

DAS – SENSORES ACÚSTICOS DISTRIBUÍDOS COM FIBRAS ÓTICAS E SUA UTILIZAÇÃO PARA DETECÇÃO DE INTRUSÃO NAS VIAS E DETECÇÃO DE TRENS, FALHAS EM RODAS OU TRILHOS OU QUAISQUER EVENTOS QUE CAUSEM EFEITO ACÚSTICO

Mauro Galassi Caputo

23ª Semana de Tecnologia Metroferroviária



PALESTRANTE

Mauro Galassi Caputo

MetrôRio



Engenheiro eletrônico, há 19 anos no MetrôRio, atuando inicialmente na área de Engenharia de Manutenção.

Desde 2012 atua na área de Engenharia de Projetos, onde é Engenheiro Especialista.



Rede atual do metrô do
Rio de Janeiro:

- 3 Linhas
- 41 estações

Trecho em superfície:
Pavuna → Cidade Nova
(Linha 2)

Trecho que corta
diversas comunidades



INVASÕES NA VIA



Invasões constantes na via

- ▶ Roubo de cabos
- ▶ Travessia (trechos sem passarelas)
- ▶ Vandalismo
- ▶ Atividades de lazer



RISCOS

Para o invasor

Atropelamento e eletrocussão (3º trilho)

Para a operação metroviária

- ▶ Falsa ocupação
- ▶ Falta de aterramento
- ▶ Perda dos sistemas de telecomunicações e sinalização
- ▶ Necessidade de manutenções durante a operação (trens em marcha à vista)
- ▶ Necessidade de desenergização da via
- ▶ Perdas financeiras (equipamentos, HH da equipe, etc.) e de imagem



TENTATIVAS DE SOLUÇÕES

- ▶ Muros
- ▶ Arames farpados
- ▶ Tampas metálicas nos bandejamentos
- ▶ Câmeras



O próprio equipamento pode virar alvo de vandalismo.

Não é possível monitorar todo o sistema em tempo real.

DESAFIO



Câmeras flagram roubo de cabos do metrô do Rio de Janeiro

BALANÇO GERAL RJ | 08/02/2012 - 15h13 (Atualizado em 20/10/2015 - 06h19)

Solução que monitore **grandes distâncias** em **tempo real**, possibilitando ações **antes da ocorrência de danos**.



SENSORES ACÚSTICOS



Objetivo

Detectar pessoas andando, escalando muros, cortando arames farpados, serrando proteções dos cabos, etc.

SOLUÇÃO COM SENSORES ACÚSTICOS INDIVIDUAIS

Instalação de **sensores acústicos** com alta sensibilidade e alta rejeição a interferências eletromagnéticas ao longo das linhas.

- ▶ A cada 5 ou 10 metros de linha
- ▶ Equipamentos processadores distribuídos ao longo da linha, interconectados entre si e com central de monitoramento em tempo real no Centro de Controle

Linha 2: seriam necessários de 2000 a 4000 sensores !!!!



REQUISITOS FUNCIONAIS DO SISTEMA

- ▶ Analisar e processar os sensores em tempo real, em conexão com o Centro de Controle
- ▶ Relacionar as análises de cada sensor, um em relação ao outro
- ▶ Aplicar regras para ignorar ruídos que não correspondam aos eventos de invasão ("aprender" os sinais conhecidos como normais e não gerar alarme nesses casos)



Alto custo de material e instalação

Necessidade de alto índice de proteção a intempéries e vandalismos



DAS COM FIBRAS ÓTICAS

Sensores Acústicos Distribuídos

(Distributed Acoustic Sensing)

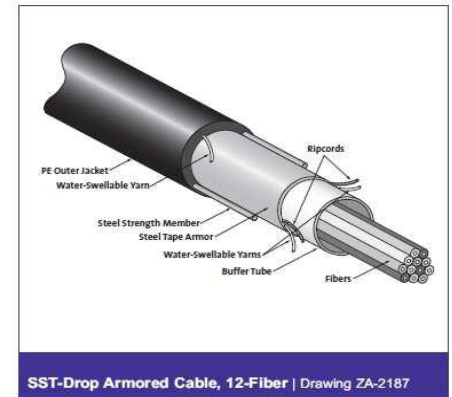
Ao invés de milhares de sensores ao longo da linha, uma única **fibra ótica** pode atuar como um sensor linear.

Aproveita os efeitos não lineares que são características indesejáveis das fibras para telecomunicações.

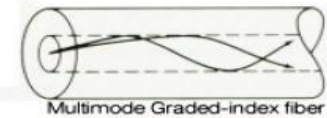
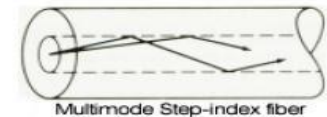
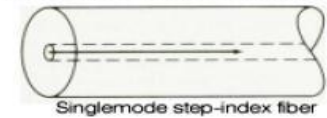
DAS - detecção acústica

DTS - detecção de temperatura

DSS - detecção de torção, tração ou força



Fiber Cross-Section and Ray Paths



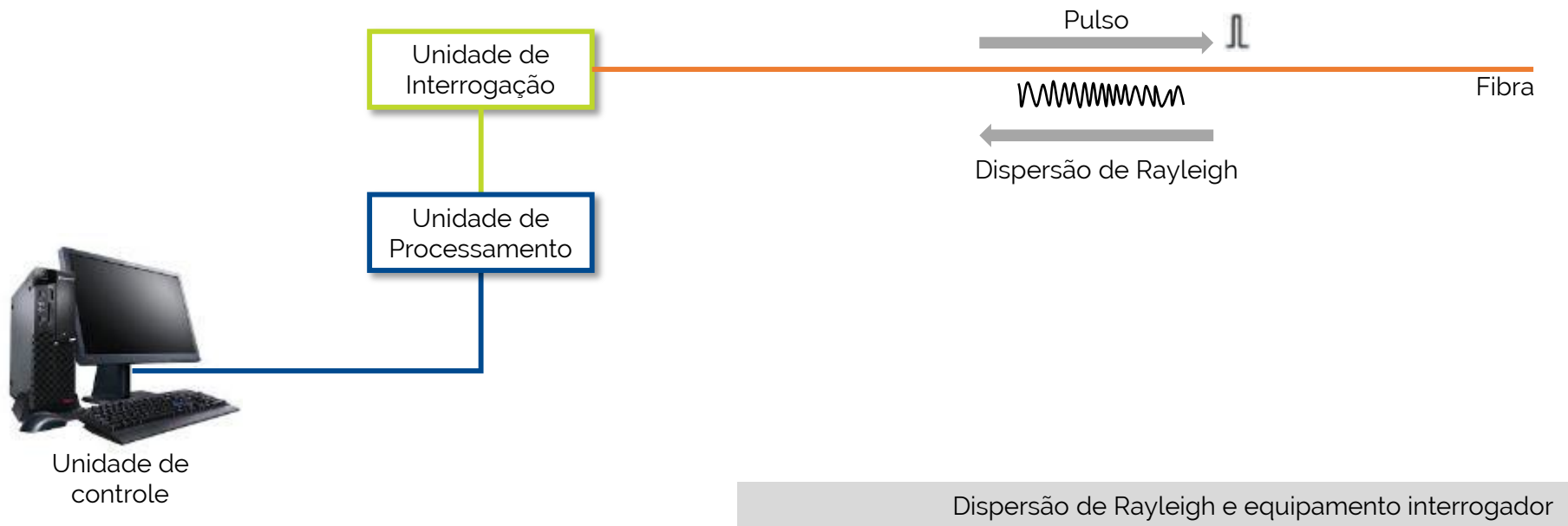
Composição de um cabo ótico e as fibras



EFEITOS NÃO-LINEARES

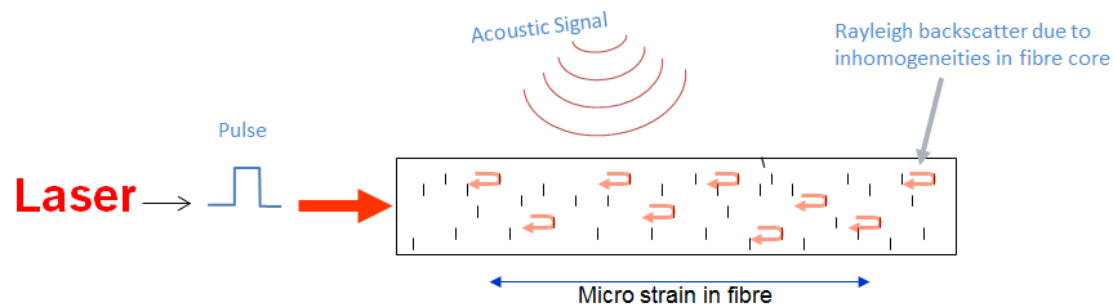
Efeitos não-lineares importantes para este estudo

- ▶ Espalhamento Raman espontâneo
- ▶ Espalhamento Brillouin
- ▶ Dispersão de Rayleigh



DAS COM FIBRAS ÓTICAS

Podemos considerar então, uma fibra ótica como sendo um **microfone contínuo**, que conectado a um equipamento processador especial, pode detectar eventos em função dos sons ou vibração gerados pela ação.



Dispersão de Rayleigh em função de sinal acústico

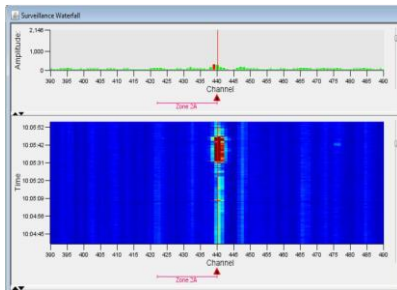
POSICIONAMENTO DAS FIBRAS

Deve ser considerado que as fibras em si não precisam vibrar com os sons, a detecção ocorre a nível molecular no interior das fibras.

O posicionamento ideal das fibras óticas seria enterrado (não necessariamente em contato direto com o chão, em dutos ou canais de cabos é suficiente), para que não haja degradação da sensibilidade.



ANÁLISE NOS SINAIS



DETECÇÃO



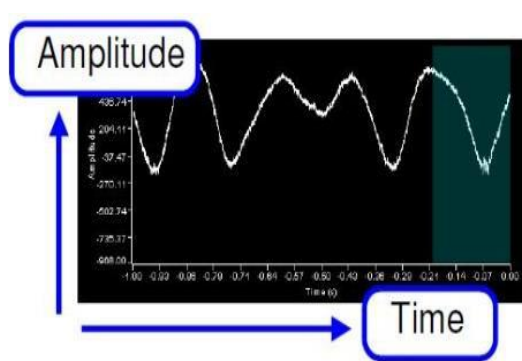
CLASSIFICAÇÃO



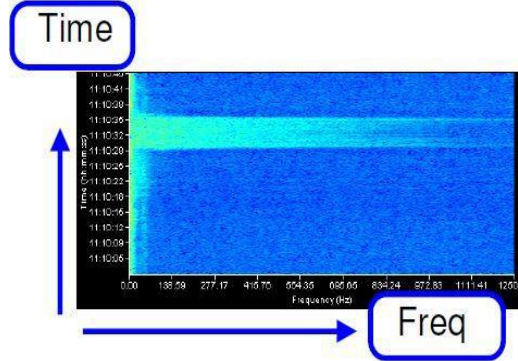
ALERTA



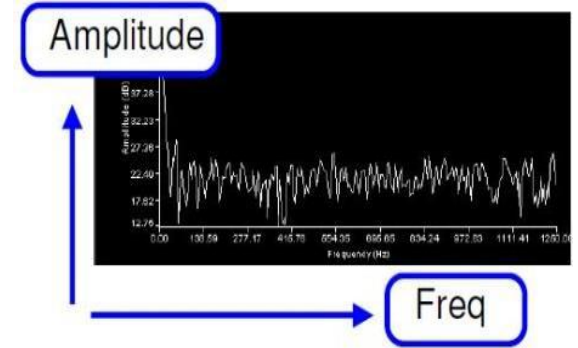
ANÁLISE DOS SINAIS ACÚSTICOS



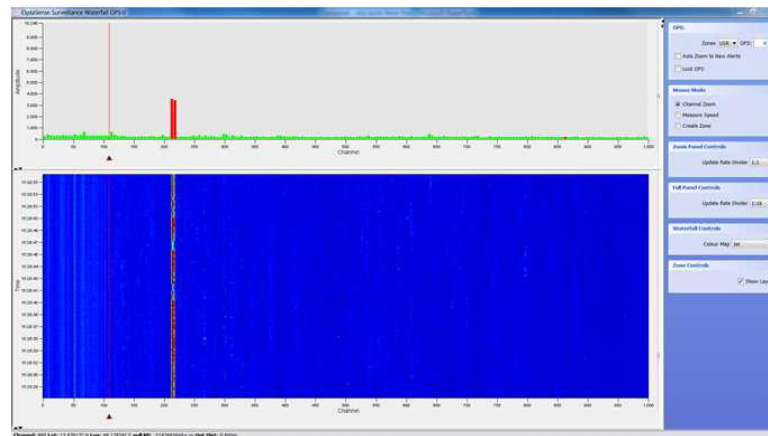
Amplitude x Tempo



Tempo x Frequência



Amplitude x Frequência



Resultado da análise

FIBRAS ESPECIAIS

Fibras óticas especiais para uso como sensores distribuídos

Part Number	Fiber Type	Operating Wavelength (nm)	Coating Ø (µm)	Cutoff Wavelength (nm)	Coating System	Temperature Range (°C)
Accutether® 80	Single-Mode	1550	160	1410 ± 50	Dual Acrylate	-40/+85
Accutether® 125	Single-Mode	1300	245	≤ 1300	Single Acrylate	-40/+85
BF06159	Single-Mode	1550	130	1410 ± 50	Single Acrylate	-40/+85
BF06160	Single-Mode	1550	200	≤ 1500	Single Acrylate	-40/+85

Part Number	Product	Fiber Type	Coating Ø (µm)	Coating System	Temp Range	Common Uses
F13469	GE050	GI Multimode	155	Carbon/PYROCOAT®	-65/+300 °C	DTS
F18961-02	GE050-SA	GI Multimode	250	Carbon/Silicone/Acrylate	-45/+160 °C	DTS
F21976	GeoSil® SM	Pure core Single-Mode	155	PYROCOAT	-65/+300 °C	DTS/DSS

For detailed product specifications please visit www.ofsoptics.com, call us toll free at 888.438.9936 (Canada and USA) or contact us directly at 860.678.0371

Outros tipos de fibras óticas que maximizam o desempenho dos sistemas DAS são cabos dipolo, cabos tipo fita e cabos buffer



METRÔRIO

- ▶ Utilização de uma fibra sem uso como sensor, dentre os diversos cabos óticos já instalados na Linha 2
- ▶ Cabos já instalados em bandejamentos presos aos muros (avaliar a necessidade de enterrá-los)
- ▶ Período de “aprendizado” do sistema



Trecho do bandejamento preso ao muro na Linha 2 do MetrôRio

METRÔRIO

Etapas necessárias para instalação de um sistema DAS no MetrôRio

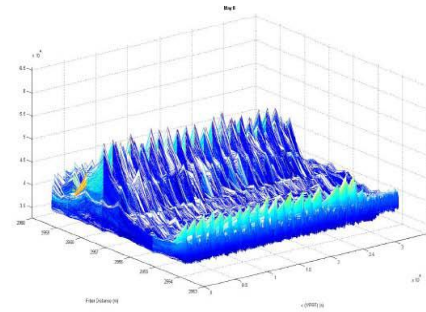
- ▶ Verificar os cabos disponíveis com fibras sem uso e seu encaminhamento
- ▶ Verificar o fabricante, tipo e características das fibras existentes
- ▶ Realizar testes OTDR detalhados das fibras
- ▶ Fazer levantamento das distancias, vistas aéreas da via e localização de equipamentos
- ▶ Realizar *site survey* dos locais de instalação
- ▶ Simulações e configurações em fabrica dos equipamentos
- ▶ Realizar os ajustes em campo
- ▶ Realizar testes de adequação do software
- ▶ Ajustes finos em uso e operação assistida
- ▶ Comissionamento e treinamentos.



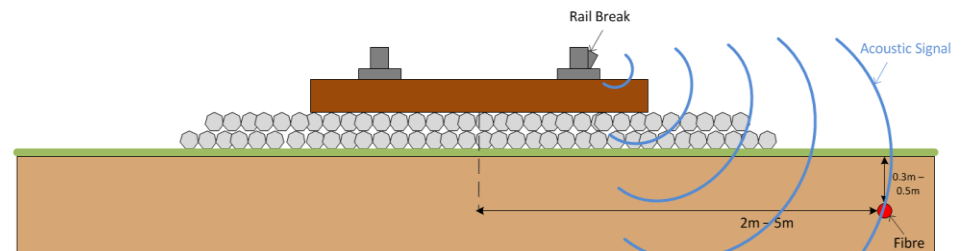
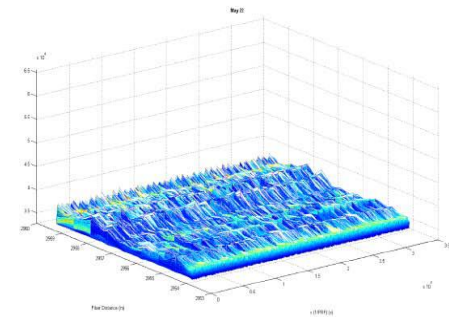
DAS – OUTRAS APLICAÇÕES

- Detecção de falhas nos trilhos

Rail Break

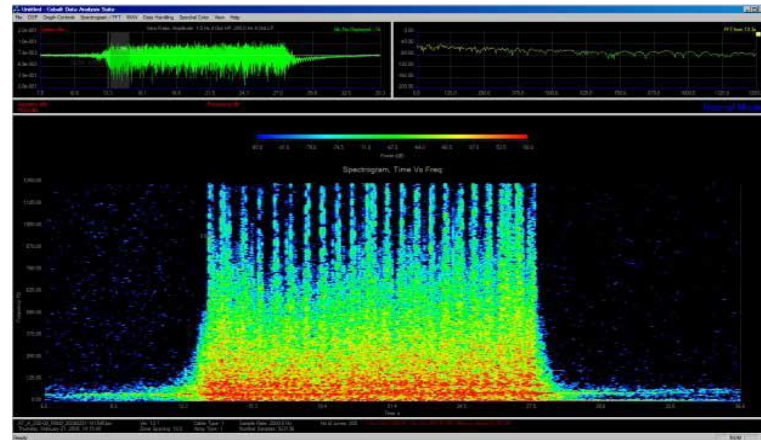
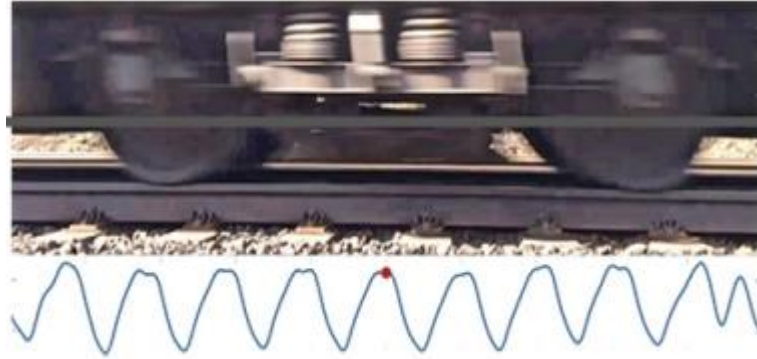


Rail Break Repaired



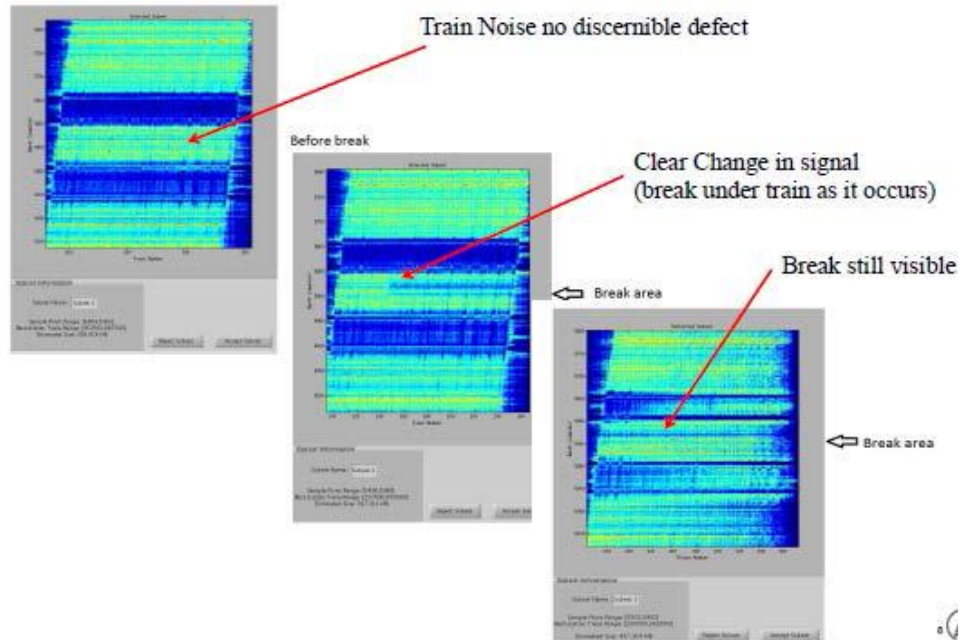
DAS – OUTRAS APLICAÇÕES

- ▶ Trem com calos nas rodas



DAS – OUTRAS APLICAÇÕES

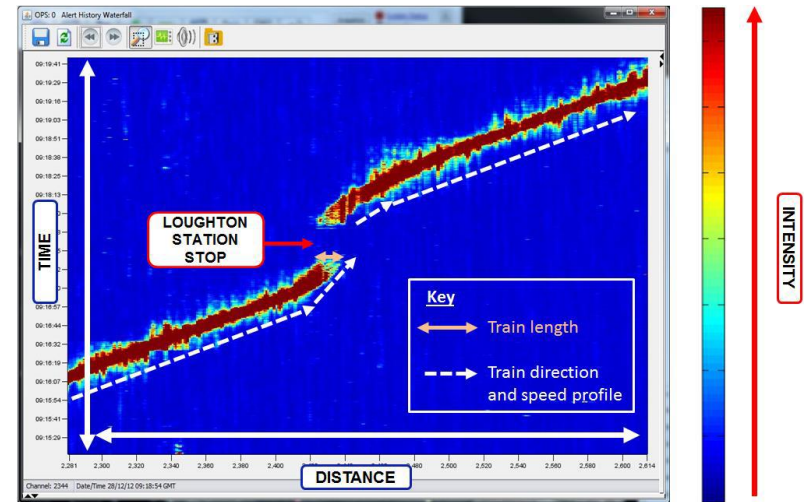
- Detecção de falhas diversas nos trens



DAS – DETECÇÃO DE UM TREM NA LINHA

Os trens circulando na linha geram **sinais acústicos** que podem ser utilizados para acompanhamento dos trens em uma linha.

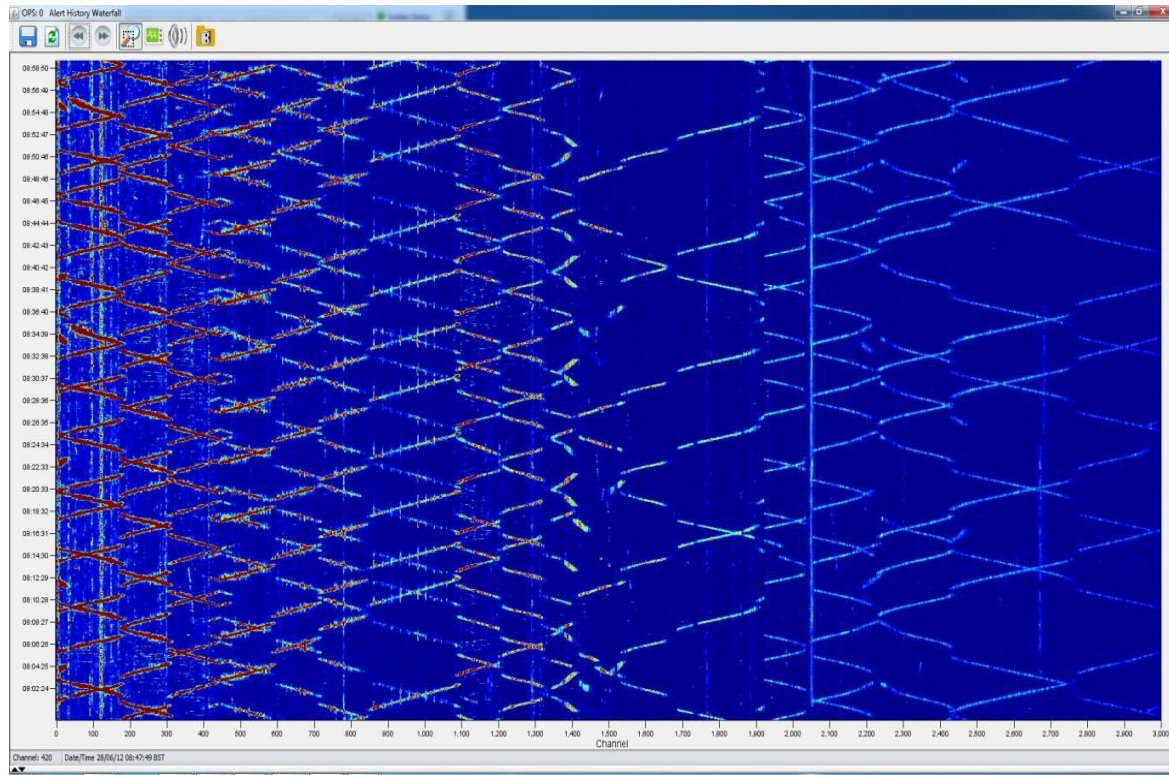
A circulação dos trens gera um padrão bem definido, com sugestões inclusive para uso do sistema DAS para **localização** de trens, veículos de manutenção e frentes de serviço de manutenção na via.



Assinatura acústica de um trem na visualização tipo waterfall



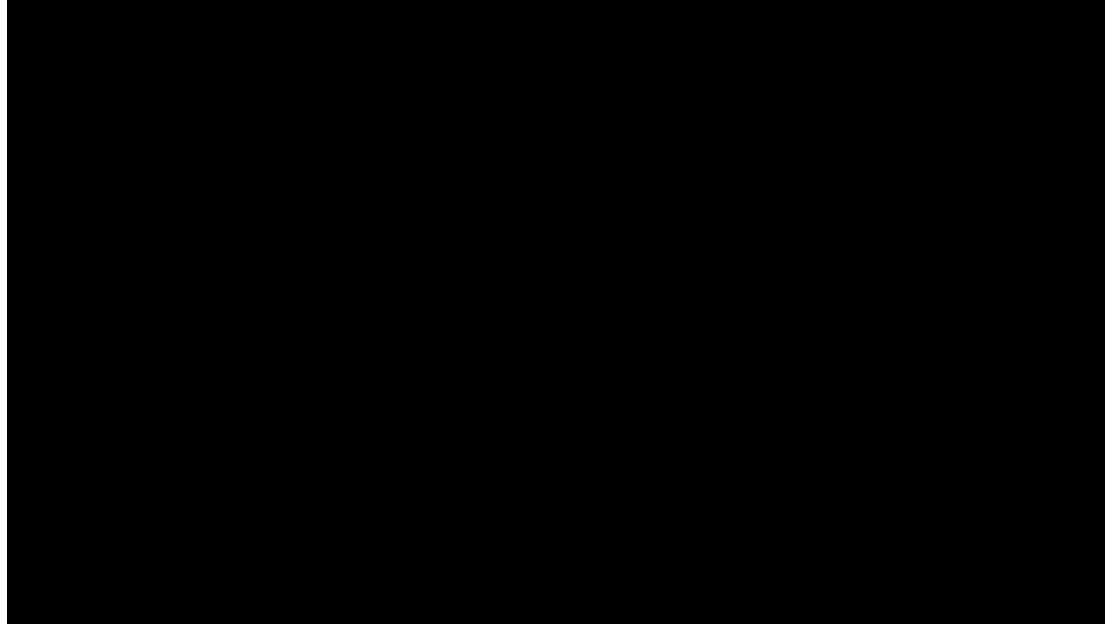
DAS – DISTRIBUIÇÃO DE TRENS NA LINHA



Visualização simultânea de todos os trens em uma linha



VÍDEO



CONCLUSÕES

- ▶ A tecnologia de detecção de intrusão DAS tem características muito positivas para utilização no MetrôRio, evitando roubo de cabos.
- ▶ A localização dos cabos já instalados na Linha 2 do MetrôRio (não enterrados) gera necessidade de análise de viabilidade.
- ▶ Com a implantação do sistema DAS no MetrôRio, a utilização poderia ser expandida para detecção de, por exemplo, calos nas rodas, falhas nos trilhos e/ou dormentes entre outros, além da própria detecção da localização de trens, veículos de via e frentes de trabalho na via.



DAS – SENSORES ACÚSTICOS DISTRIBUÍDOS COM FIBRAS ÓTICAS E SUA UTILIZAÇÃO PARA DETECÇÃO DE INTRUSÃO NAS VIAS E DETECÇÃO DE TRENS, FALHAS EM RODAS OU TRILHOS OU QUAISQUER EVENTOS QUE CAUSEM EFEITO ACÚSTICO

Mauro Galassi Caputo

23ª Semana de Tecnologia Metroferroviária

