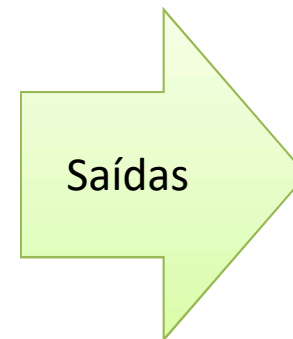
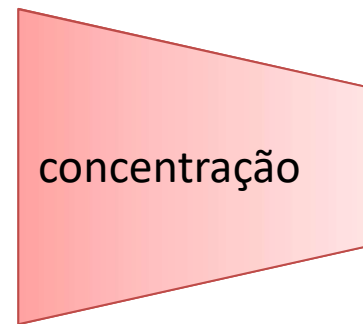


[www.furukawa.com](http://www.furukawa.com)

# Central de comutação



1890





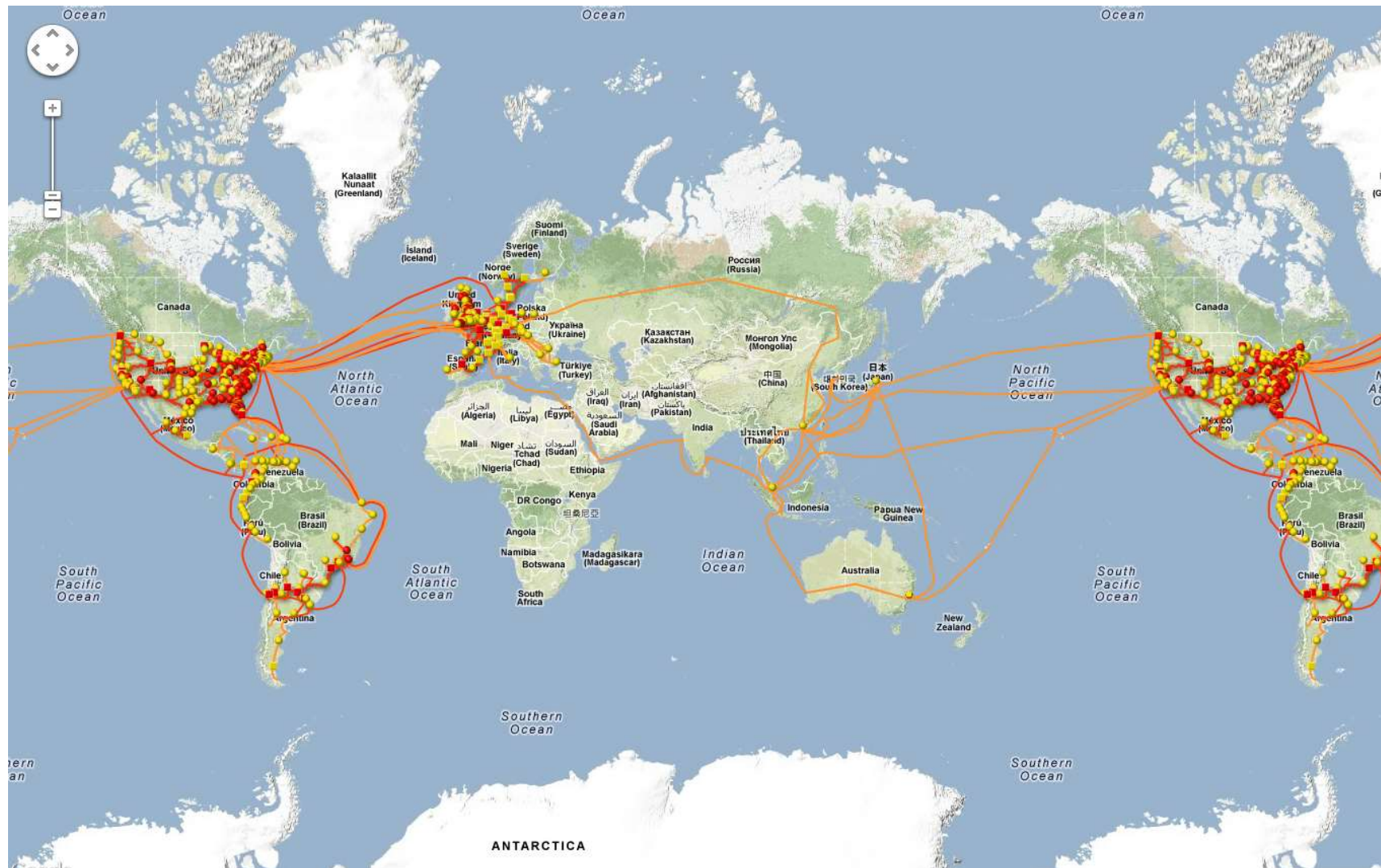
# Cabos metálico e de fibra: comparação

Característica	Metal	Fibra
Tipo	RG-19/U (coaxial)	Típica
Atenuação (dB/km)	22,6 (100 MHz)	5,0
Diâmetro externo (mm)	28,4	2,5 mm (1 fibra)
Peso (kg/km)	1110	6,0

Característica	Cabo telefonia	Cabo fibra óptica
Diâmetro (mm)	900 pares trançados	144 fibras
Capacidade individual (canais)	70	12,7
Capacidade total (canais)	24/par (T1)	672 canais/fibra (T3)
Comparação	21600	96768
	-	<b>4,5 vezes mais capacidade</b> <b>Diâmetro 5 vezes menor</b>



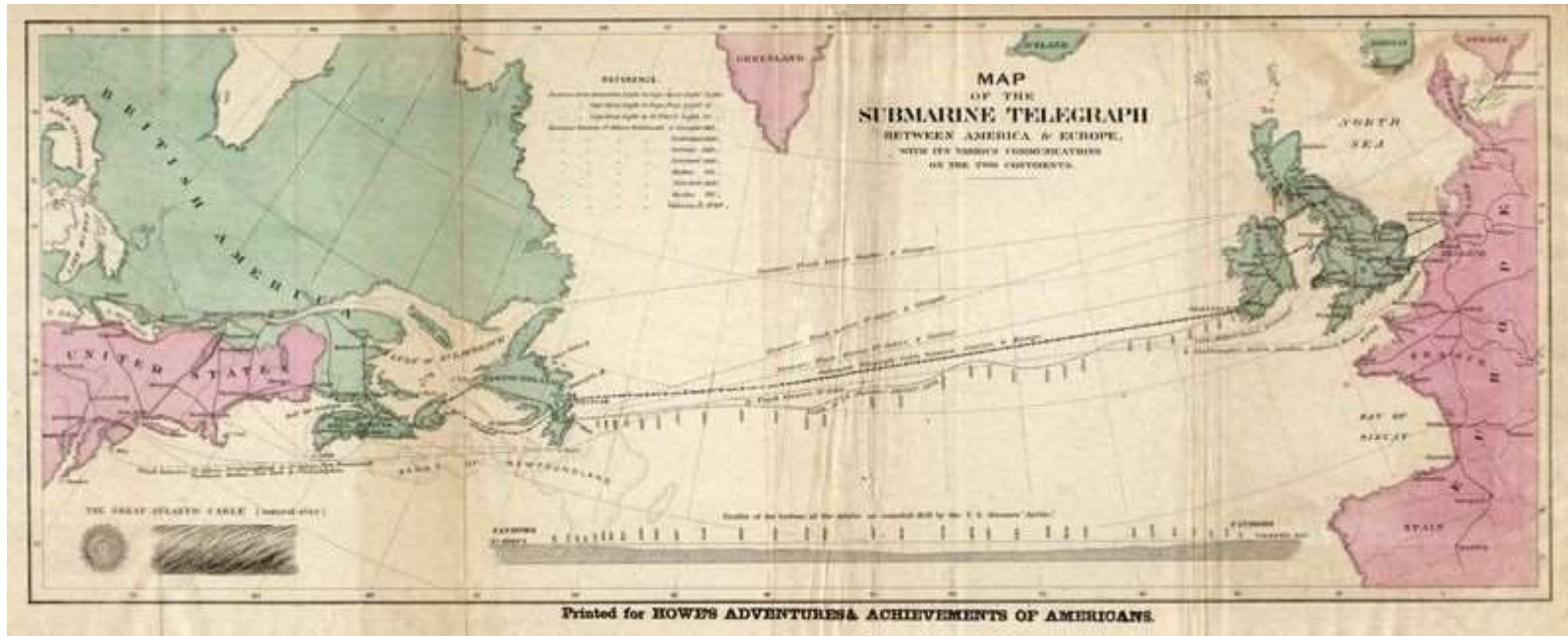
# Mapa da rede Level3



Ref.: <http://maps.level3.com>

# 1º Cabo elétrico submarino

---

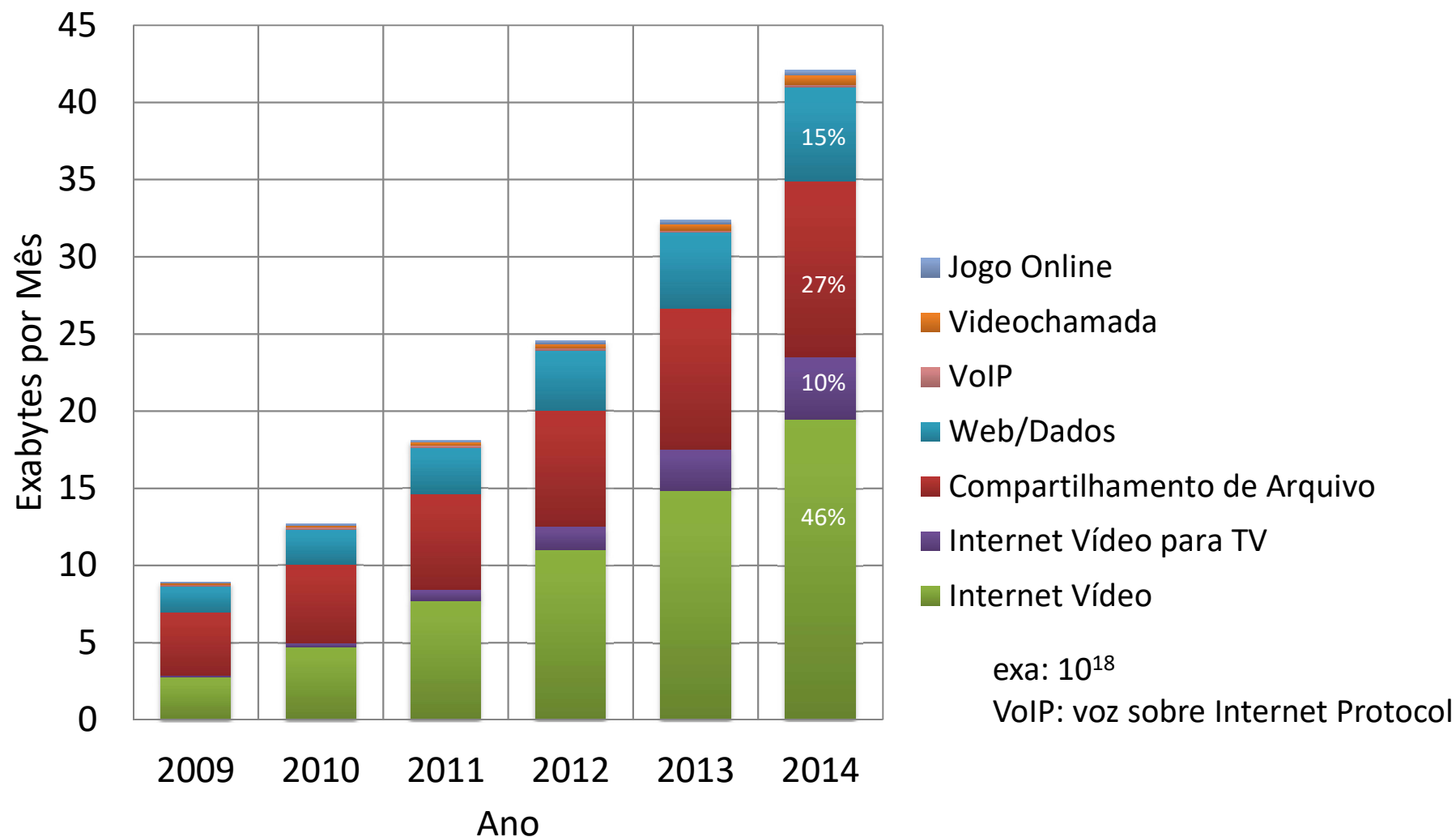


Atlantic Cable 1858, <http://atlantic-cable.com/Maps/index.htm>



[http://en.wikipedia.org/wiki/Transatlantic\\_telegraph\\_cable](http://en.wikipedia.org/wiki/Transatlantic_telegraph_cable)

## Cisco: Previsão de Tráfego Global de Internet (Consumidor)



Ref.: Cisco Visual Networking Index: Forecast and Methodology, 2009–2014  
Cisco Hyperconnectivity and the Approaching Zettabyte Era



# Tecnologias de acesso

Tecnologia	Down/Up (Mbps)	Nota
ADSL 2+	24/3,5	Par de fios
Cable modem	300/100	Coaxial
WiMAX	70	Brasil: 2,6; 3,5 e 5 GHz
Wi-Fi	11 a 54	
4 G LTE	50 (efetiva 5-10 Mbps)	1800; 2500 MHz
GPON (2,5 Gbps)	155/19,5	Fibra óptica; split 16/32/64/128
EPON (1,0 Gbps)	62,5/31,3	Fibra óptica; split 16/32

Par de fios, cabo coaxial; sem fio; fibra óptica

**ADSL:** 25 Mbps a 300 m; 16 Mbps a 2 km; 800 kbps a 5 km; cobre 0,4 mm

**WiMAX:** *Worldwide inter-operability for microwave access*, 6 a 9 km; Brasil: concessão blocos de 5 MHz; max 30 MHz

**LTE:** long term evolution; baseado em IP

**GPON:** Gigabit passive optical network

**EPON:** Ethernet passive optical network

# Cenário de banda de alguns serviços

Serviço	Downstream (bps)	Upstream (bps)
HDTV (vários canais)	30 M	50 k
SDTV (vários canais)	8 M	50 k
Jogo on line	10 M	10 M
Videoconferência / aprendizado	3 M	3 M
VoIP	110 k	110 k
HSI	5 M	2 M
Navegação multimídia	8 M	2 M
Trabalho em casa	4 M	2 M
<b>Total (estatística)</b>	<b>68 M</b>	<b>19 M</b>

Padrão	MPEG-2 (Mbps)	Típico (Mbps)	MPEG-4 (Mbps)	Típico (Mbps)
SDTV	2 - 5	3	1,5 - 2	1,5
HDTV	15 - 20	16	5 - 10	8

k:  $10^3$ ; M:  $10^6$

**HDTV**: High-definition television;

**SDTV**: Standard-definition television

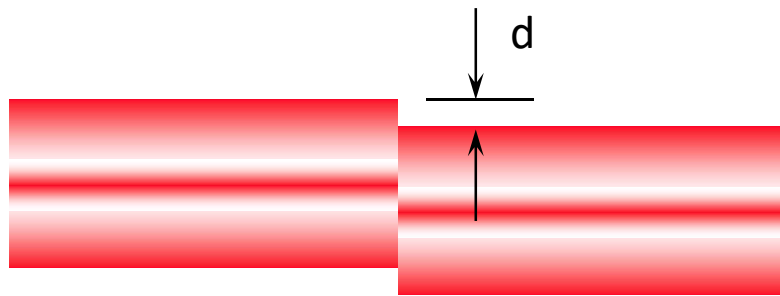
**HSI**: High speed interface; **VoIP**: Voice over Internet Protocol

*Ref.:* R. W. Heron *et al.*, "Technology Innovations and Architecture Solutions for the Next-Generation Optical Access Network", Bell Labs Technical Journal 13(1), 163–182 (2008)

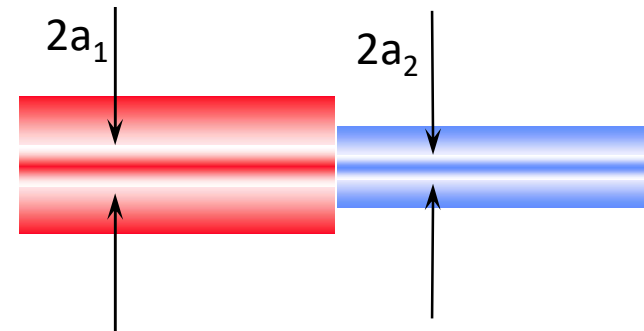
*Ref.:* The International Cablemakers Federation (ICF) [http://www.icf.at/en/6000/how\\_much\\_bandwidth.html](http://www.icf.at/en/6000/how_much_bandwidth.html)

# Desalinhamentos

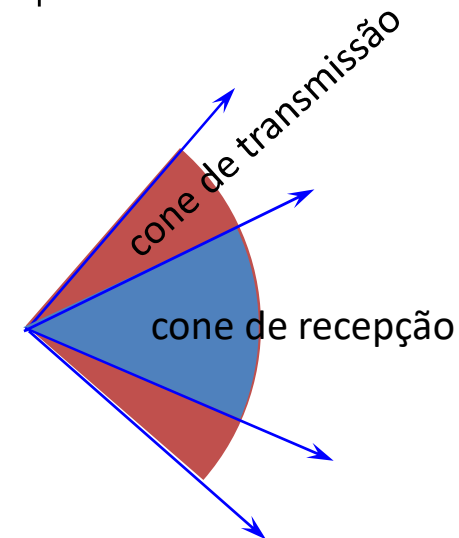
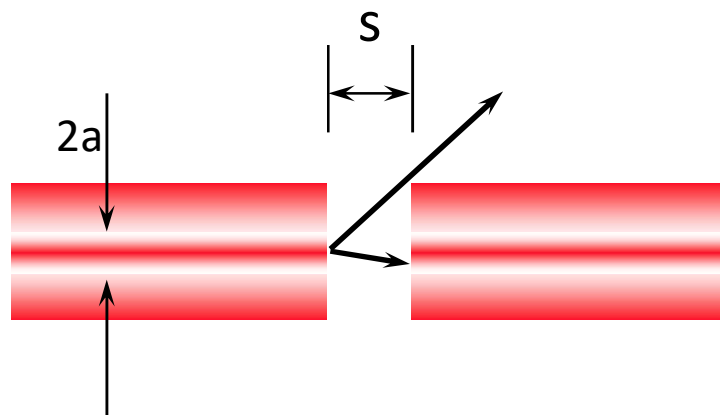
Lateral



Fibras diferentes

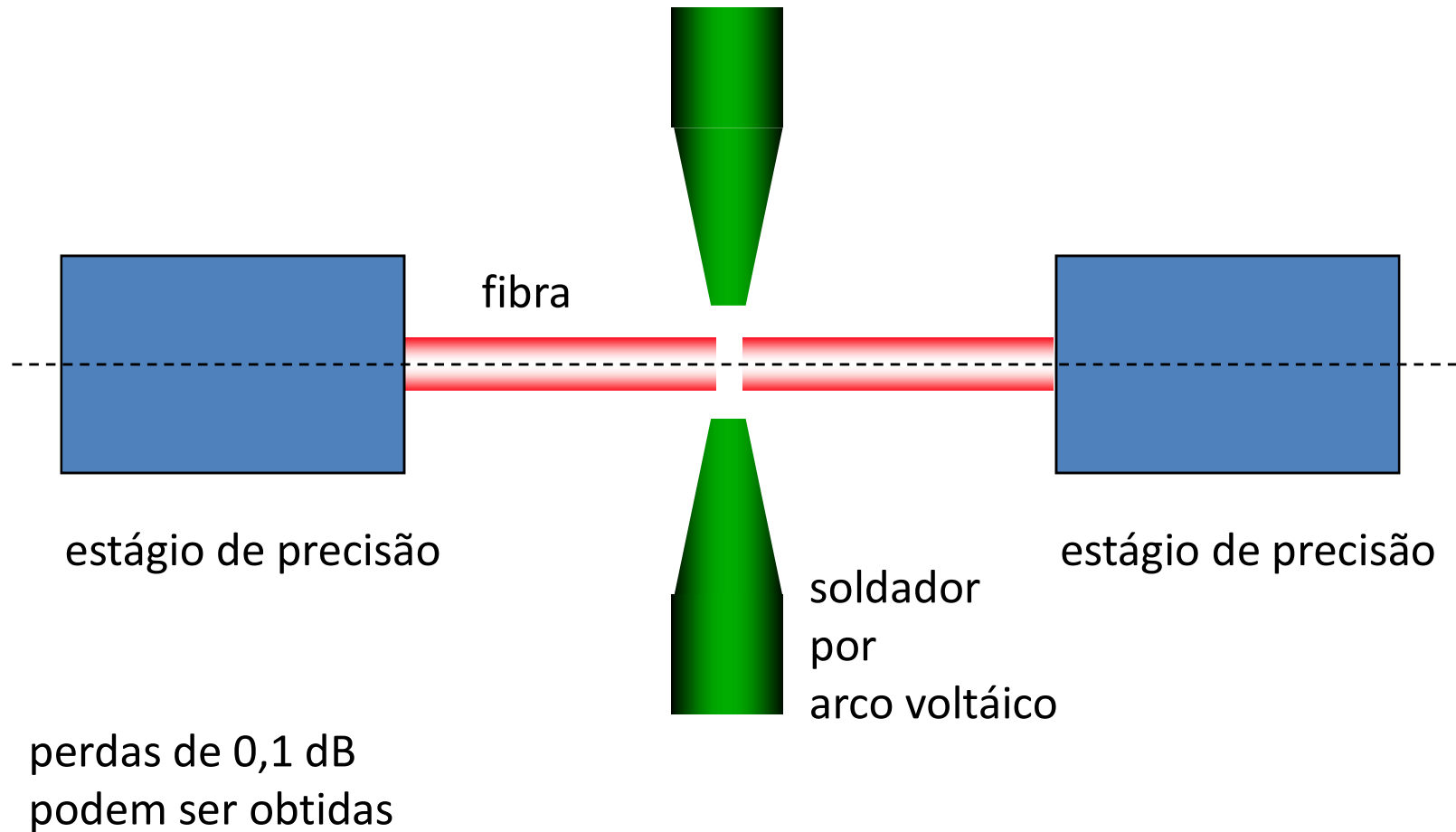


Longitudinal

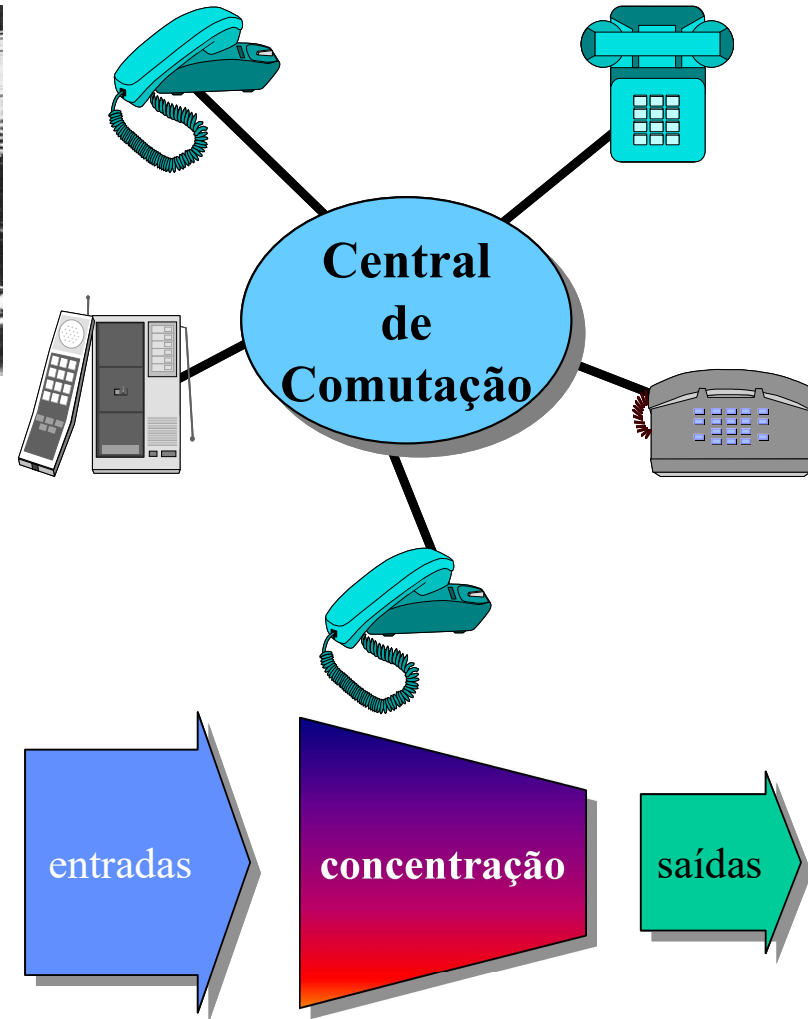
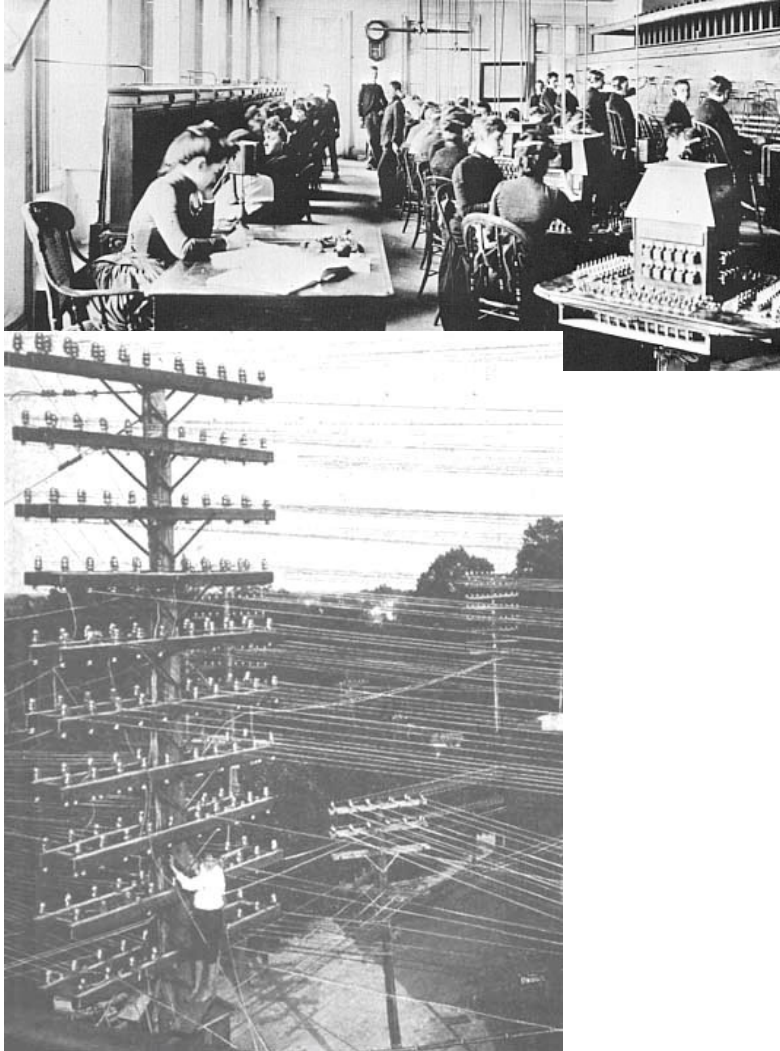


# Soldagem de fibras por fusão

---



# Central de comutação



# Cabos metálico e de fibra: comparação

Característica	Metal	Fibra
Tipo	RG-19/U (coaxial)	Típica
Atenuação (dB/km)	22,6 (100 MHz)	5,0
Diâmetro externo (mm)	28,4	2,5 mm (1 fibra)
Peso (kg/km)	1110	6,0

Característica	Cabo telefonia	Cabo fibra óptica
Diâmetro (mm)	900 pares trançados	144 fibras
Capacidade individual (canais)	70	12,7
Capacidade total (canais)	24/par (T1)	672 canais/fibra (T3)
Comparação	21600	96768
	-	<b>4,5 vezes mais capacidade</b> <b>Diâmetro 5 vezes menor</b>



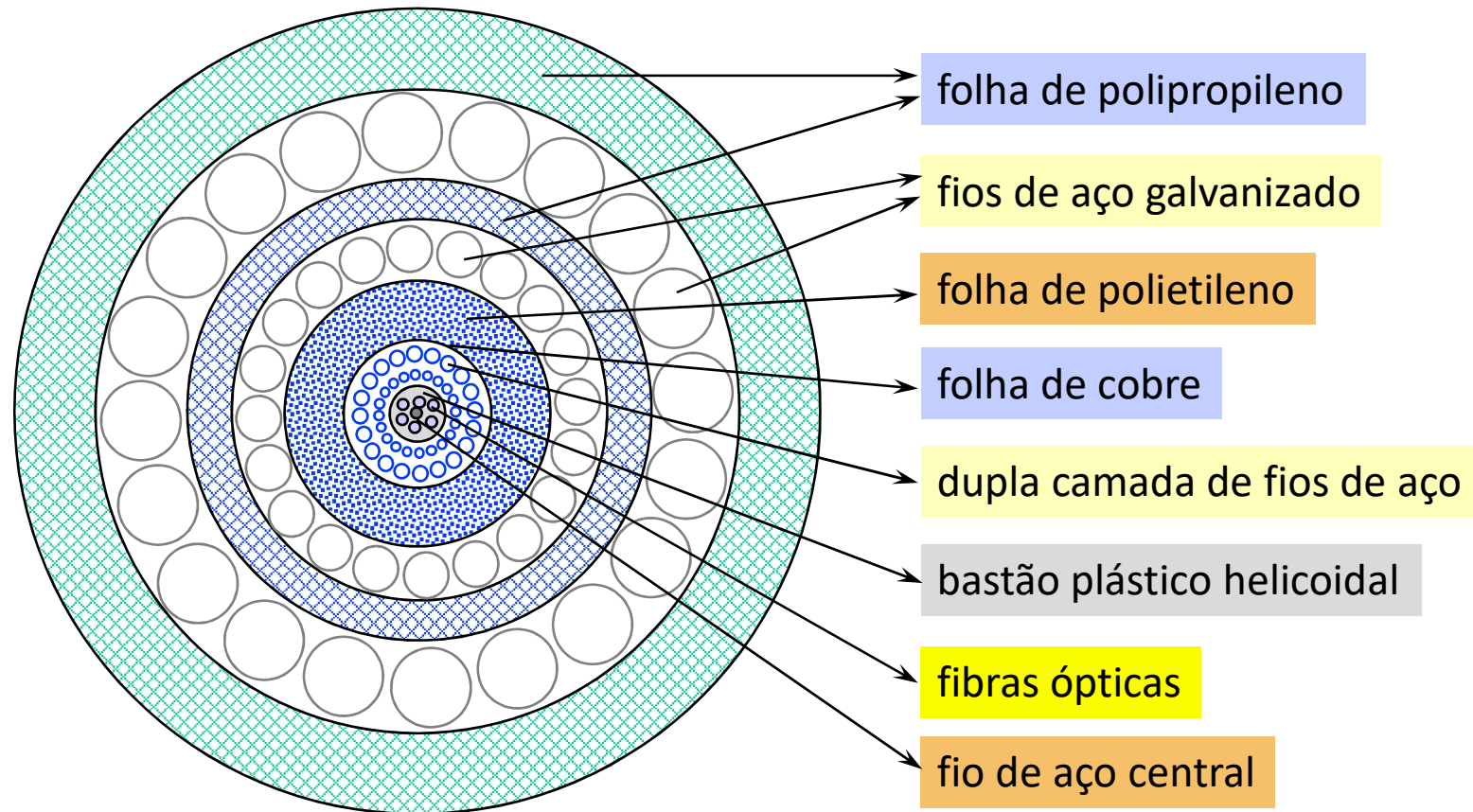
# Cabos de fibras

---





# Estruturas de cabos ópticos submarinos

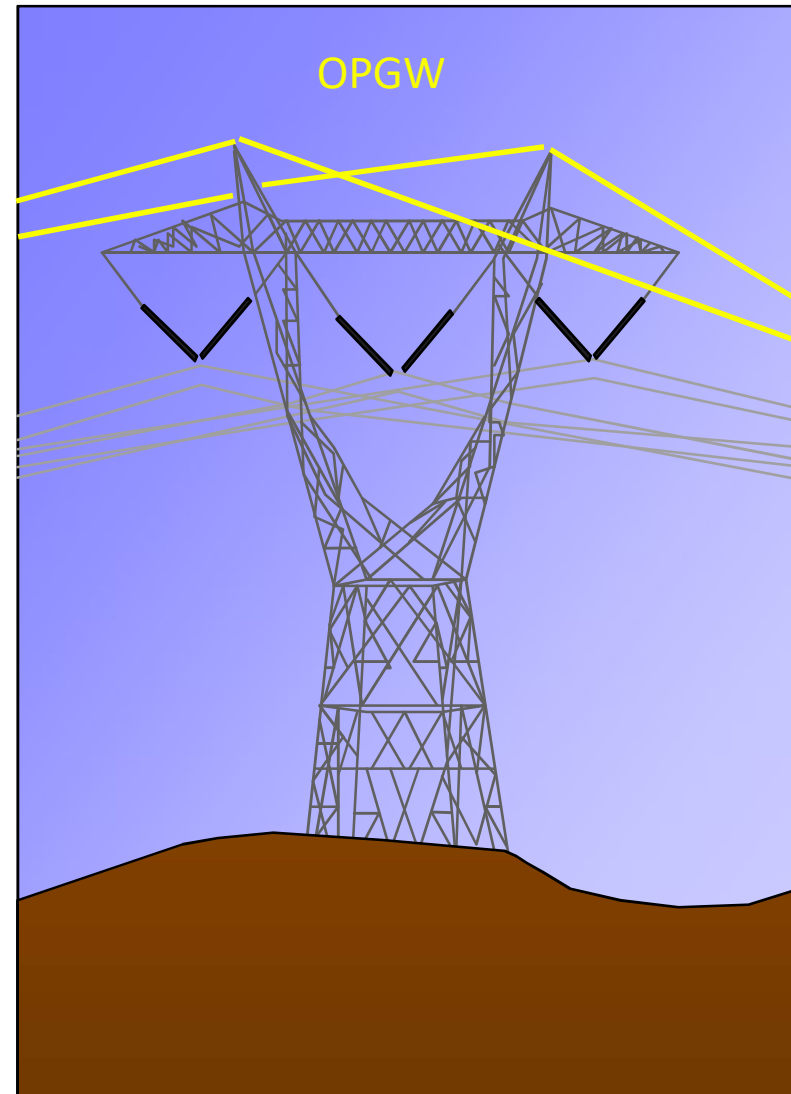


cabo Pirelli dupla armação

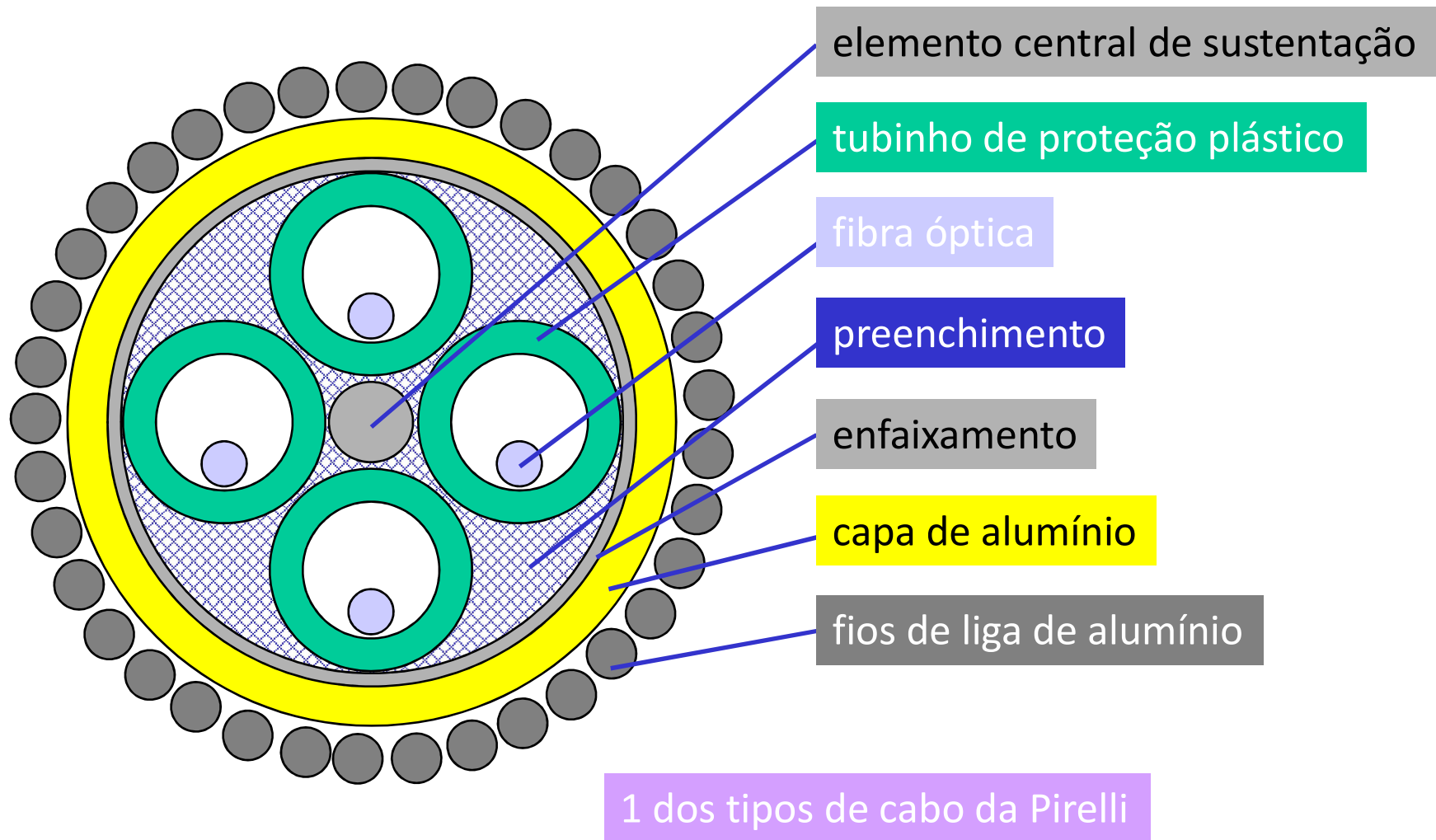


# Cabo óptico para-raios (OPGW)

- ✓ Solução mais adequada
- ✓ Imunidade às interferências é fator decisivo na adoção
- ✓ Atenuação reduzida permite o uso em trechos longos
- ✓ Instalação não requer alteração na infra-estrutura já instalada
- ✓ 10 sistema instalado no Brasil foi em Tucuruí, em 1984

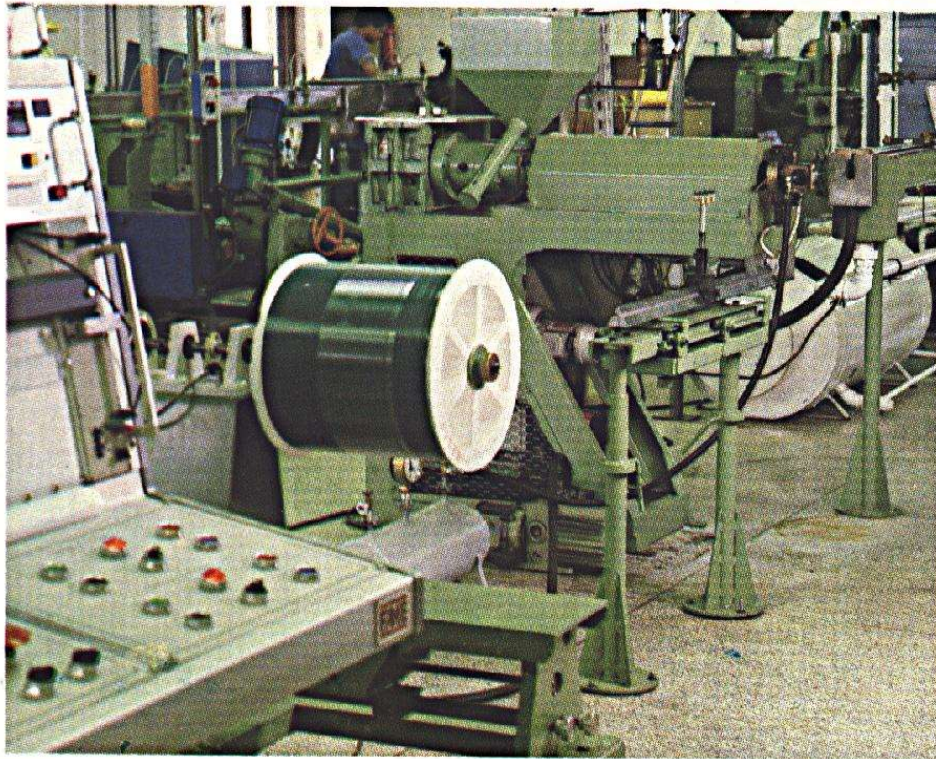


# Estrutura do cabo óptico para-raios

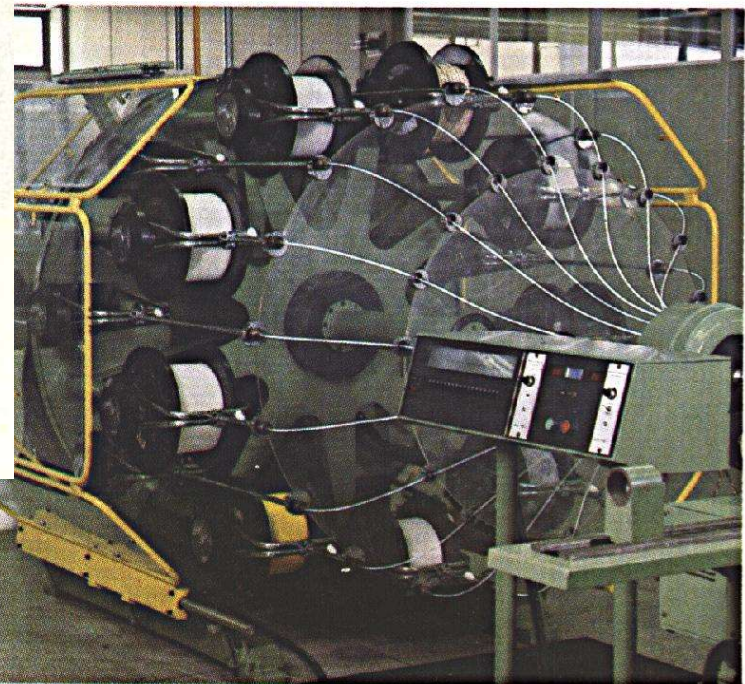
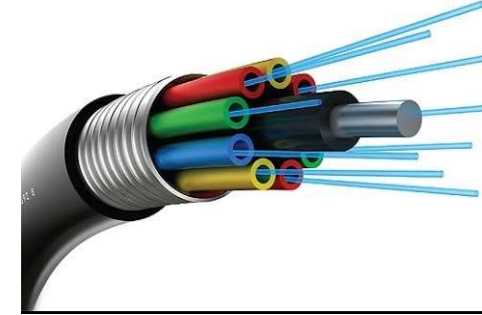




# Revestimento da fibra e fabricação do cabo



Linha de revestimento da fibra ótica



A formação do núcleo do cabo é feito com maquinário especializado

Fonte: catálogo da Pirelli

# Aplicação em sistemas

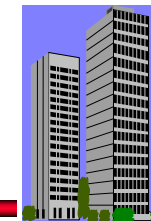
---

## ✓ Monomodo

- Enlaces de curta e longa distâncias
  - entroncamentos urbano, interurbano, submarino
  - transmissão de telefonia básica, dados, CATV
- Fonte : LASER

## ✓ Multimodo

- Enlaces de curta distância
  - redes de computadores (Local Area Network-LAN)
  - transmissão de dados, voz, vídeo
- Fonte : LED ou LASER



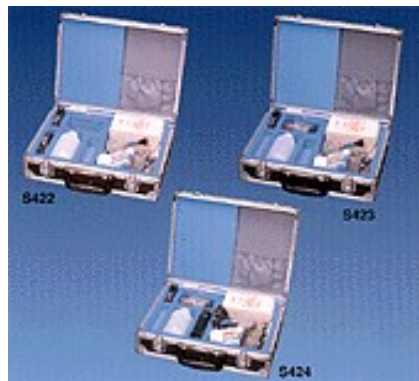


# Máquina de soldar fibras

---



Kits para clivagem



Máquinas de soldagem



[www.furukawa.com](http://www.furukawa.com)

# Iluminação com fibra óptica

---



Exterior



Decoração



Exterior



Teatro



Letreiros



Fonte luminosa

# Vídeos

---

Como a fibra é fabricada

[http://www.youtube.com/watch?v=III8Mf\\_faV\\_o](http://www.youtube.com/watch?v=III8Mf_faV_o)

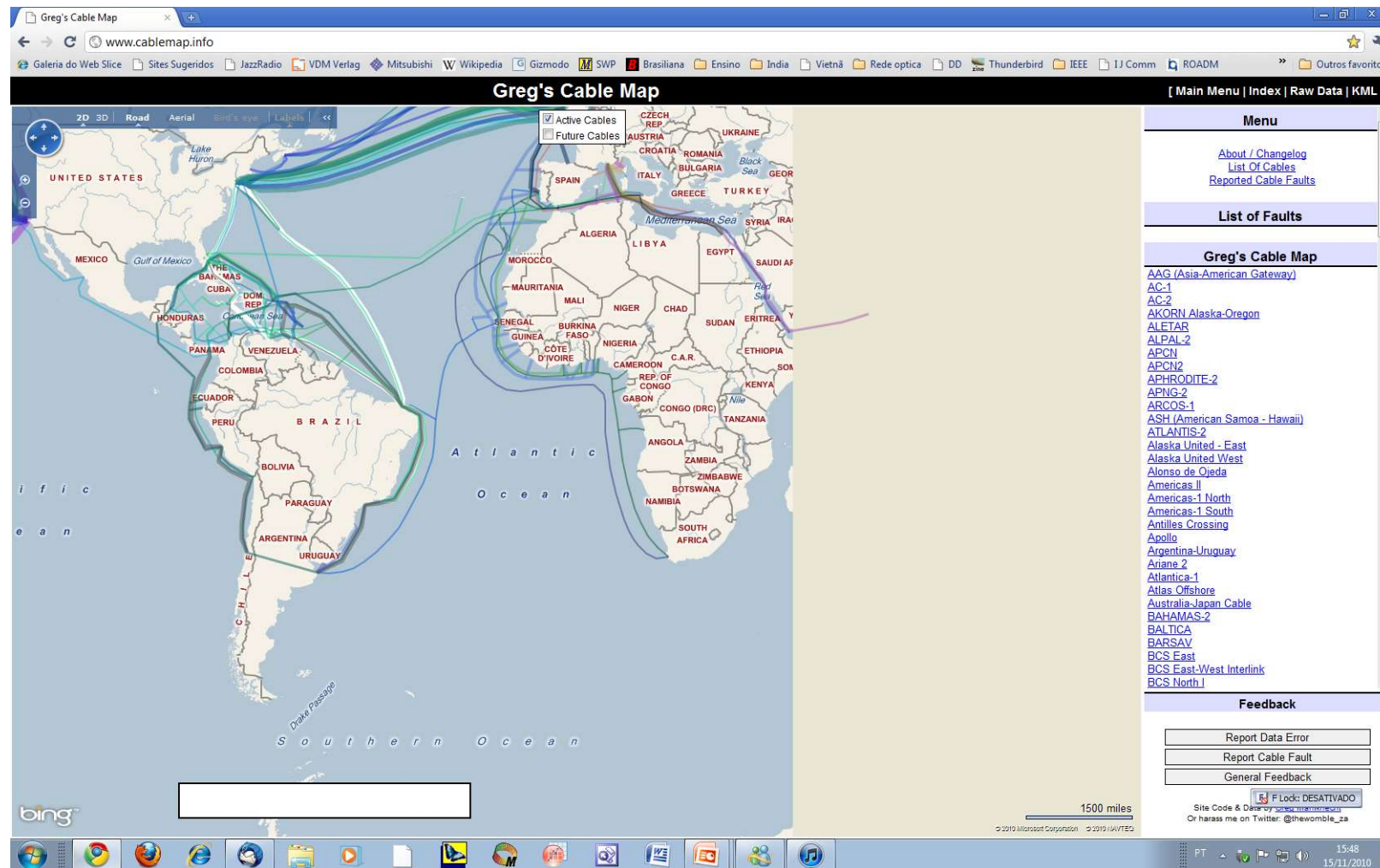
Instalação submarina  
Cabo Africa

[http://www.youtube.com/watch?v=dOyKdJWP\\_lZY](http://www.youtube.com/watch?v=dOyKdJWP_lZY)

[http://www.youtube.com/watch?v=XQVzU\\_YQ3IQ&feature=related](http://www.youtube.com/watch?v=XQVzU_YQ3IQ&feature=related)

<http://www.youtube.com/watch?v=dW0Fp-bbKWI&feature=fvw>

# Mapas de cabos ópticos



Ref: [www.cablemap.info/](http://www.cablemap.info/)

Ref.: [www.teletime.com.br/especiais/backbones/provedores.htm](http://www.teletime.com.br/especiais/backbones/provedores.htm)



# Referências

---

- ✓ Avionics Optical Cables, OFS Optics, Furukawa Co. (bom texto)
  - [www.ofsoptics.com/pdf/avionics\\_brochure.pdf](http://www.ofsoptics.com/pdf/avionics_brochure.pdf)
- ✓ Aertec: Fiber optics in aircraft
  - [www.aertecsolutions.com/2014/03/03/fiber-optics-on-aircrafts/?lang=en](http://www.aertecsolutions.com/2014/03/03/fiber-optics-on-aircrafts/?lang=en)
- ✓ Photonics: Fiber optics in avionics: Upward bound
  - [www.photonics.com/Article.aspx?AID=43343](http://www.photonics.com/Article.aspx?AID=43343)
- ✓ Tomorrow's airplanes may have fiber optic sensors
  - <http://sti.epfl.ch/page-81186-en.html>
- ✓ On Airplanes, Fiber Optics Poised To Reach New Heights
  - [www.sciencedaily.com/releases/2006/09/060918164717.htm](http://www.sciencedaily.com/releases/2006/09/060918164717.htm)
- ✓ Fiber Optics For Flight Control Systems: Bryan William Harris, University of Dayton, master thesis
  - [https://etd.ohiolink.edu/!etd.send\\_file?accession=dayton1418340523&disposition=inline](https://etd.ohiolink.edu/!etd.send_file?accession=dayton1418340523&disposition=inline)
- ✓ Aircraft Fiber Optic Maintenance, KITCO Fiber Optics
  - [www.copybook.com/companies/kitco-fiber-optics/articles/aircraft-fiber-optic-maintenance](http://www.copybook.com/companies/kitco-fiber-optics/articles/aircraft-fiber-optic-maintenance)
- ✓ Luna: sensores
  - [www.youtube.com/watch?v=T-ZVWUx8gBo&feature=youtu.be](http://www.youtube.com/watch?v=T-ZVWUx8gBo&feature=youtu.be)