

***Panorama de Cabos Submarinos no Brasil:
Passado, presente e futuro.***

IX Fórum 14

Rogério Mariano – Network Edge Strategy, Director @Azion



- O passado e seu histórico**
- Um breve resumo**
- Cabos submarinos: estrutura de negócio**
- O atual Sistema brasileiro de cabos submarinos**
- Novos projetos nacionais e novas ramificações**
- Tendências e desafios**

O passado e seu histórico

Um resumo da história – Parte I

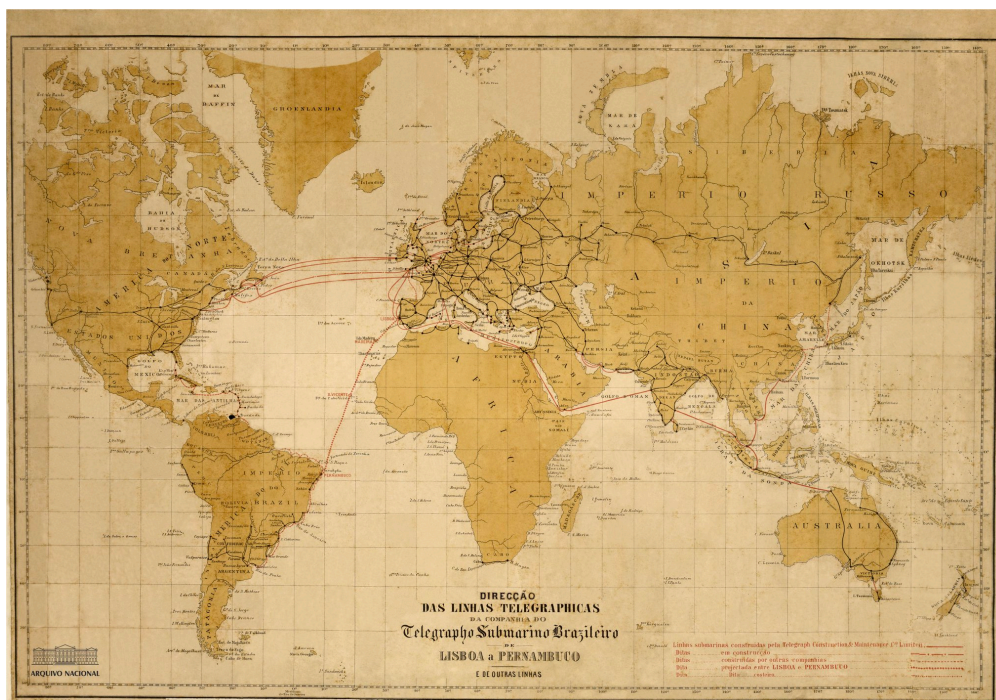


Mapa da Rede Telegrafica do Brasil – Ano 1890

Fonte: Arquivo Nacional

- 1857: No Brasil, o primeiro cabo submarino fez parte da primeira linha telegráfica brasileira. Foi inaugurado em 1857 e interligava a Praia da Saúde no Rio de Janeiro com a cidade de Petrópolis. **A linha tinha extensão total de 50km, sendo 15km em cabo submarino.**
- 1872: A primeira ligação internacional por cabo submarino no Brasil deveu-se à iniciativa de Irineu Evangelista de Sousa (Visconde de Mauá), que pelo Decreto n. 5.058 de 16/08/1872, obteve o privilégio, por 20 anos, para lançar cabos submarinos e explorar a telegrafia elétrica Brasil x Europa. **Podemos então afirmar que o Visconde de Mauá foi o precursor e detentor do primeiro contrato de IRU (indefeasible right of use) no Brasil !**

Um resumo da história – Parte II



Mapa da Rede Telegrafica Global – Ano 1876

Fonte: Sociedade Brasileira de História de Ciência

- ❑ 1874: Os primeiros cabos totalmente submarinos foram inaugurados por D. Pedro II em 1874, interligando o Rio de Janeiro, Salvador, Recife e Belém. A linha Recife, João Pessoa, Natal foi estabelecida em 1875.
- ❑ 1875 - 1925: Em 1893 a companhia inglesa South American Cables Ltd instalou um cabo submarino em Fernando de Noronha. Posteriormente, em 1914, a concessão deste cabo foi transferida para a França. Um segundo cabo submarino em Fernando de Noronha foi lançado pelos italianos da Italcable em 1925.

Um breve resumo:

Rede Submarina, Planta Molhada e Planta Seca



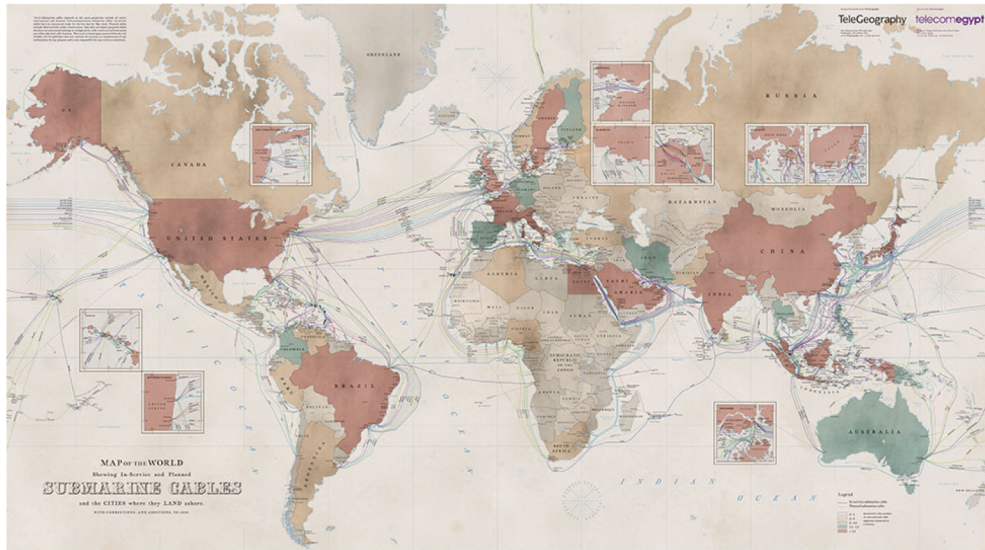
Para compreender todos os aspectos de um sistema de cabos submarinos de forma mais empírica, favor ver o link a seguir no tutorial: "**Jules Verne e as 20.000 Léguas de Cabos Submarinos: Uma verdadeira história sobre cabos submarinos**"

<https://www.lacnic.net/innovaportal/file/4756/1/lacnog2020-rogerio-mariano-subsea-cable.pdf>

Cabos Submarinos – A Rede Atual

☐ Cabos Submarinos desempenham papéis importantes como infraestrutura global hoje em dia

- 1995 → Cabo Submarino: Satélite = 50:50
- 2020 → Cabo Submarino: Satélite = 99:1



Submarine Cable Map 2020

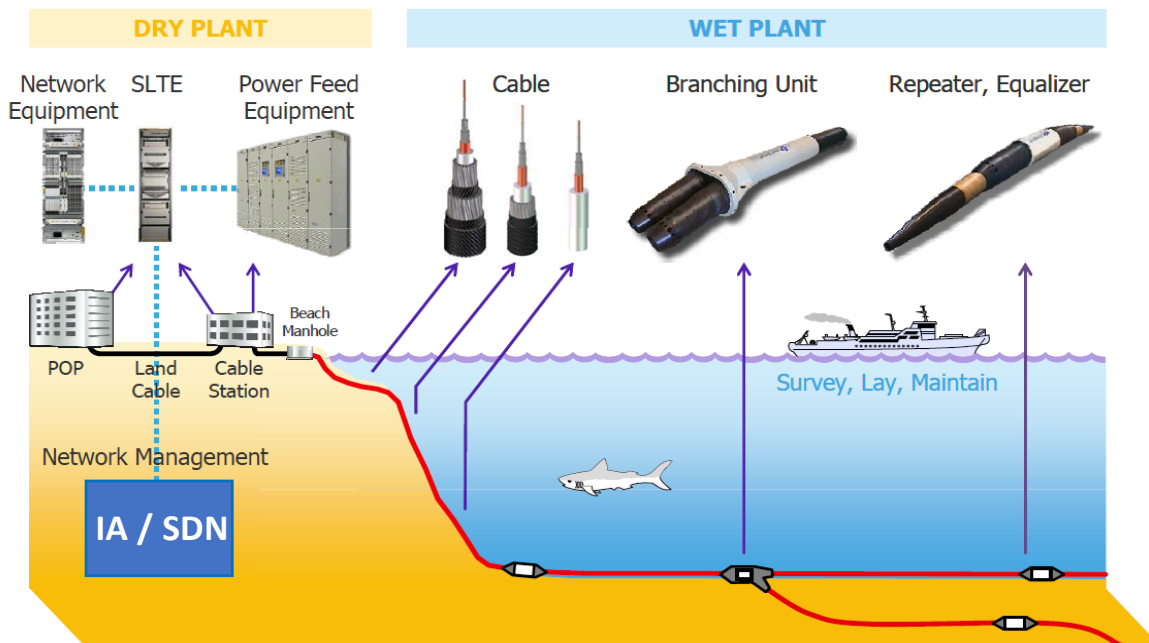
Fonte: *TeleGeography*

☐ Cenário em 2020

- ~447 Cabos Submarinos.
- ~1.194 CLSs (Cable Landing Stations)
- ~100 mil km de novos cabos submarinos por ano.

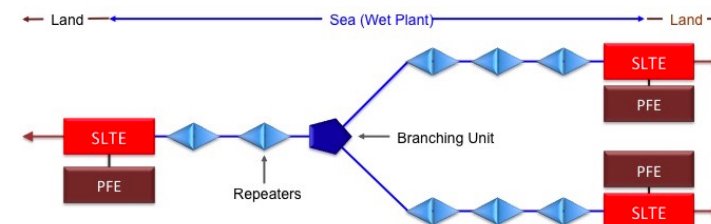
<https://submarine-cable-map-2020.telegeography.com/>

Um Típico Sistema de Cabo Submarino



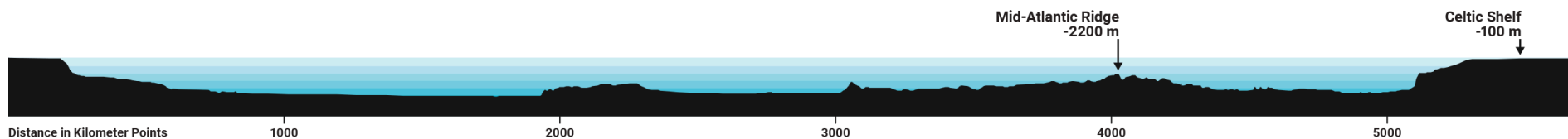
Modelo tradicional de arquitetura e conexão de um cabo submarine

Fonte: ICPC



Cabo Submarino – Desenho de Alto Nível

Fonte: Ciena



Exemplo de perfil do leito marinho de rota de um cabo transatlântico

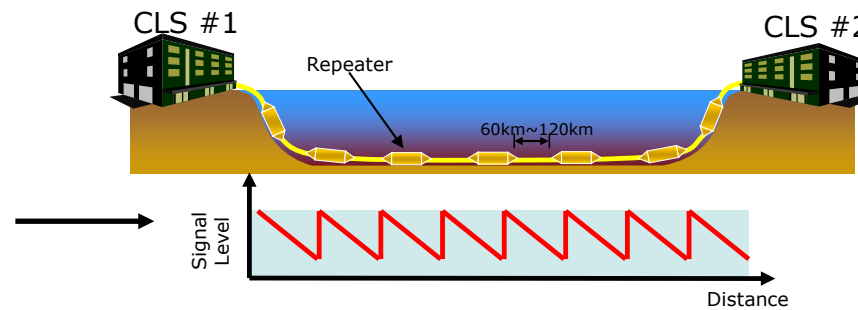
Fonte: TeleGeography

Cabos Submarinos – Topologia

Classificação do Sistema

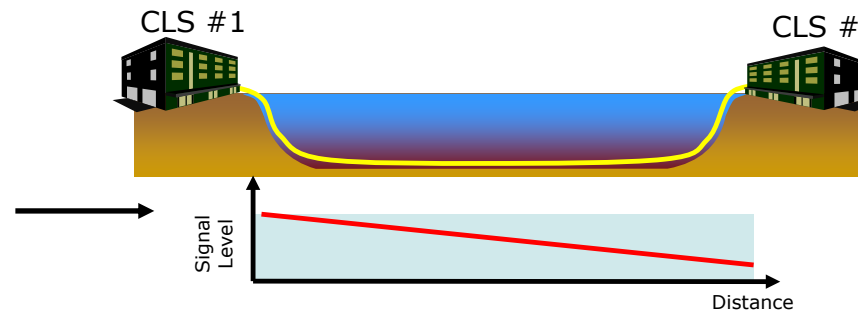
☐ Repetida

- Amplificado por repetidores.
- ~ 15.000km.
- Aplicação Transoceânica.



☐ Não Repetida

- Não amplificado.
- < 400km.
- Aplicação regional.



Topologia
 Fonte: NEC

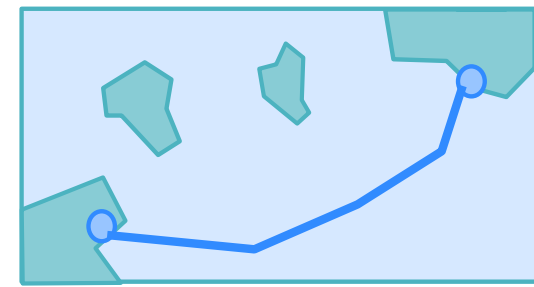
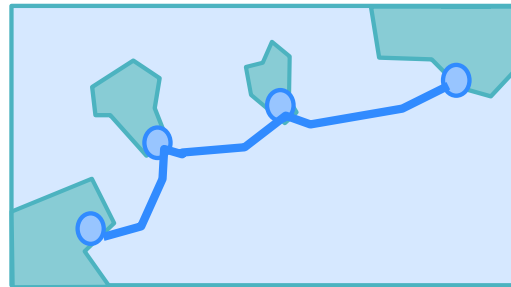
Cabos Submarinos – Topologia

Sistemas Regionais (Repetidos vs Não Repetidos)

□ Sistemas Regionais

- Sistemas repetidos e não repetidos são candidatos.

Topologia
Fonte: NEC



	Repetido	Não Repetido (Festoon)
Conexão	Ponto-a-Ponto	Festoon
Capacidade (FPs)	2 ~ 20 FP	~ 50 FP
Custo do Sistema	Equipamento: Repeater, Cable, PFE Instalação: Vessel + Landing	Equipamento: Cable w/o copper Instalação: Vessel + Multiple Landing

Cabos Submarinos – Topologia

Sistema transoceânico Repetido

❑ Sistema transoceânico

- Em sistemas transoceânicos, existem várias opções para a topologia da rede.

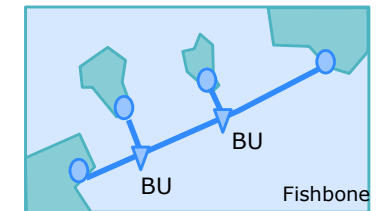
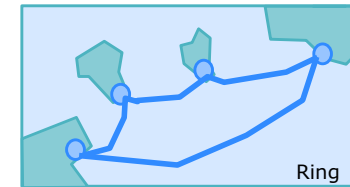
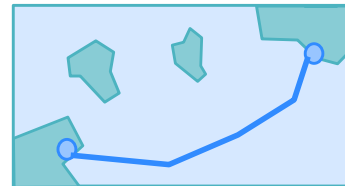
❑ Ponto-a-Ponto

❑ Anel

- Redundância de cabo como diversidade de rota.

❑ Espinha de Peixe (Fishbone)

- Redundância de fibra como anel colapsado.
- Vários caminhos ópticos (OADM fixo, OADM selecionável, OADM reconfigurável).
- Vários caminhos de alimentação (non-switching, power switching).



Topologia
Fonte: NEC

Cabos Submarinos – Capacidade do Cabo



❑ Quanta informação um cabo pode transportar ?

- As capacidades dos cabos variam muito. Normalmente, os cabos mais novos são capazes de transportar mais dados do que os cabos instalados há 15 anos. Alguns cabos transatlânticos, por exemplo, são capazes de transportar 208 Tbps.
- **Existem duas maneiras principais de mensurar a capacidade de um cabo..**

❑ Capacidade Potencial (aka, Potential Capacity)

- É a quantidade total de capacidade que seria possível se o proprietário do cabo instalasse todo o equipamento disponível nas extremidades do cabo. **Essa é a métrica mais citada no mercado.**

❑ Capacidade Acesa (aka, Lit Capacity)

- É a quantidade de capacidade que realmente está passando por um cabo. Esta figura simplesmente fornece outra métrica de capacidade. **Proprietários de cabos raramente compram e instalam o equipamento de transmissão para realizar totalmente o potencial de um cabo desde o primeiro dia.** Como esse equipamento é caro, os proprietários preferem atualizar seu cabo gradualmente, conforme a demanda do cliente.

Cabos Submarinos – Capacidade do Cabo

- ❑ Capacidade do Cabo = (Densidade Espectral) X (Largura de banda de fibra) X (No. de Pares de Fibra)
- ❑ Densidade Espectral (bits/s per Hz)
 - Aumenta rapidamente ao aumentar a taxa de bits do canal.
- ❑ Largura de banda de fibra
 - Determinado pelo espectro de Erbium do EDFA.
- ❑ No. de Pares de Fibra
 - O número do pares de fibras são tradicionalmente 4FP a 6FP, máximo 8FP.
 - Agora os novos cabos SDM habilitam 12FP, 16FP, 24 FP.

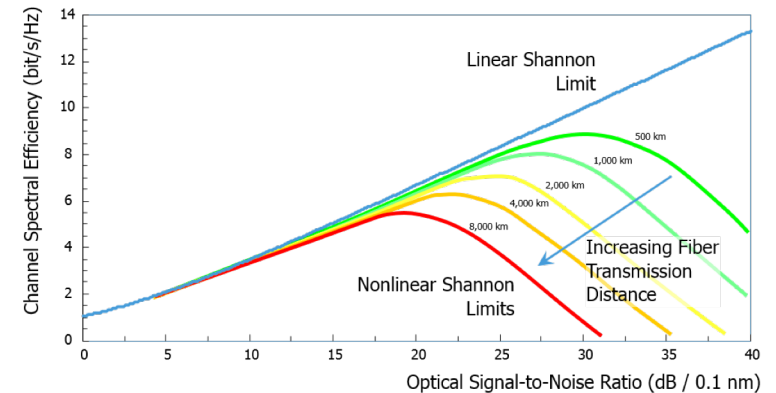
Tipo de fibra submarina: pode ser Sumitomo Z+ 130 ou OFS SCUBA. Na prática para medir capacidade em um cabo submarino a melhor métrica não é a quantidade de canal ou capacidade de cada canal. A melhor métrica sempre é Bits/Hz.

A fibra mais moderna hoje para cabo submarino é de 0,15db/km e tem outra característica em comum que é a maior área efetiva, permitindo lançar o sinal com uma potência maior sem causar efeitos não lineares.

Shannon Limit Factor

$$C = B \log_2(1 + \text{SNR})$$

↑ Channel capacity ↑ Bandwidth ↑ Signal to noise ratio



Cabos Submarinos: Estrutura de Negócio

Cabos Submarinos - Arcabouço

- ❑ **Cabos submarinos têm uma *grande complexidade técnica***
 - Eles são compostos por vários componentes de alta tecnologia que requerem conhecimento de engenharia para projetar, avaliar, operar e manter.
- ❑ **Existe também uma *alta complexidade administrativa***
 - Restrições multinacionais.
 - Relações de longo prazo com fornecedores.
 - Considerações geopolíticas.
- ❑ ***Habilidades específicas* são necessárias para vários aspectos de um projeto de sucesso**
 - Operações marítimas, jurídicas, engenharia óptica, finanças, licenciamento, planejamento, negociações, etc..
- ❑ **E a *escala de tempo é* *significante***
 - Da concepção ao contrato em vigor: ~6 meses até ~24 meses.
 - Construção: ~12 meses até 24+ meses.
 - Operação: 25 anos (técnica) e ~17 anos (comercial).

Cabos Submarinos – Decisão de Construção

❑ Quais são os drives para se construir um novo cabo submarino no Brasil

❑ Análise de Conectividade (conectar países através dos oceanos)

- População
- Penetração da Internet
- Conectividade existente (é escalável ?)
- Interconexão dentro da rede global (é cabível ?)
- Alavancas: Cloud, Edge Computing, Game, 5G, AR/VR, Streaming, IoT, REN (Educação e Pesquisa)

❑ Análise Financeira

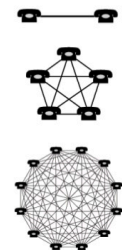
- Existe um retorno sobre o investimento ?
- Em que prazo ?

❑ Lei de Metcalfe

- O valor de uma rede de telecomunicações é proporcional ao quadrado do número de usuários do sistema

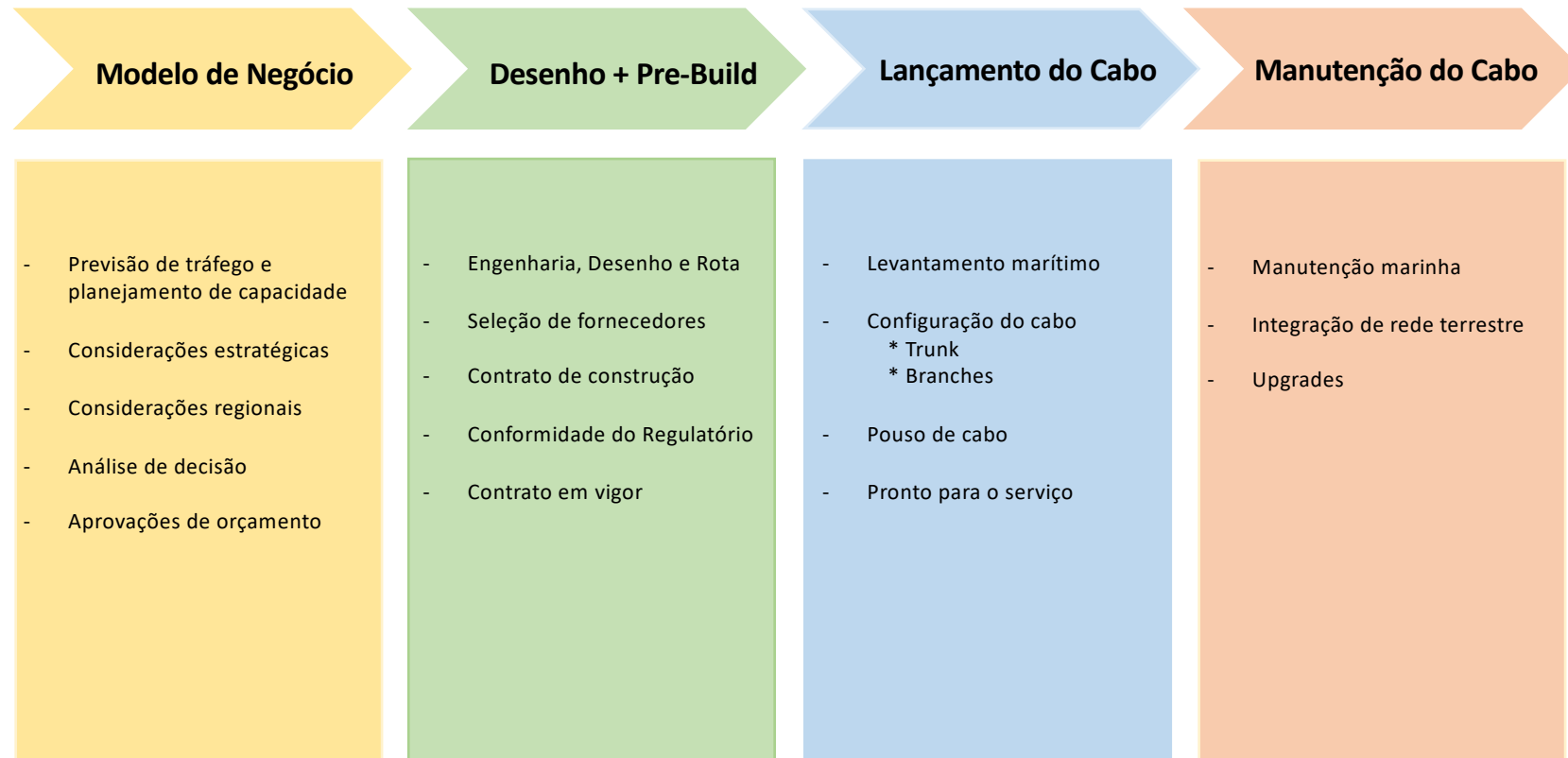
Lei de Metcalfe

$$\frac{n(n-1)}{2}$$



Cabos Submarinos – Planejamento

Como se planeja um cabo submarino que se conecta ao Brasil



Cabos Submarinos – Custos e Avaliação

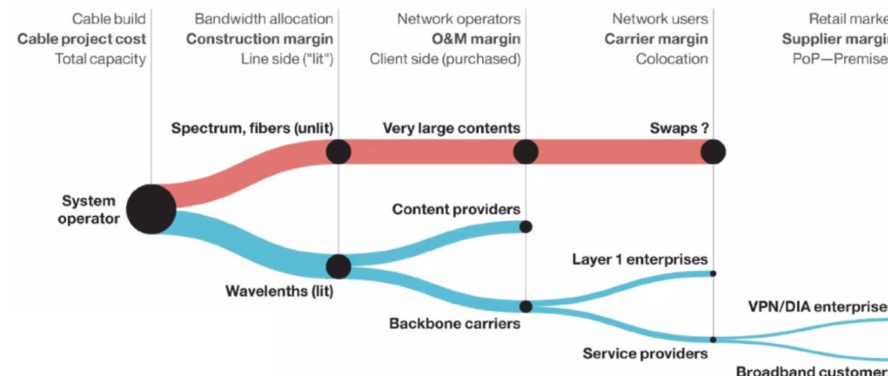
Quantos custa construir um cabo submarino ?

- **A partir de \$10M (USD)** → Sistema não repetido ponto-a-ponto, curta distância, mas ainda sim pode ser internacional.
- **Até \$1Bi (USD)** → Sistema transoceânico intercontinental multi-ponto.

O modelo de negócio de um cabo submarino envolve avaliar:

- A oportunidade.
- Benefícios/receitas potenciais.
- Risco e mitigações.
- Soluções técnicas disponíveis.
- Custo (VPL/WACC).
- Linha do tempo.
- Impacto nas operações atuais.
- Capacidade de entregar o projeto.

Cable bandwidth supply chain



Cabos Submarinos – Mercado

☐ Mercado e Tráfego

☐ transoceânico

- Alta demanda, potencialmente muitos vendedores de capacidade.
- Capacidade tende a se tornar uma mercadoria.

☐ Regional

- Menos demanda, potencialmente menos vendedores.
- Menos pressão de preço, compra de longo prazo.
- A capacidade continua sendo um recurso estratégico.

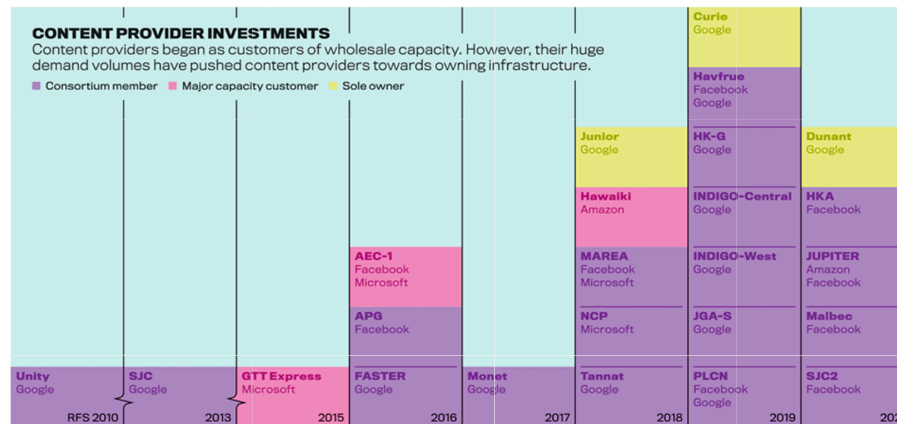
☐ Avaliação de Mercado

- Qual é o mercado endereçável para o cabo ?
- Por que o cabo é necessário ?
- Para onde vai esse cabo ?
- Quem fará uso deste cabo ?
- Quando este cabo estará pronto para serviço ?
- Como esse cabo atenderá aos requisitos agora e no futuro ?

Cabos Submarinos – Os donos

☐ Quem é o dono desses cabos submarinos ?

- Os cabos eram tradicionalmente propriedade de operadoras de telecomunicações, que formavam um consórcio de todas as partes interessadas em usar o cabo. No final da década de 1990, um influxo de empresas empreendedoras construiu muitos cabos privados e vendeu a capacidade aos usuários.
- Tanto o modelo de **consórcio** quanto o de **cabo privado** ainda existem hoje, mas uma das maiores mudanças nos últimos anos é o tipo de empresas envolvidas na construção de cabos
- **Provedores de conteúdo como Google, Facebook, Microsoft e Amazon são os maiores investidores em novos cabos.** A quantidade de capacidade implantada por operadoras de rede privada - como esses provedores de conteúdo - ultrapassou as operadoras de backbone da Internet nos últimos anos. Diante da perspectiva de crescimento maciço contínuo da largura de banda, a posse de novos cabos submarinos faz sentido para essas empresas.



O atual Sistema brasileiro de cabos submarinos

Cabos Submarinos – Brasil (Ecossistema de Interconexão)



- ❑ Os principais atores do ecossistema brasileiro de interconexão
 - **04 Landing-Points**
 - **05 Incumbentes:** Claro, Oi, Telefonica, TIM e Algar (ULH, LH, Eyeball e Móvel).
 - **05 Operadores de Cabos Submarinos:** Telxius, Globenet, Sparkle, Angola Cables e Seaborn.
 - **33 IXPs do IX.br.**
 - **~ 7300 ISPs** (consolidadores, regionais, locais e pequenos).
 - **Neutral Datacenters** (Equinix, Ascenty, ODATA, HostDime, TIVIT, etc..) e alguns IXPs privados.
 - Vale incluir os **usuários brasileiros** (~134 milhões de usuários, pelo mapa da TIC Domicílios 2019).

Cabos Submarinos – Brasil (Ecossistema de Cabo Submarino)



- Os principais pontos sobre o ecossistema de cabos submarinos no Brasil
 - 04 Landing-Points, sendo **01 considerado como grande hub intercontinental (Fortaleza, Praia do Futuro)** pela comunidade de cabos submarinos, **03 relevantes (Santos, Praia Grande - Rio de Janeiro, Recreio dos Bandeirantes e Salvador, Praia do Flamengo e Praia da Armação)** embora também sejam intercontinentais.
 - Proprietários dos cabos: Web-Scales, consórcios (incumbentes, web-scales, fundo de investimentos), operadoras de cabos.
 - Regulatório: ANATEL, Marinha do Brasil, IBAMA e UNCLOS (United Nations Convention on the Law of the Sea)
 - Propriedade Tecnológica : US, FR, CN e JP (**O Brasil por algum tempo deteve a soberania tecnológica nacional para construção de equipamentos e sistemas de cabos submarinos com a empresa Padtec Submarine, mas a em Janeiro/2019 a mesma foi vendida para IPG Photonics).**

Cabos Submarinos – Brasil (Ecossistema do Cabo Submarino)



- ❑ **Os principais pontos sobre o ecossistema de cabos submarinos no Brasil**
 - Comercialização: Indefeasible Right of Use (IRU), capacidade, Spectrum Sharing, O&M..
 - Algumas operadoras de cabos submarinos também ofertam outros serviços como aluguel, fibra apagada, IP Transit, peering remoto e colocation.
 - **O IRU não existe claramente no direito brasileiro, os advogados são constantemente consultados para criar estruturas jurídicas que confirmam maior segurança àquele que não pode perder o acesso e o uso dos cabos.**
 - Muitas pessoas confundem o regulatório do cabo submarino com parte da LGT (Lei Geral de Telecomunicações) que aborda a RGI Classe V da Anatel para SCM.

Cabos Submarinos – Sistemas Brasileiros

Os sistemas atuais do Brasil

Cabo	Brasil Landing Station	RFS	EOS	Comprimento (Km)	Proprietário	Capacidade Potencial (Tbps)	Quantidade de FPs	Comprimentos de Onda por FP	Capacidade por Comprimentos de Onda (Gbps)
BRASIL FESTOON	14 cidades do Nordeste ao Sudeste	1996	2021	2.543	Claro	-	-	-	-
ATLANTIS-II	Fortaleza e Rio de Janeiro	1999	2024	13.100	Consortio (inclui Claro Brasil)	0.16	2	8	40
SAM-1	Fortaleza, Salvador e Santos	2001	2026	24.140	Telxius	19.2	4	48	100
GLOBENET	Fortaleza e Rio de Janeiro	2001	2026	22.690	Globenet	9.2	4	-	200
SAC	Fortaleza, Rio de Janeiro e Santos	2001	2026	15.983	Lumen e Telecom Italia Sparkle	4.84	4	30	40
AMX-1	Fortaleza, Rio de Janeiro e Salvador	2014	2039	17.800	Claro	50	-	100	100
MONET	Fortaleza e Santos	2017	2041	10.556	Consortio (Antel, Google, Algar e Angola Cables)	60	6	100	100
SEABRAS-1	Santos	2017	2042	10.750	Seaborn	72	6	120	100
TANNAT	Santos	2017	2042	2.000	Consortio (Antel, Google e Governo Uruguaio)	90	6	-	-
JUNIOR	Rio de Janeiro e Santos	2017	2042	390	Google	-	8	-	-
BRUSA	Fortaleza e Rio de Janeiro	2018	2043	11.000	Telxius	160	8	135	100
SACS	Fortaleza	2018	2043	6.209	Angola Cables	40	4	100	100
SAIL	Fortaleza	2018	2043	6.000	CamTel e China Unicom	32	4	80	100
MALBEC	Rio de Janeiro e Santos	2020	2045	2.500	Globenet e Facebook	-	6	-	-
ELLALINK	Fortaleza e Santos	2021	2046	9.300	EllaLink	72	4	120	150

* Comprimento de onda por fibra e capacidade por canal não é uma informação estática.. Existem empresas trabalhando com supercanais, outras com canais não convencionais (fora da grade ITU-T), e a capacidade por canal é influenciada pela modulação e pela taxa de símbolos..

Cabos Submarinos – Sistemas Brasileiros

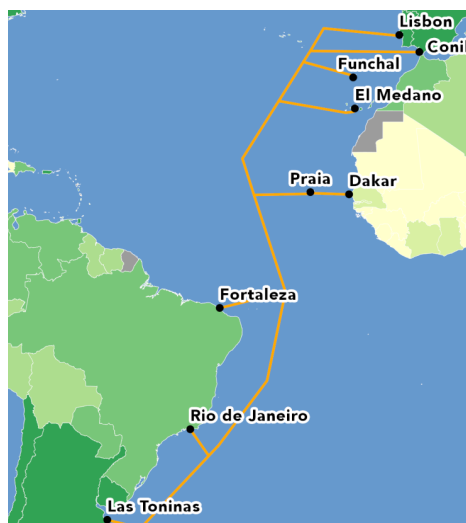
Os sistemas atuais do Brasil

Claro Brasil Festoon



RFS: 1996
EOS: 2021
Tamanho: 2.543km
Dono: Claro

Atlantis-II



RFS: 1999
EOS: 2024
Tamanho: 13.100km
Dono: Consorcio

South America 1 (SAM-1)



RFS: 2001
EOS: 2026
Tamanho: 24.140km
Dono: Telxius

Cabos Submarinos – Sistemas Brasileiros

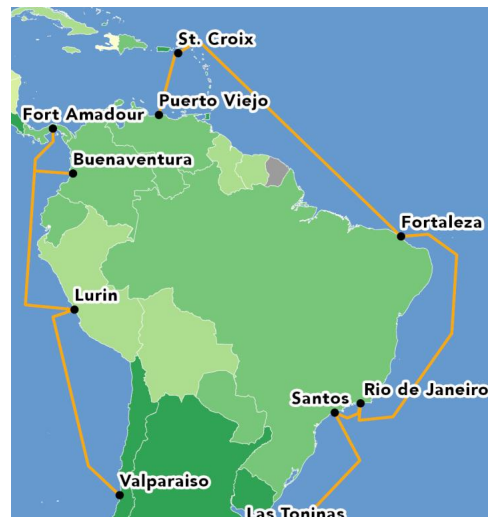
Os sistemas atuais do Brasil

Globenet



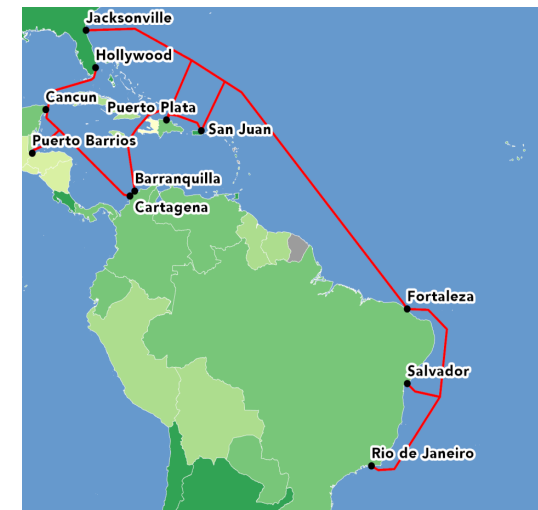
RFS: 2001
EOS: 2026
Tamanho: 22.690km
Dono: Globenet

South American Crossing (SAC)



RFS: 2001
EOS: 2026
Tamanho: 15.983km
Dono: Lumen e Sparkle

America Movil Submarine Cable System -1 (AMX-1)



RFS: 2014
EOS: 2039
Tamanho: 17.800km
Dono: Claro

Cabos Submarinos – Sistemas Brasileiros

Os sistemas atuais do Brasil

Monet



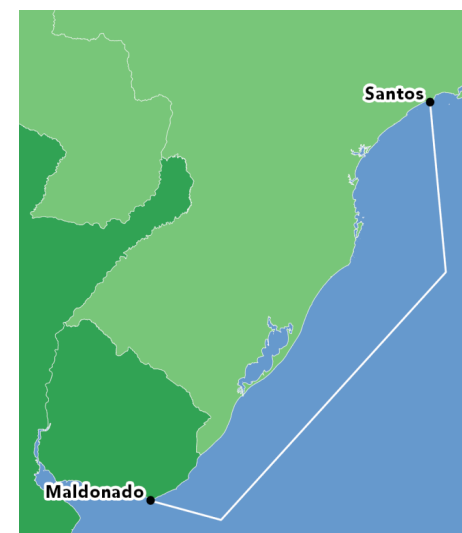
RFS: 2017
EOS: 2041
Tamanho: 10.556km
Dono: Google, Algar, Angola Cables e Antel

SEABRAS-1



RFS: 2017
EOS: 2042
Tamanho: 10.750km
Dono: Seaborn

TANNAT

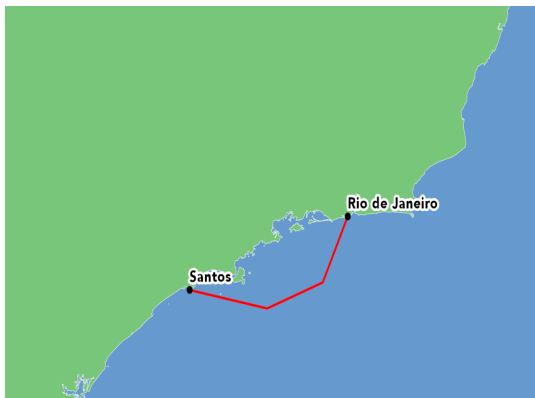


RFS: 2017
EOS: 2042
Tamanho: 2.000km
Dono: Google, Antel e Governo Uruguaio

Cabos Submarinos – Sistemas Brasileiros

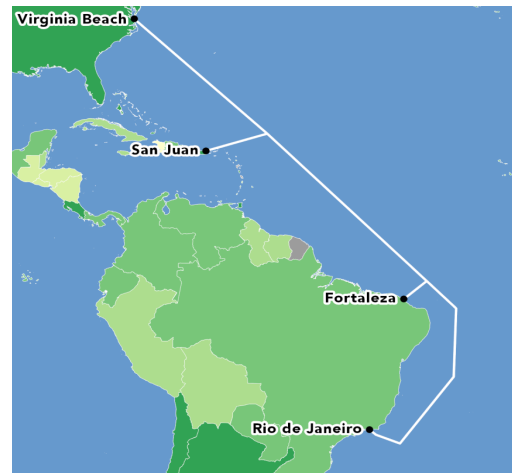
Os sistemas atuais do Brasil

Junior



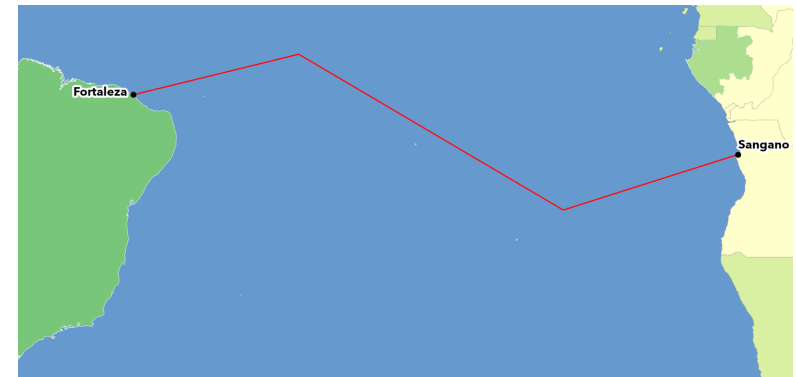
RFS: 2017
EOS: 2042
Tamanho: 390km
Dono: Google

Brazil-USA (BRUSA)



RFS: 2018
EOS: 2043
Tamanho: 11.000km
Dono: Telxius

South Atlantic Cable System (SACS)

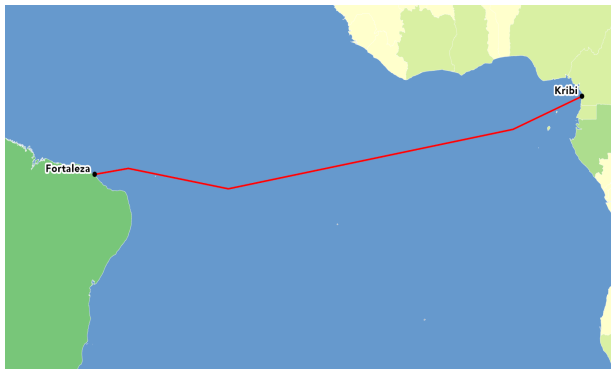


RFS: 2018
EOS: 2043
Tamanho: 6.209km
Dono: Angola Cables

Cabos Submarinos – Sistemas Brasileiros

Os sistemas atuais do Brasil

South Atlantic Inter Link (SAIL)



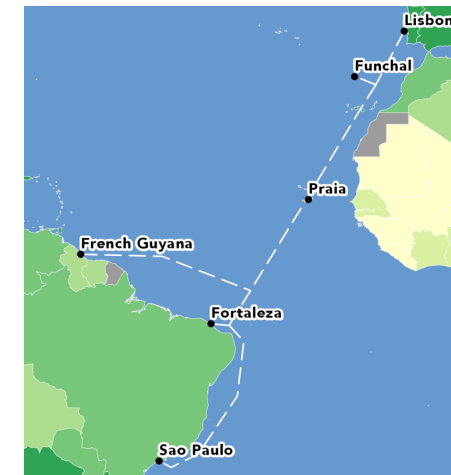
RFS: 2018
EOS: 2043
Tamanho: 6.000km
Dono: CamTel e China Unicom

Malbec



RFS: 2020
EOS: 2045
Tamanho: 2.500km
Dono: Globenet e Facebook

EllaLink

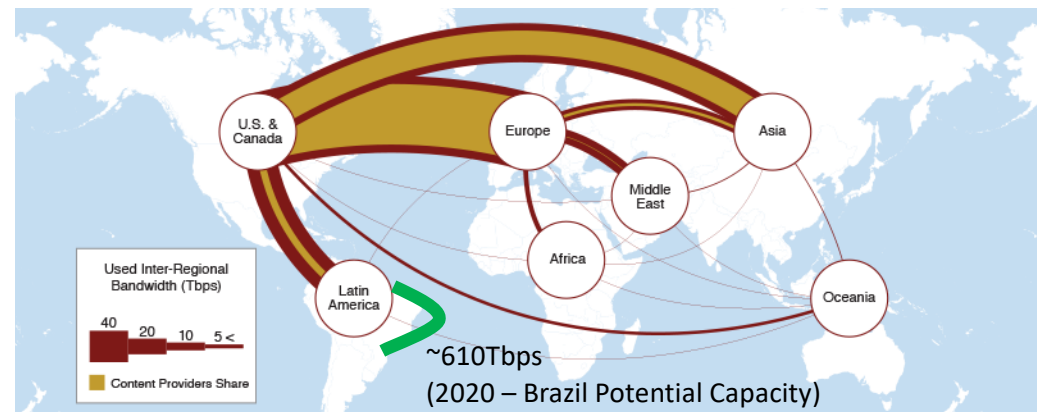


RFS: 2021
EOS: 2046
Tamanho: 9.300km
Dono: EllaLink

Cabos Submarinos – A Capacidade atual do Brasil

□ Brasil – Capacidade Potencial

- Somando **toda a “Potential Capacity”** dos sistemas de **cabos submarinos vigentes no Brasil**, temos hoje algo **aproximado de ~610Tbps de capacidade potencial**. Esta é uma métrica estipulada partindo da premissa se todos os proprietários dos sistemas de cabos vigentes no Brasil instalassem todos os equipamentos disponíveis nas extremidades dos seus respectivos cabos.
- Para se ter uma ideia, a largura de banda global da Internet aumentou **35% de Março/2020 até o momento** em relação a 26% de todo ano de 2019. Este crescimento foi impulsionado em grande parte pela resposta à pandemia do COVID-19. **A largura de banda global agora esta em 618Tbps.**



Novos Projetos Nacionais e Novas Ramificações

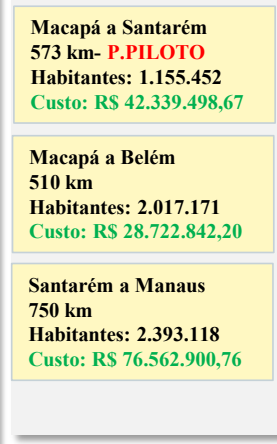
Cabos Submarinos – Brasil (Novos Projetos)

- **Alguns projetos de cabos submarinos (e fluviais) estão em andamento, mas ainda é preciso aguardar para ver se os mesmos serão implantados.**
 - Projeto de cabo fluvial da Amazônia Integrada e Sustentável – PAIS.
 - Projeto de cabo fluvial entre Macapá e Belém.
 - Projeto de Cabo Fluvial Santarém x Alenquer.
 - Projeto do Cabo Submarino Atlantix Litoral.
 - Projeto da BU para Recife do Cabo Submarino Seabras-1.
 - Projeto da BU para Porto Alegre do Cabo Submarino Malbec.

Cabos Submarinos – Brasil (Novos Projetos)

☐ Projeto Cabo Fluvial - Amazônia Integrada e Sustentável – PAIS

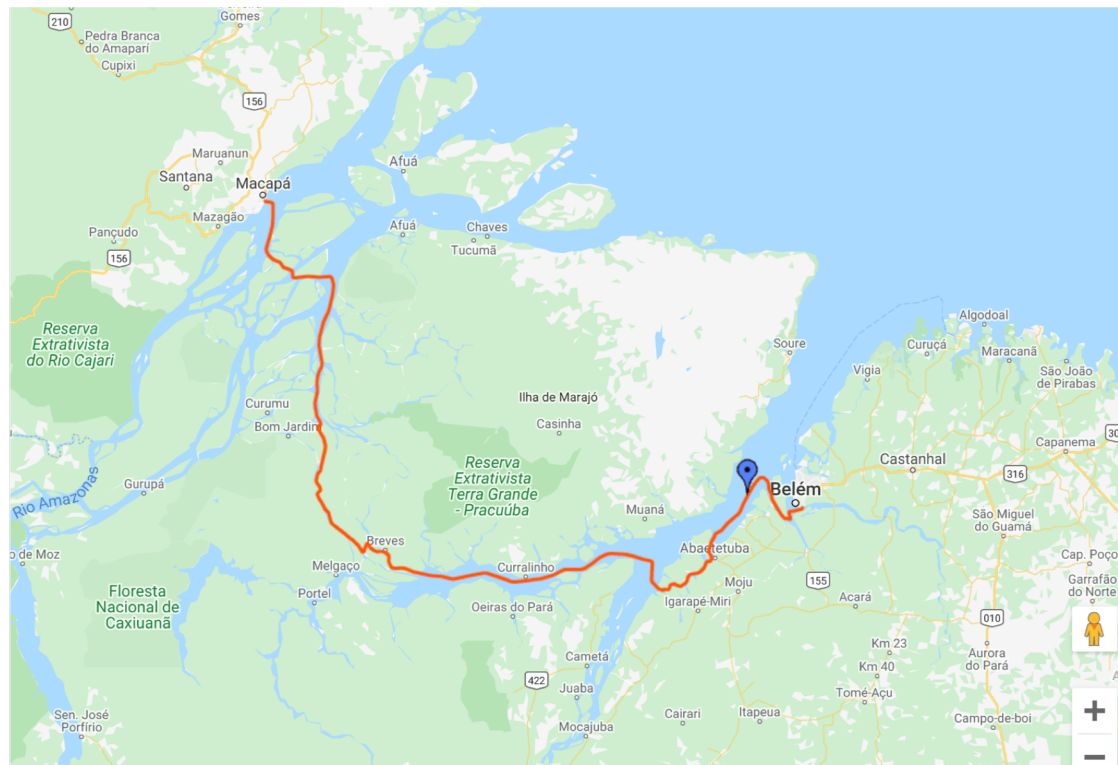
- Concepção: RNP, Exército Brasileiro, Governo Federal e Câmara dos Deputados



Cabos Submarinos – Brasil (Novos Projetos)

☐ Projeto do Cabo Fluvial/Submarino Belém x Macapá

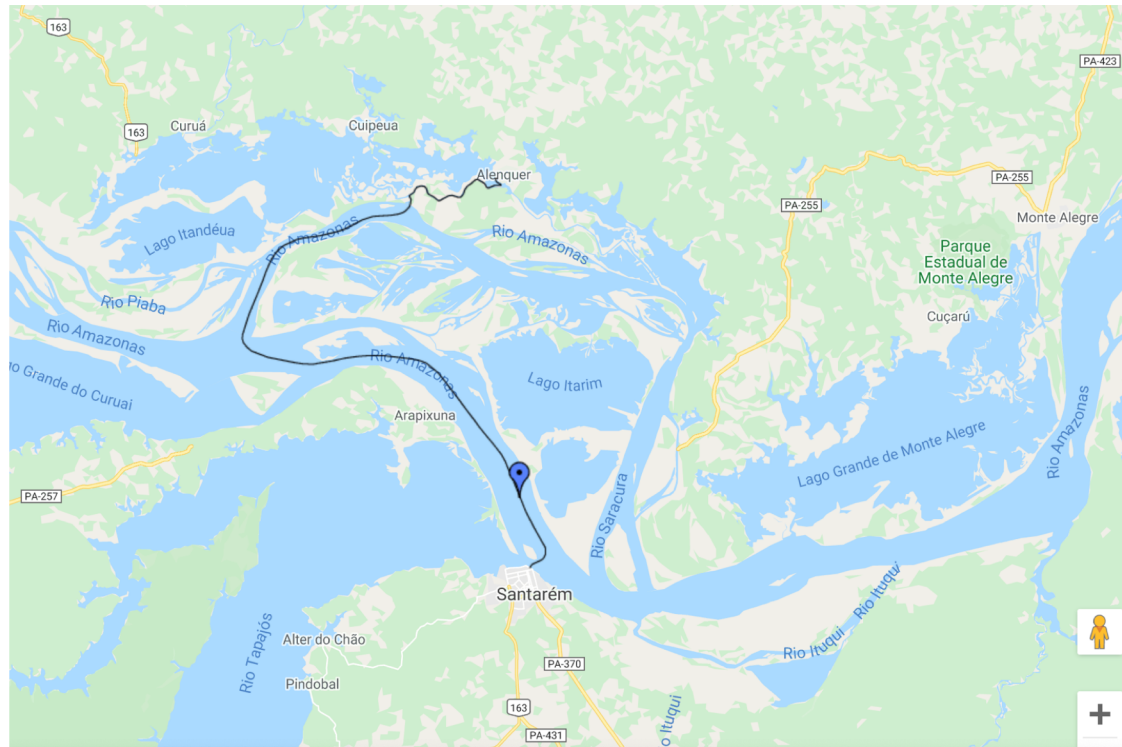
- Concepção: Você Telecom (ISP Regional do Amapá)



Cabos Submarinos – Brasil (Novos Projetos)

☐ Projeto do Cabo Fluvial Santarém x Alenquer

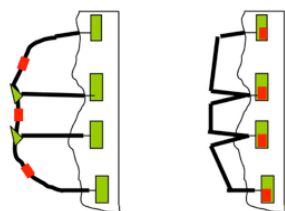
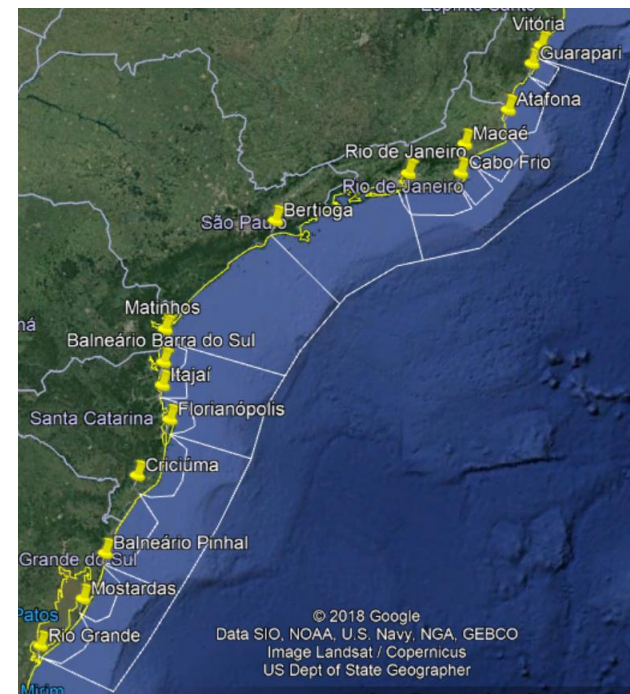
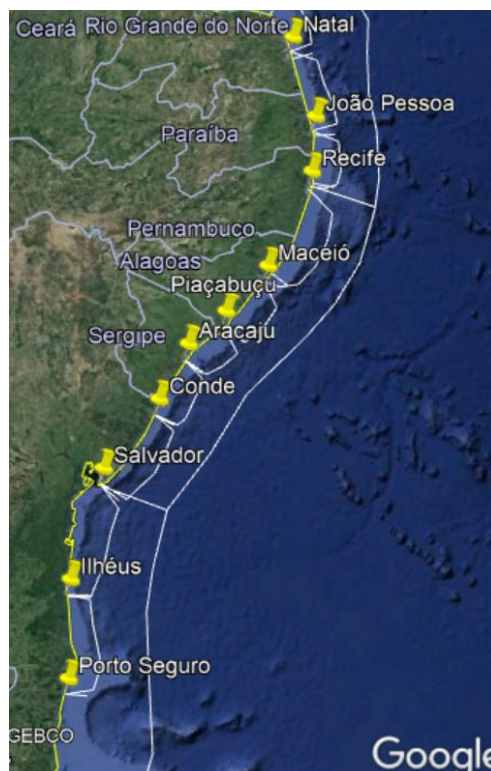
- Concepção: Você Telecom (ISP Regional do Amapá)



Cabos Submarinos – Brasil (Novos Projetos)

☐ Projeto Cabo Atlantix Litoral (Trunk & Branch + Festoon)

- Concepção: Comexcomm Marine



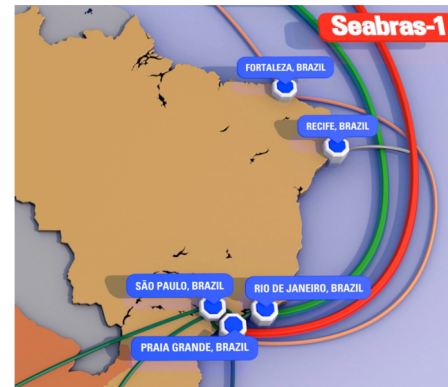
Trunk & Branch

Festoon

Cabos Submarinos – Brasil (Novos Projetos)

□ BU do Cabo Seabras-1 em Recife

- Concepção: Seaborn



□ BU (Stub-BU) do Cabo Malbec em Porto Alegre

- Concepção: Globenet e Facebook



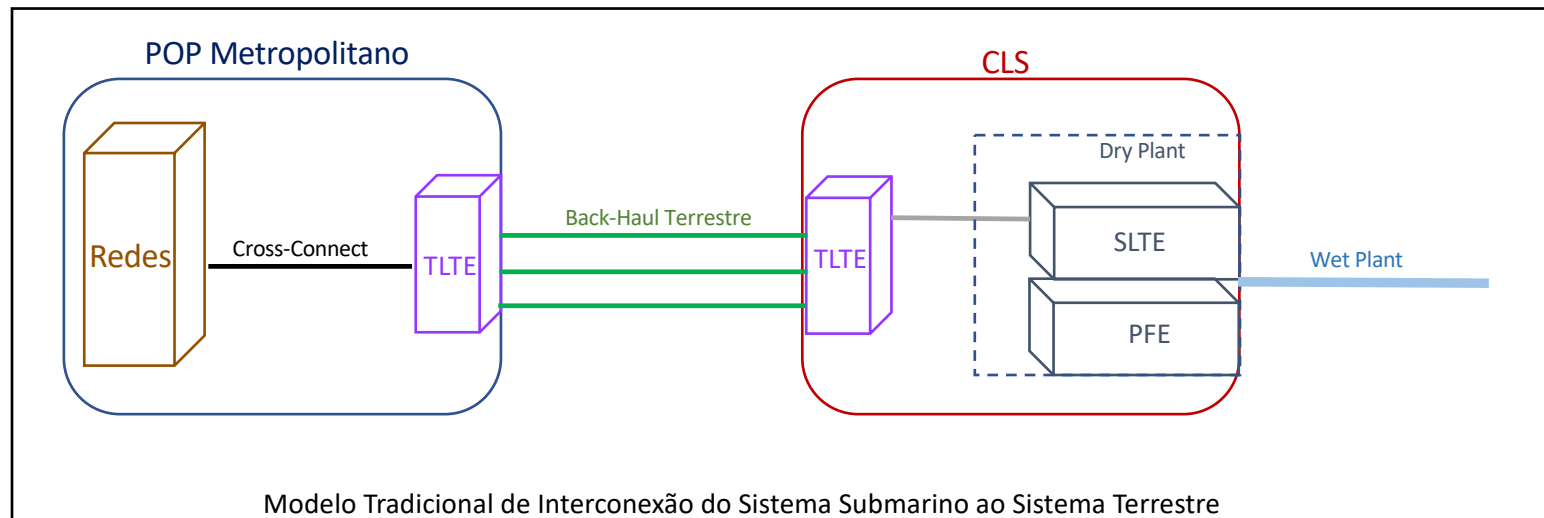
Tendências e Desafios

(Para os sistemas de Cabos Submarinos no Brasil)

Cabos Submarinos no Brasil – Tendências

Conceito: Co-Locating CLS

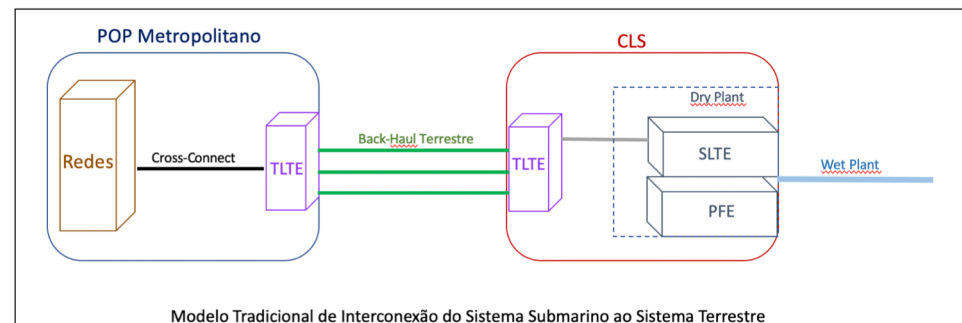
- Aborda a integração de Datacenters e IXPs com Cable Landing Stations.
- Esse é um movimento global onde Neutral Datacenters e IXPs tem coadunado e conectado os seus serviços direto nas CLSs e/ou trazendo elementos da “Dry Plant” (planta seca) das CLSs para suas estruturas.



Cabos Submarinos no Brasil – Tendências

❑ O Modelo Atual de CLS e Conexão Com a Rede Terrestre

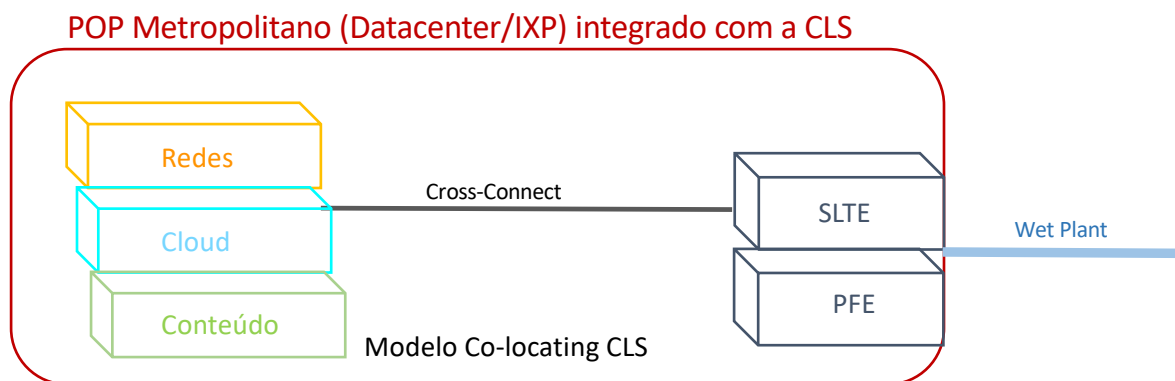
- Custo/complexidade de gerenciamento de infraestrutura da CLS e do POP Metropolitano.
- Complexidade de provisionamento e atrasos em coordenação com provedores de fibra.
- Menos flexibilidade de arquitetura e segurança devido às dependências do provedor de fibra.
- Lock-in de fornecedor do sistema submarino com um sistema fechado para equipamentos de Wet e Dry Plant.
- Desenvolvimento tecnológico lento para atualizações de capacidade.
- Provedores de back-haul limitados para POPs Metrolitanos com custos de backhaul mais altos.



Cabos Submarinos no Brasil – Tendências

□ A integração de Datacenters e IXPs com Cable Landing Stations (Co-Locating CLS)

- Custo reduzido e complexidade com menos pontos de falha.
- Processo de instalação aprimorado e controle mais direto.
- Maior flexibilidade de longo prazo (os mesmos 25 anos de vida útil do cabo) com controle mais direto do sistema submarino.
- Aproveita a tendência de “Submarine Open Cable” em uma instalação de operadora neutra.
- O CLS dentro de um hub de interconexão reduz a complexidade e aumenta a flexibilidade e extensibilidade de longo prazo para a entidade Cable Landing.
- Menos pontos para custo, complexidade e falha entre CLS e infraestrutura de rede existente.

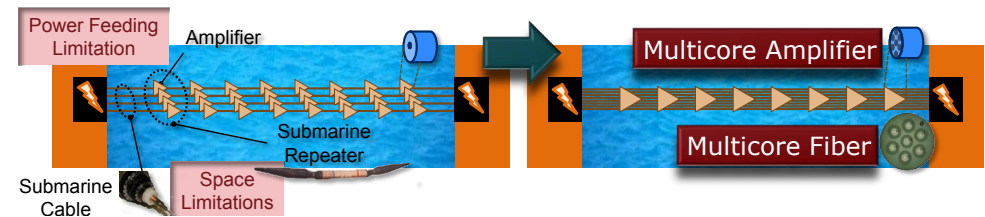


Cabos Submarinos no Brasil – Tendências

Spatial Division Multiplexing (SDM)

□ SDM

- Os sistemas submarinos têm limitações específicas (devido à estrutura do cabo, fabricação, manuseio e implantação, limitações de energia devido à alimentação dos amplificadores ópticos da terra).
- **SDM ajuda a aumentar a capacidade, apesar dessas limitações**
 - Maior densidade de sinal por unidade de área de cabo.
 - Maior eficiência energética por meio de técnicas de compartilhamento e bombeamento.
 - Trabalha na eficiência espectral ideal de SLTE: 2-3 b/s/Hz e compensação de dispersão cromática inferior.



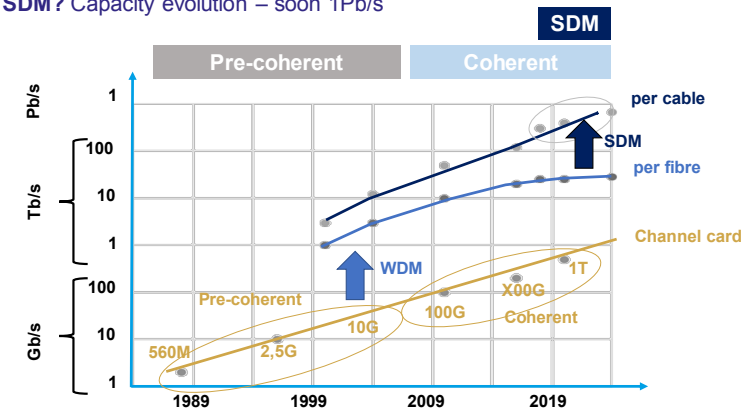
Cabos Submarinos no Brasil – Tendências

Spatial Division Multiplexing (SDM)

□ SDM

- SDM aumenta economicamente a capacidade do cabo com pares de fibras adicionais (12 em vez de 06 ou 08 em cabos submarinos tradicionais) e desenha repetidores com otimização de energia.
- Os cabos submarinos tradicionais são alimentados a partir da extremidade da costa e contam com um conjunto dedicado de lasers de bomba para amplificar o sinal óptico para cada par de fibras à medida que os dados atravessam o comprimento do cabo.
- A tecnologia SDM permite que lasers de bomba e componentes ópticos associados sejam compartilhados entre vários pares de fibras, enquanto ainda trabalha dentro das restrições de energia exclusivas do fundo do oceano.
- Empurra os limites da capacidade de projeto teórico, minimizando os efeitos não lineares que adicionam complexidade e custo.

WHY SDM? Capacity evolution – soon 1Pb/s



Cabos Submarinos no Brasil – Tendências

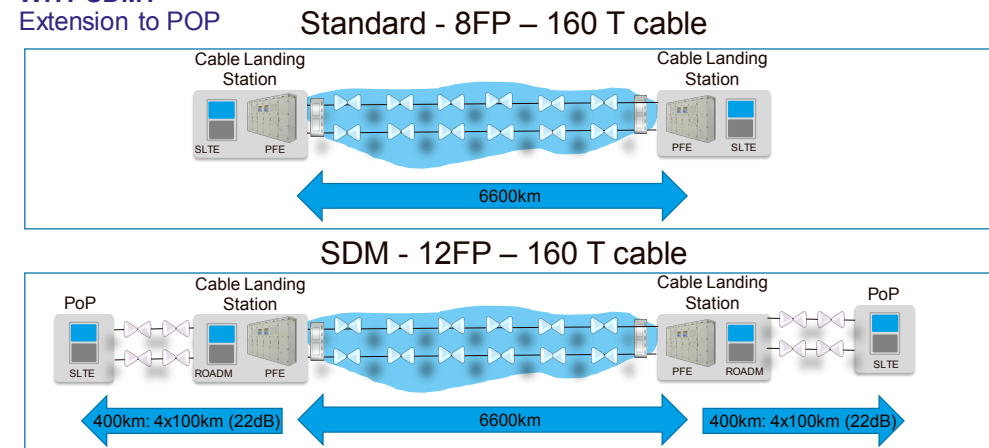
Spatial Division Multiplexing (SDM)

□ SDM é uma evolução do WDM ?

- Um não substitui o outro. **No SDM ao invés de amplificar o núcleo da fibra, você amplifica o “entorno”,** e essa potencia aplicada ali consegue amplificar o núcleo. Deste modo pode-se colocar vários núcleos e pronto, você consegue subir de 4FP para 12FP ou 14FP.
- Só que como a potencia do amplificador é a mesma, você agora passa a ter menos fótons para mais núcleos, com isso a capacidade por fibra reduz.
- Então o SDM aumenta os pares (de 4FP para 14FP, por exemplo), mas diminui a capacidade em cada FP.
- Na soma final, você ganha um pouco mais de espectro.

WHY SDM?

Extension to POP



Cabos Submarinos no Brasil – Desafios

□ Desafios

- Os sistemas de comunicação de fibra submarina continuarão a servir a sociedade brasileira ?
- Como o ecossistema de interconexão do Brasil pode tirar melhor proveito dos cabos submarinos existentes (ex, Provedores Regionais) além do wholesale ?
- Como adicionar desenvolvimento e inclusão digital ? (ainda é muito caro para construir e manter)
- Como desenvolver soluções de baixo custo para ajudar a levar a Internet em todos os lugares para conectar populações isoladas no Brasil ?
- Os pesquisadores brasileiros podem ajudar a baixar o custo dos terminais (uso de taxas de transmissão mais altas para eficiência de custos) ?
- Como baixar o custo da Wet Plant (reduzindo o custo do material, visando a redução do custo marítimo) ?



Cabos Submarinos no Brasil – Desafios

□ Os desafios vão além da fotônica

- O alto custo dos cabos e a longa duração do projeto limitam a conectividade onipresente.
- O crescimento da capacidade é maior do que a redução do custo unitário.
- Necessidade de diversidade física de cabos e aterrissagem para serviços de alta disponibilidade.
- Operações marítimas praticamente inalteradas por décadas.
- Colocação de cabos e tempo de reparo lento.
- Quebras de cabo e danos ainda impactam muito.



Cabos Submarinos no Brasil – Resumo



▣ Resumindo os cabos submarinos

- Carregam 99% do tráfego de dados, voz e vídeo mundial e são muito caros !
- Legislação: Primeira regulação ocorreu em 1884 !!! Regulação baseada na ONU (UNCLOS - United Nations Convention on the Law of the Sea).
- Muitos riscos envolvidos, sejam físicos (humanos ou naturais) e riscos empresariais.
- Web-Scale/OTTs hoje são os grandes investidores de Cabos Submarinos.
- É um sistema complexo de se desenvolver e de se implantar
- Hoje temos a adoção de **SDM (Spatial Division Multiplexing)** que é uma tecnologia disruptiva que aumenta economicamente a capacidade do cabo com pares de fibras adicionais e redesenha os repetidores para otimização de energia.
- Cabos submarinos de um modo geral falam além da fronteira do wholesale, eles abordam: ciência da informação, ótica não linear, engenharia elétrica, ciência dos materiais, práticas de engenharia, gerenciamento de projetos, expertise marítima, alto padrão de confiabilidade e negócios pesados !

Dúvidas ?

Mais uma coisa muito importante !



Subsea Optical Fiber Communication International Summer School

Edição 2019 – Finlândia

Edição 2020 – Online

Edição 2021 – África do Sul (em breve)

Mais informações:

https://www.osa.org/en-us/meetings/topical_meetings/subsea_optical_fiber_communication_international/

<https://sites.google.com/view/subseaofc/>

