MONITORAMENTO DE CABOS DE ENERGIA COM FIBRA ÓTICA

FÓRUM LATINO-AMERICANO DE SMART GRID

SMART GRID

17ª EDIÇÃO

1. Estatísticas de Falhas em Cabos Isolados

- Falhas registradas no período de 2012 a 2021*
  - 57.570 circuitos
  - Cabos CC de 7.416 polos-km (5382 polos-km submarinos)

Category	Extruded	SCFF	MI
Land AC	91% (82%)	9% (18%)	-
Land DC	89% (1%)	4% (92%)	6% (7%)
Submarine AC	95% (83%)	5% (17%)	-
Submarine DC	28% (0%)	0% (0%)	72% (100%)

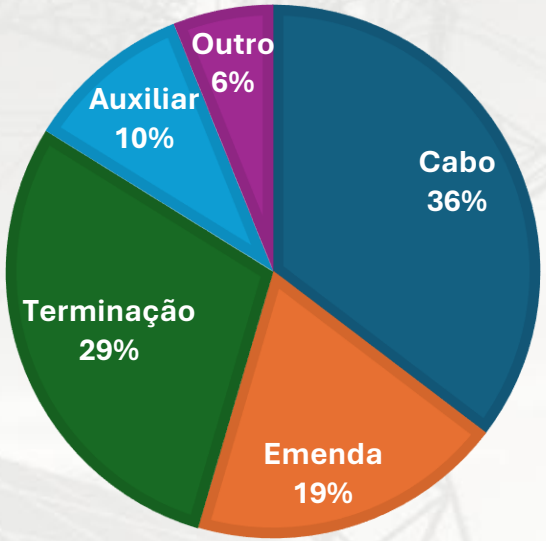
Tipo de cabo	Total # de falhas
Terra AC	924
Terra DC	20
Submarino AC	8
Submarino DC	8

- Os cabos extrudados são usados na maioria dos cabos AC terrestres e submarinos.
- Os cabos impregnados em massa (MI) são usados na maioria dos cabos CC submarinos.
- Falhas relatadas para cabos AC em todos os níveis de alta tensão > 36 kV.
- Falhas relatadas para cabos CC em todos os níveis de alta tensão >200 kV.
- **Sem falhas de acessórios** para cabos submarinos DC e AC.

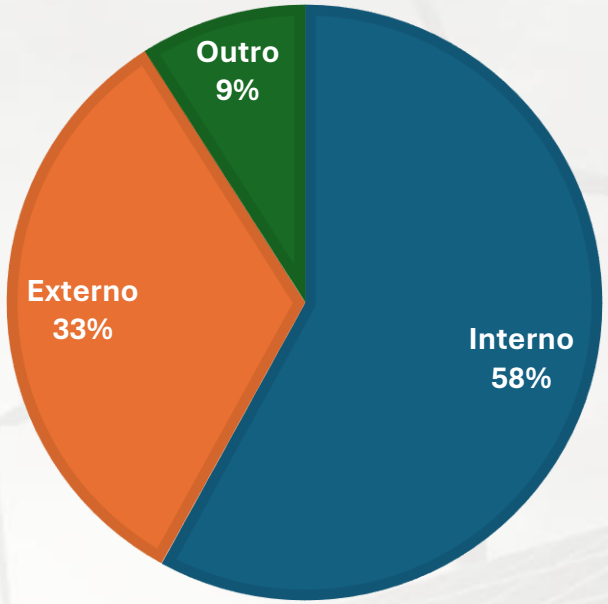
*Estatísticas de cabos isolados 2012 a 2021, Cigre Paper ID – 11258

1. Estatísticas de falhas em cabos isolados

PORCENTAGEM DE COMPONENTES COM FALHA EM CABO SUBTERRÂNEO AC (EXTRUDADO)



PORCENTAGEM DE FALHA EM CABO SUBTERRÂNEO (EXTRUDADO)



CONCLUSÃO:

→ Uma falha a cada 600 km –circuito por ano para cabos subterrâneos

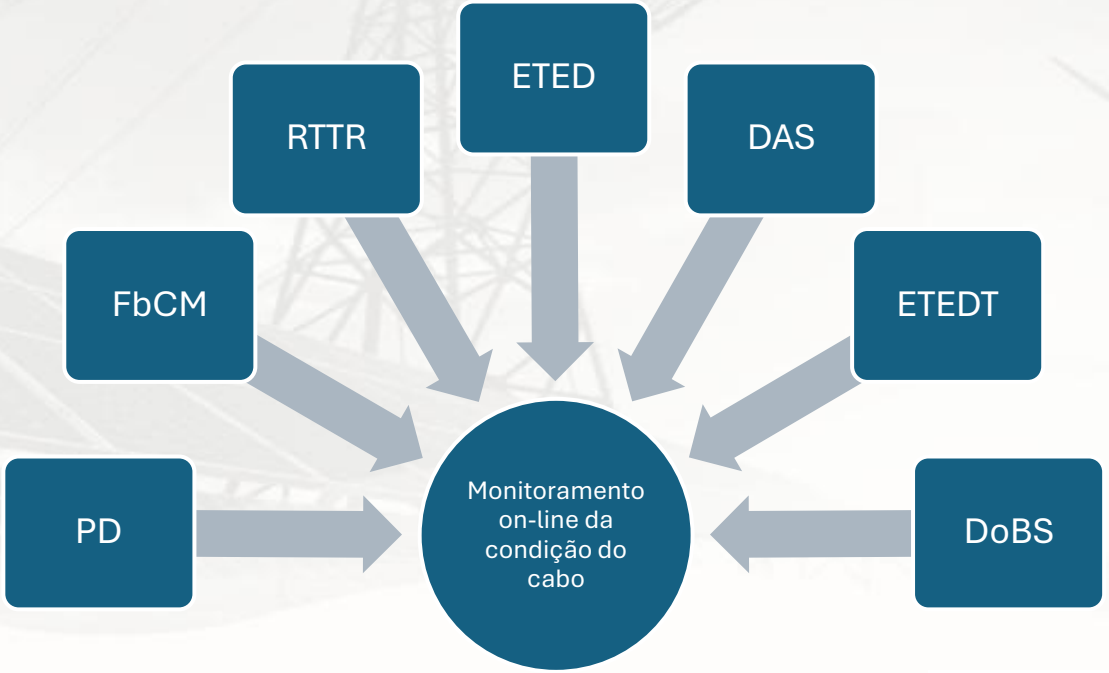
→ Falhas em cabos submarinos são muito menos prováveis (A probabilidade de falha é 4-7 vezes menor).

→ Tempo médio de indisponibilidade devido a uma falha: 34-49 dias para cabos subterrâneos e 92-106 dias para cabos submarinos.

→ Uma falha em um sistema de cabo submarino provavelmente está relacionada ao **próprio cabo**, sendo **o dano externo** a causa mais provável (75%).

Visão – Ambiente de Negócios do Futuro

- **O mercado exige** soluções, que oferecem:
  - Um sistema completo, integrado, em tempo real que cubra os principais ativos
  - Detecção e avaliação em tempo real, localização de falhas, integração na avaliação de descargas parciais com outros sensores e dados relevantes
  - Serviços abrangentes, com especialistas sob demanda, relatórios, análise preditiva, aconselhamento para manutenção preventiva e assim por diante....

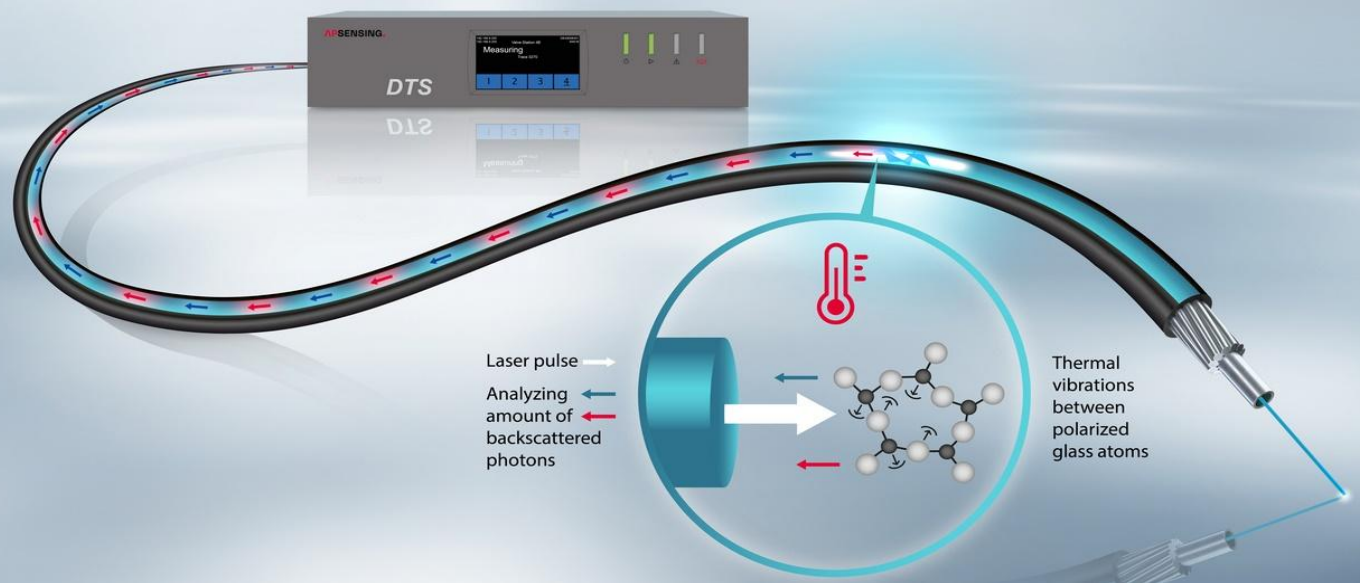


- Fusão de sensores e IA
- Integração de sensores específicos para cabos (PD, SC...)
- Serviços em nuvem
- Análise de dados

DTS – Temperatura

- **Princípio Raman**

- Um pulso de laser enviado através de uma fibra gera uma reflexão dispersa (backscattering) a ser devidamente analisada
- A intensidade da dispersão (espalhamento) Raman mede a temperatura, enquanto o tempo do pulso de retorno aponta a localização da temperatura, semelhante a um eco de radar.

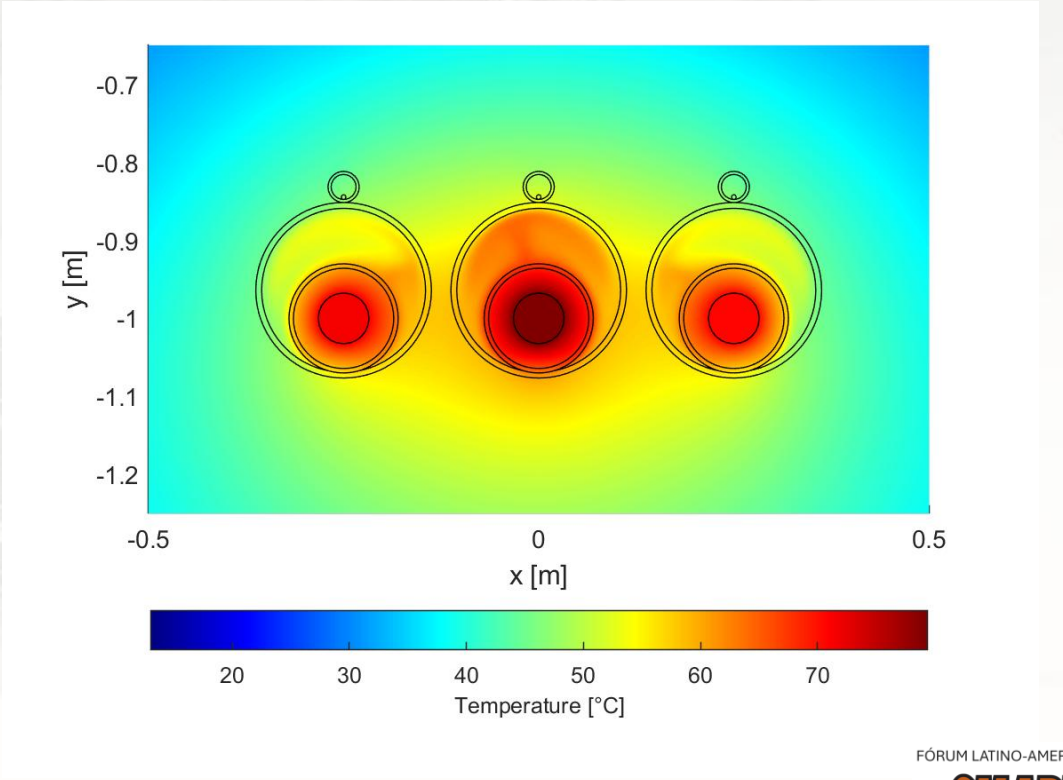


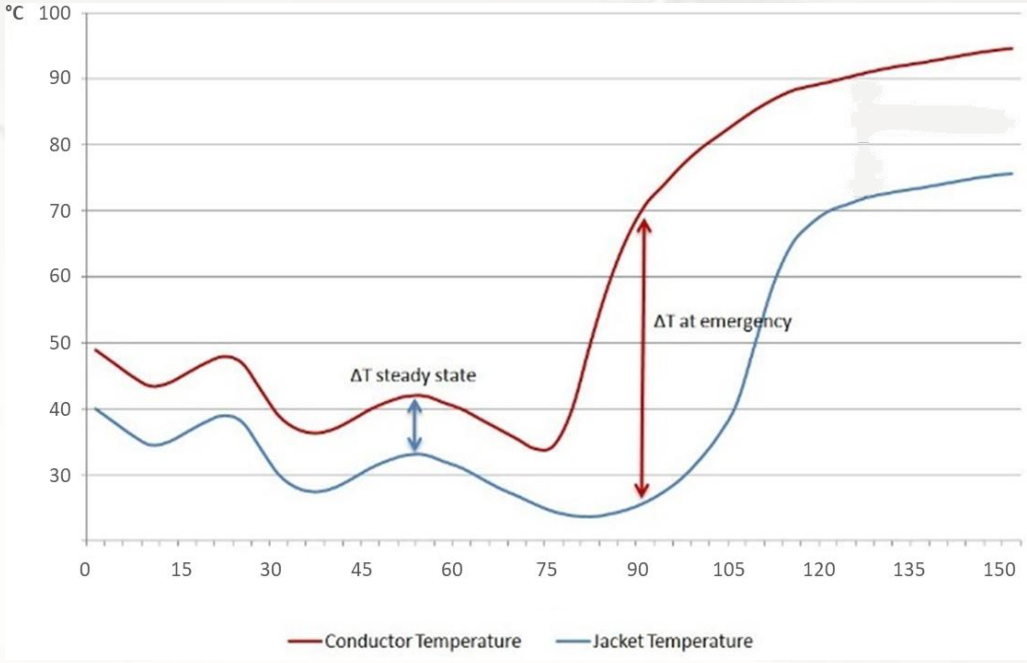
RTTR – Classificação Térmica em Tempo Real

O DTS mede apenas a temperatura da fibra

Esquemas de instalação complexos podem causar diferenças significativas de temperatura entre a fibra e o condutor

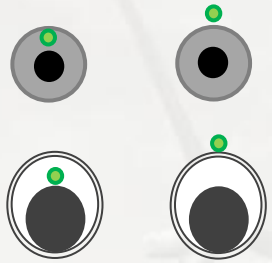
- Mudanças dinâmicas de carga criam uma defasagem entre a fibra e condutor

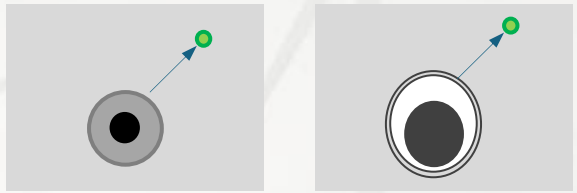


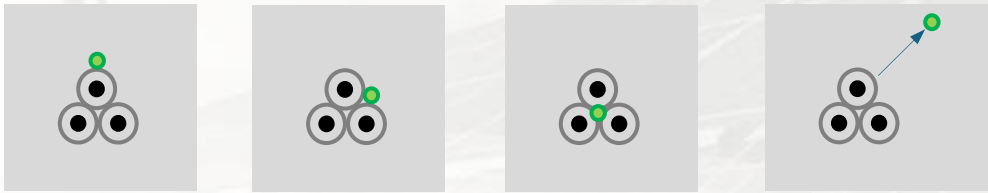


RTTR – Posição da Fibra

- Sensor interno, por exemplo, na capa do cabo (posição especificada pela camada do cabo)
- Cabo sensor externo, conectado ao cabo de alimentação
- Cabo sensor externo para cabos de energia em tubos
- Cabo sensor remoto, por exemplo, na distância do cabo ou duto de alimentação
- Posições especiais para circuitos em trifólio

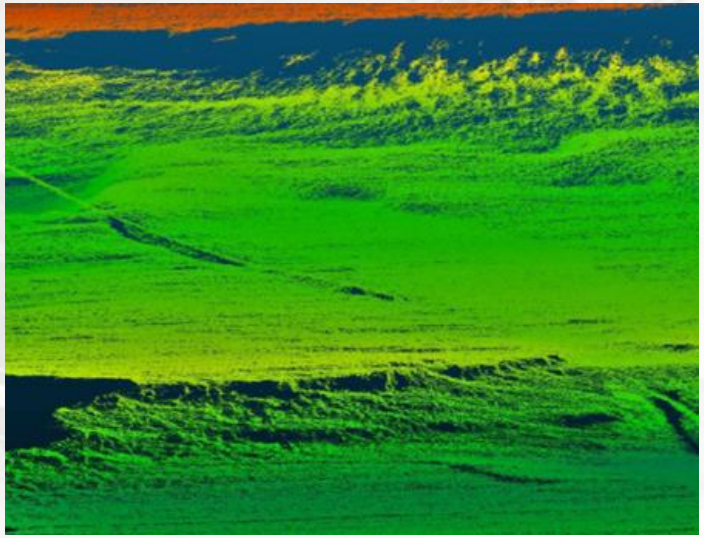






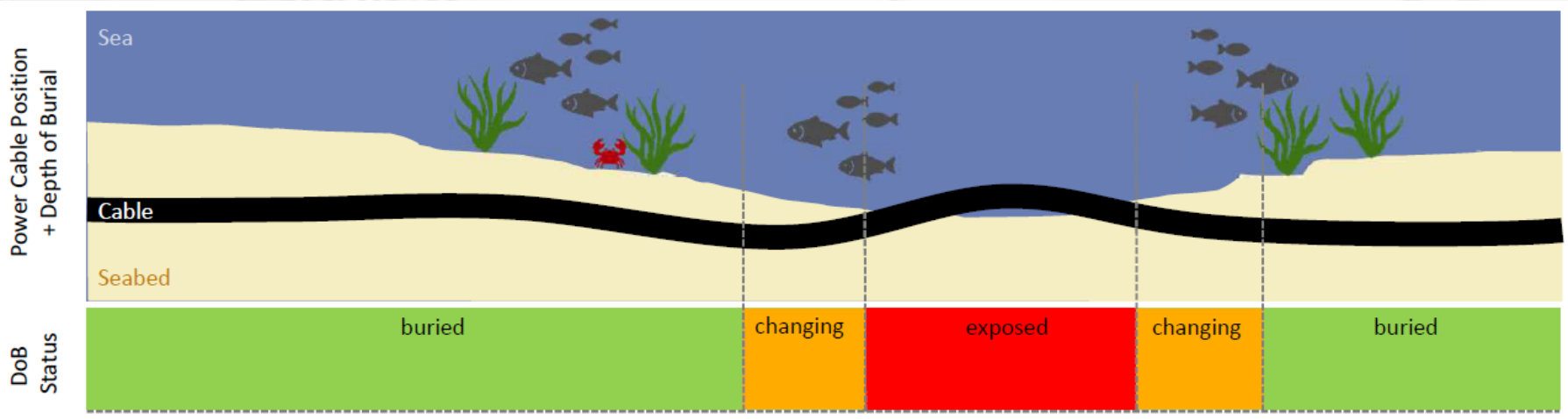
Profundidade de Enterramento de Cabos Submarinos

- O desafio
  - Os cabos de energia submarinos operam em um ambiente dinâmico do fundo do mar, no qual os cabos podem se tornar
    - **expostos e propensos a danos mecânicos ou**
    - **fortemente enterrados, levando a uma dissipação de calor insuficiente.**



Profundidade de Enterramento de Cabos Submarinos

- Monitoramento da Profundidade de Enterramento (DoBS)
  - Calcula a condição da profundidade de enterramento do cabo
  - Identifica seções que estão sofrendo mudanças ou (quase) expostas
  - Funciona mesmo sem ter as condições ambientais exatas, como parâmetros de entrada (por exemplo, temperatura da água, tipo de solo, efeitos de corrente, etc.)
  - Tempos de cálculo rápidos, com várias medições e classificações por dia

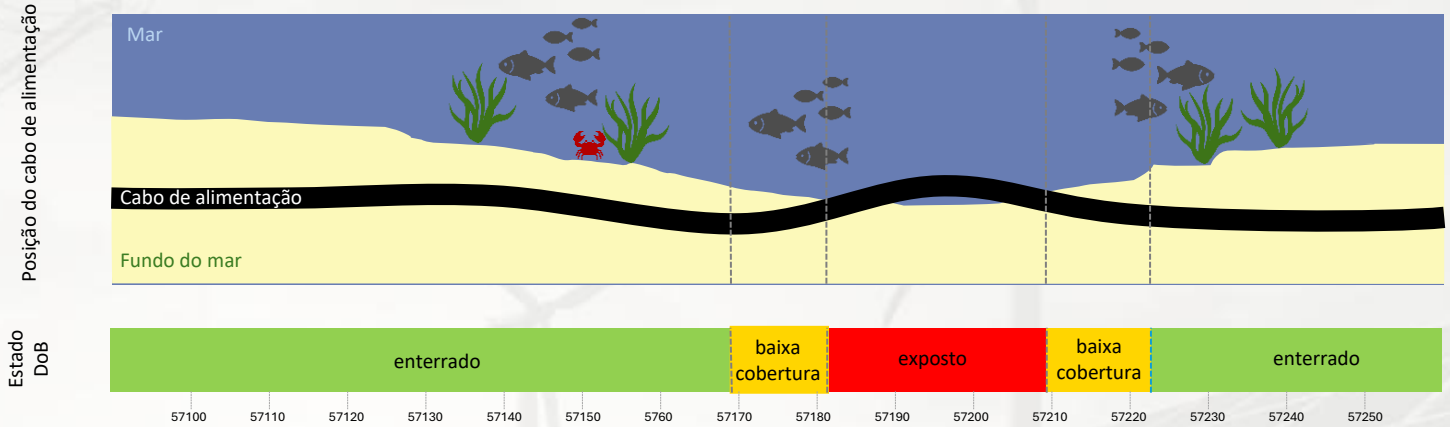


Schematic visualization of cable burial status

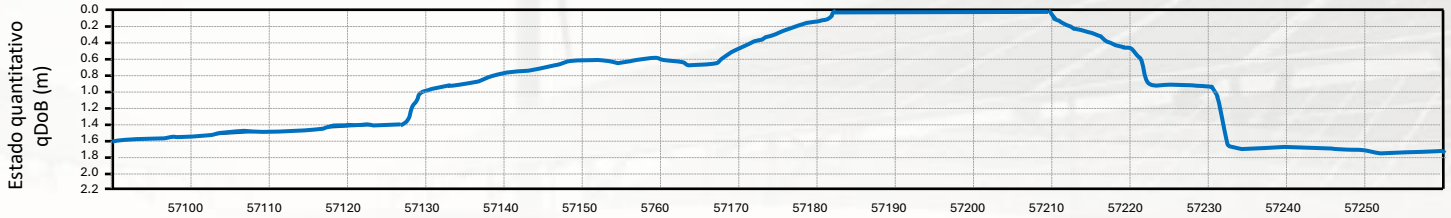
Profundidade de Enterramento de Cabos Submarinos

- Monitoramento da Profundidade do Enterramento (qDoBS)
  - Extensão do Monitoramento da Profundidade do Estado de Enterramento
  - Oferece uma visão mais detalhada, fornecendo informações quantitativas sobre a profundidade do enterramento.

- Precisão típica da resolução vertical:
  - ≤ 15 cm em 0,0 m até 0,5 m
  - ≤ 24 cm em 0,5 m até 1,0 m
  - ≤ 30 cm em 1,0 m e além



Visualização esquemática do estado de enterramento do cabo (DoBS /qDoBS)



Visualização do traço da profundidade de soterramento (somente qDoBS)

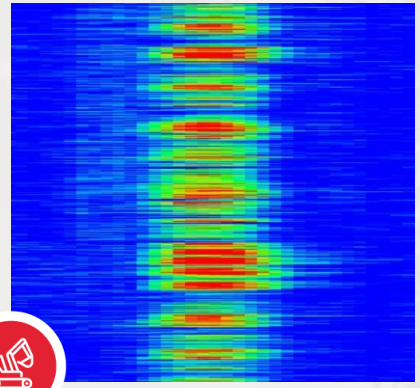
FÓRUM LATINO-AMERICANO DE SMART GRID
SMART GRID
17ª EDIÇÃO

Hardware DFOS: DAS

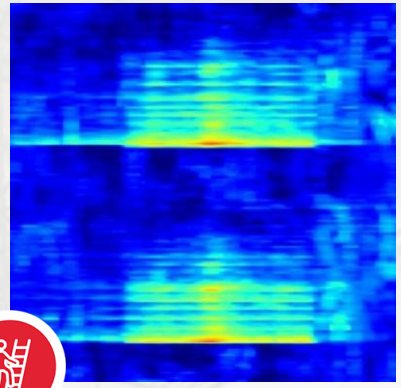
- Sensoriamento Acústico baseado no efeito Rayleigh

  - 5ª geração de DAS, baseada na exclusiva tecnologia 2P Squared
  - Sistema baseado em fase real e baixo desvanecimento do sinal
  - Faixa de medição de até 100 (150) km
  - Algoritmos de aprendizado de máquina e classificação
  - Totalmente integrado à plataforma de software

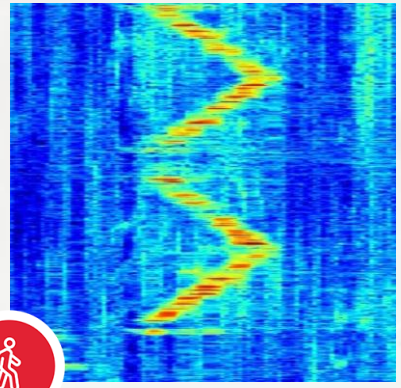
Aplicativos DAS



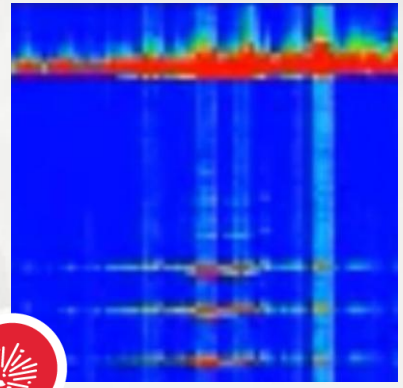
Escavação



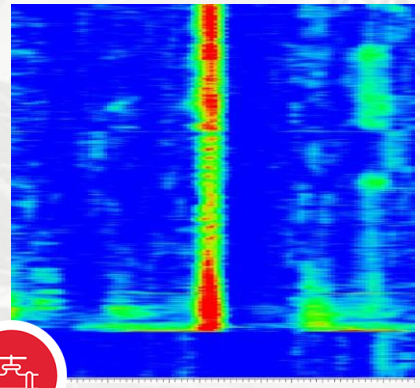
Escalada de cerca



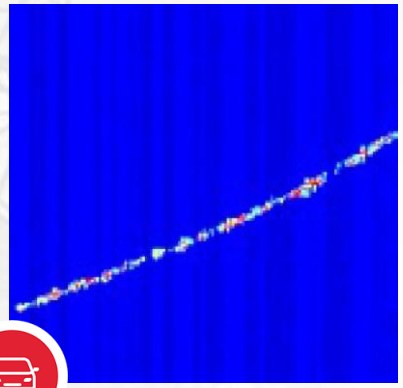
Transeunte



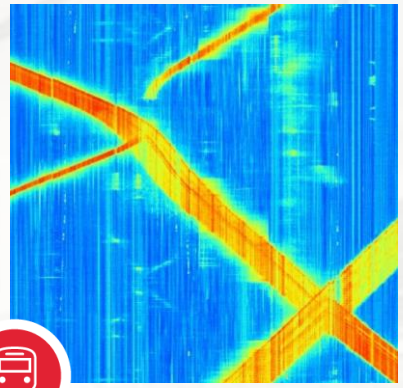
Explosão



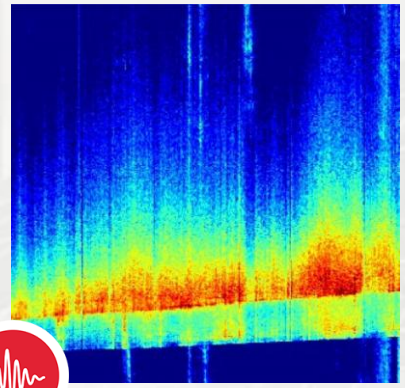
Fugas



Automóvel



Tráfego de trem



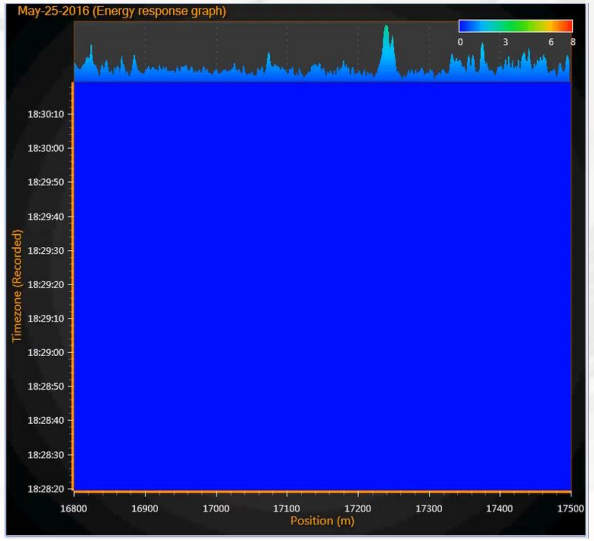
Sísmico

Intrusão Subterrânea -TPI

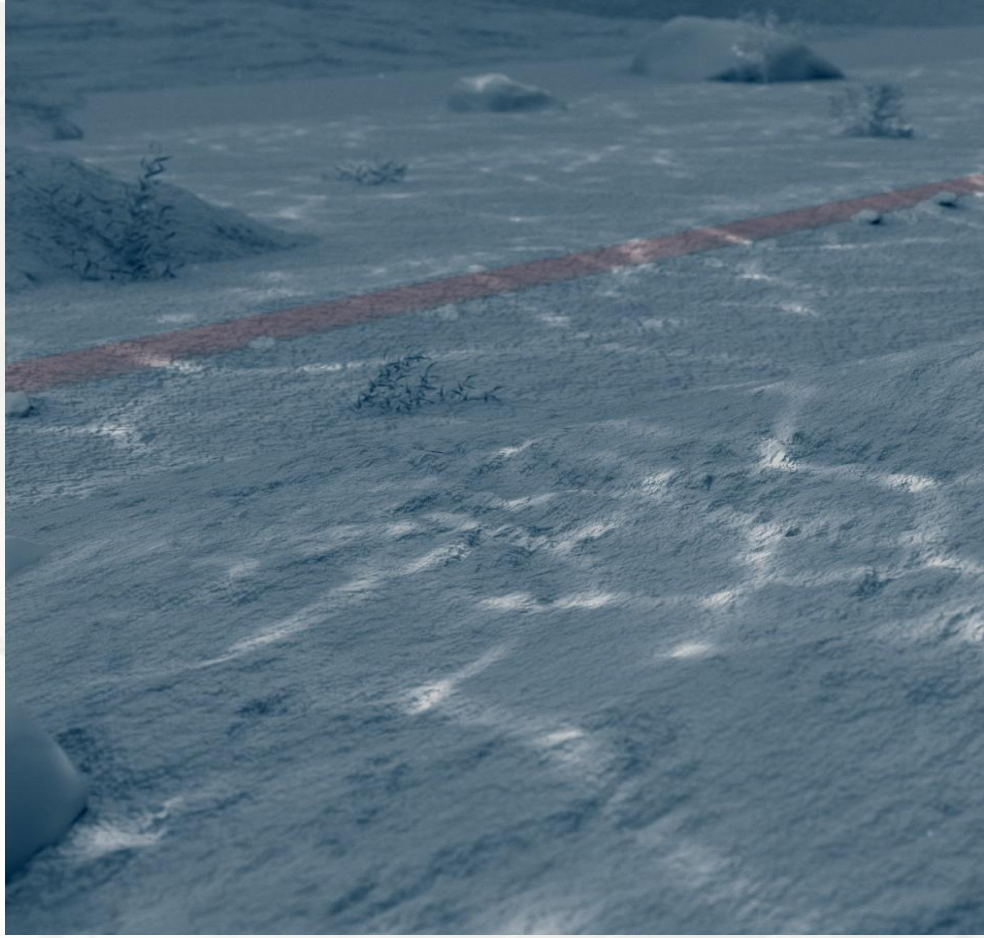
- Localização e classificação precisas de eventos em cabos subterrâneos

  - Ameaças externas para cabos subterrâneos:
    - Obras de construção
    - Sabotagem e roubos de cabos
    - Localização de falhas não perfeitamente identificadas

  - O benefício:
    - Alarme em tempo real de eventos que acontecem próximos de um cabo enterrado para permitir um tempo de reação adequado



Monitoramento de Intrusão Submarino –TPI



- Localização e classificação precisas de eventos em cabos submarinos
  - Ameaças externas em dutos submarinos:
    - Rastreamento de embarcações
    - Lançamento e arrastamento de âncoras
    - Impacto das redes de arrasto de pesca
    - Trabalhos de dragagem

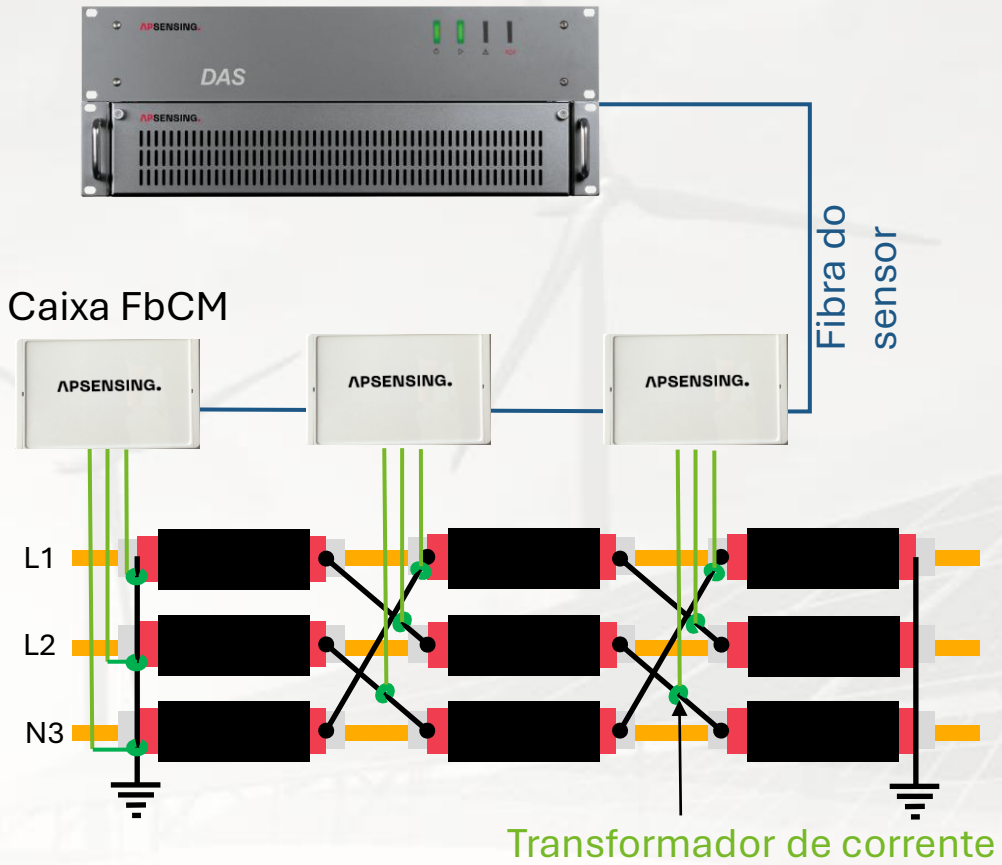
Benefícios:

- Alarme em tempo real das atividades próximas ao cabo e assistência na determinação das embarcações que causaram algum dano
- Monitoramento das operações submarinas e determinação de qualquer evento de interferência de terceiros (TPI) em tempo real

FbCM – Monitoramento de Corrente na Capa do Cabo Baseado em Fibra Ótica

- Medição de correntes na capa do cabo com DAS
  - A solução FbCM da AP Sensing permite o monitoramento preciso e permanente das correntes no revestimento das tres fases em locais remotos.
  - O sensor FbCM converte correntes elétricas em um sinal que pode ser interpretado pelo interrogador DAS.
  - Nossa solução FbCM foi projetada para atualizar projetos DAS novos e existentes.

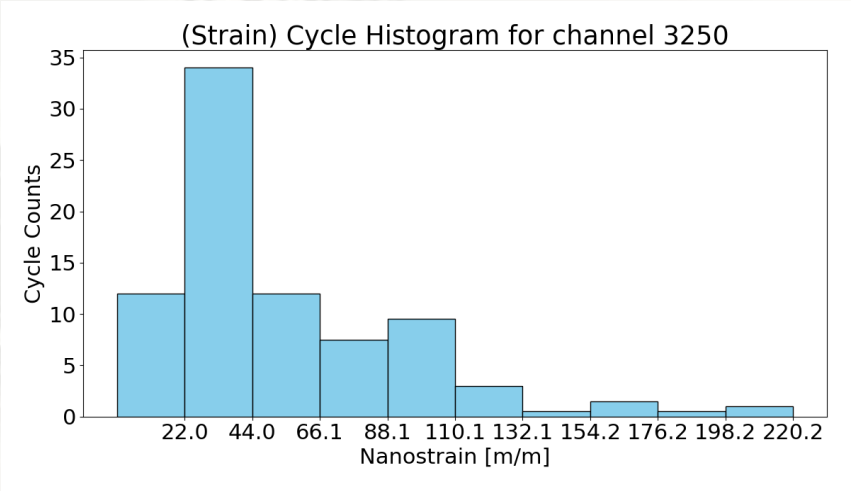
- Instrumento de Detecção Acústica Distribuída AP Sensing



Monitoramento de fadiga de cabos submarinos

- Fadiga dinâmica de cabos/CPS
  - A fadiga resulta de estresse repetido, não importando o quanto pequeno seja esse estresse
  - Os cabos dinâmicos são expostos ao estresse cíclico de ondas e correntes de maré
  - Análise Clássica de Fadiga: contagem de ciclos. Estima-se em laboratório o número de ciclos, por faixa de estresse, até a quebra . Na produção, avalia-se a resistência de cada ciclo, por intervalo e assim estima-se a vida útil do cabo.

Histograma do ciclo de tensão



"Risco de fadiga"

FÓRUM LATINO-AMERICANO DE SMART GRID
SMART GRID
17ª EDIÇÃO