

CBTC - Solução para aumento de capacidade com garantia de segurança

Alexandre O. Goulart

Conrado Nunes

Fernando A. T. Fujimoto

Fernando Martins Manzotti

João Carlos S. Bruno

21ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

AEAMESP



MINAS GERAIS

Operadora ferroviária de carga que está entre as maiores ferrovias do mundo em volume transportado, com indicadores de nível internacional em segurança, confiabilidade e eficiência.

SÃO PAULO



Frota

Mais de 18.000
vagões próprios

Mais de 730
locomotivas

~ 20% da frota nacional



MALHA FERROVIÁRIA



1.643 km
de extensão

Nossa malha integra o região
que produz cerca de 50% do
PIB nacional

200 km de duplicação de linhas
construídos desde a criação da MRS

Operação em cinco pontos

Santos

Itaguaí

Guaíba

Rio

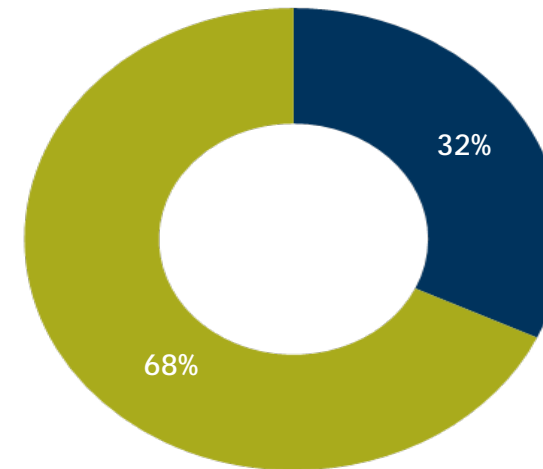
Sudeste



23 Terminais Intermodais, administrados pela própria MRS ou por terceiros

CONTRIBUIÇÃO PARA O PAÍS

Total da Carga Ferroviária no Brasil (%)



Fonte: ANTF, 2013.

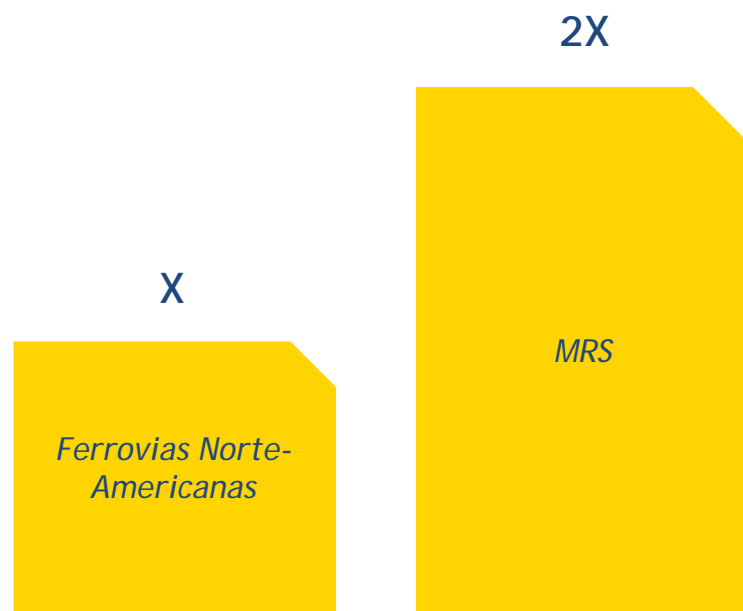
Outras

MRS



EFICIÊNCIA E SEGURANÇA

Tonelada útil por locomotiva



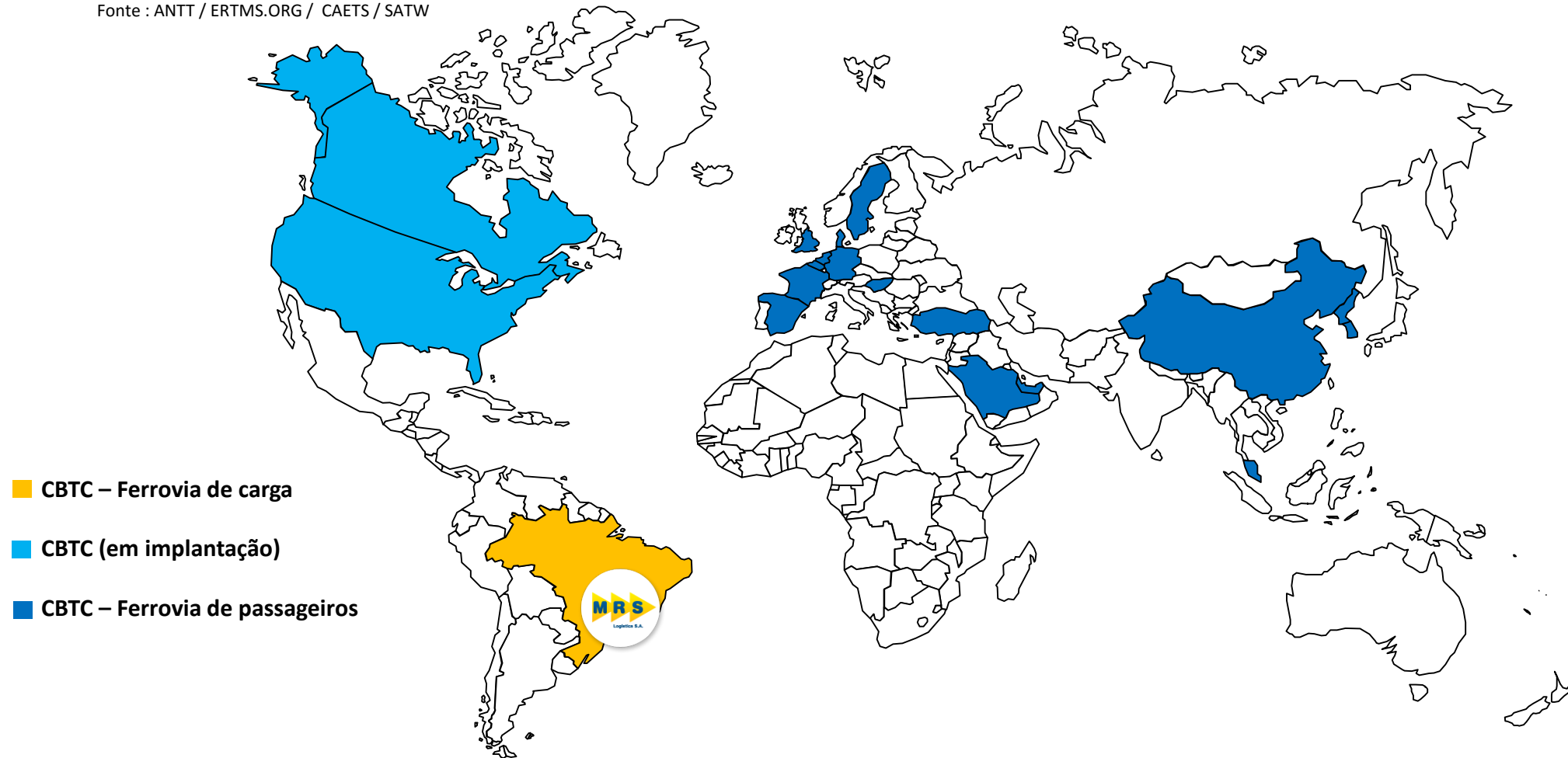
Eleita 11 vezes pelos clientes a melhor ferrovia do Brasil (Pesquisas anuais realizadas pela Revista Ferroviária)

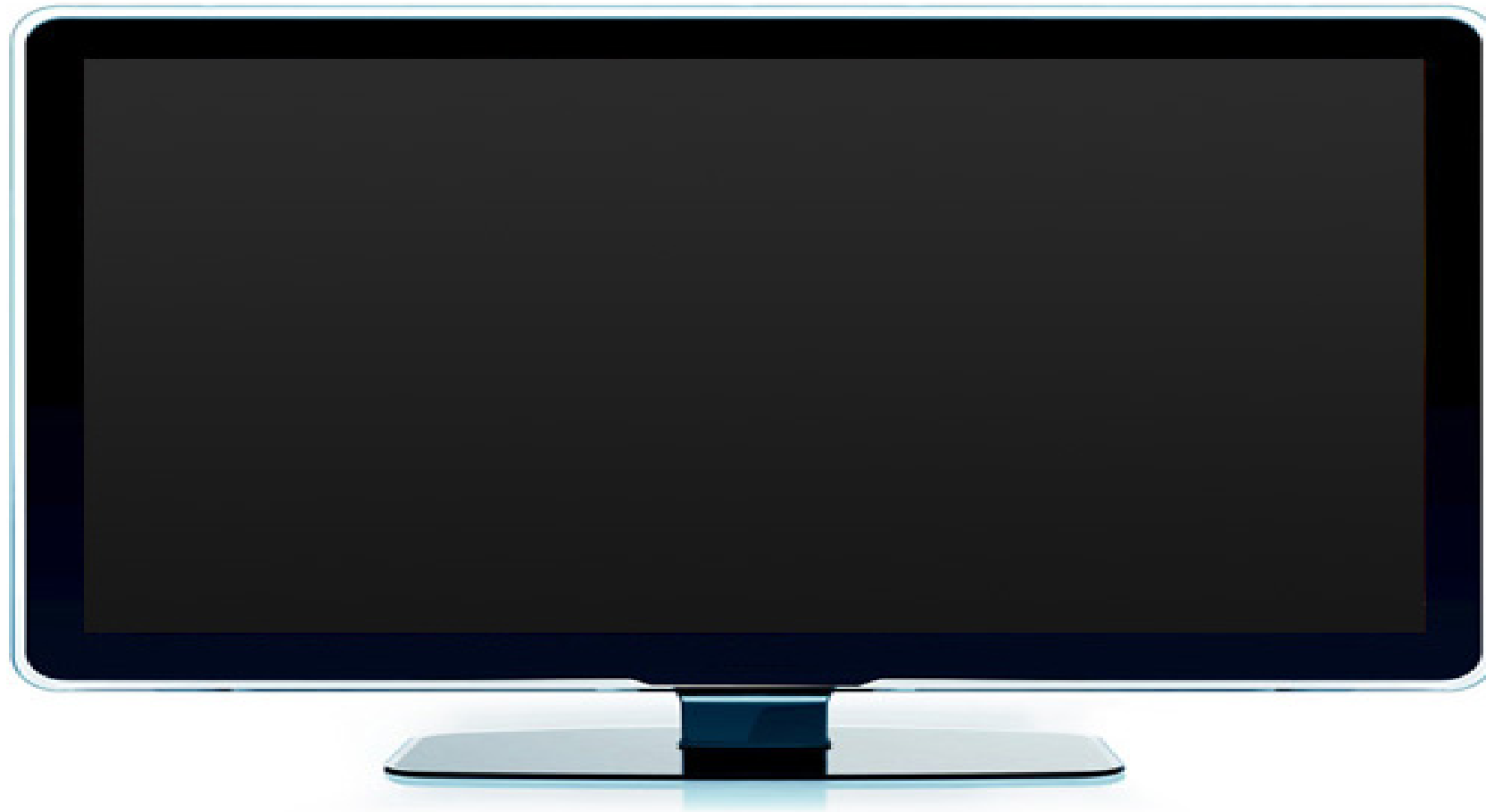




Primeiro CBTC em ferrovia de carga em operação no mundo

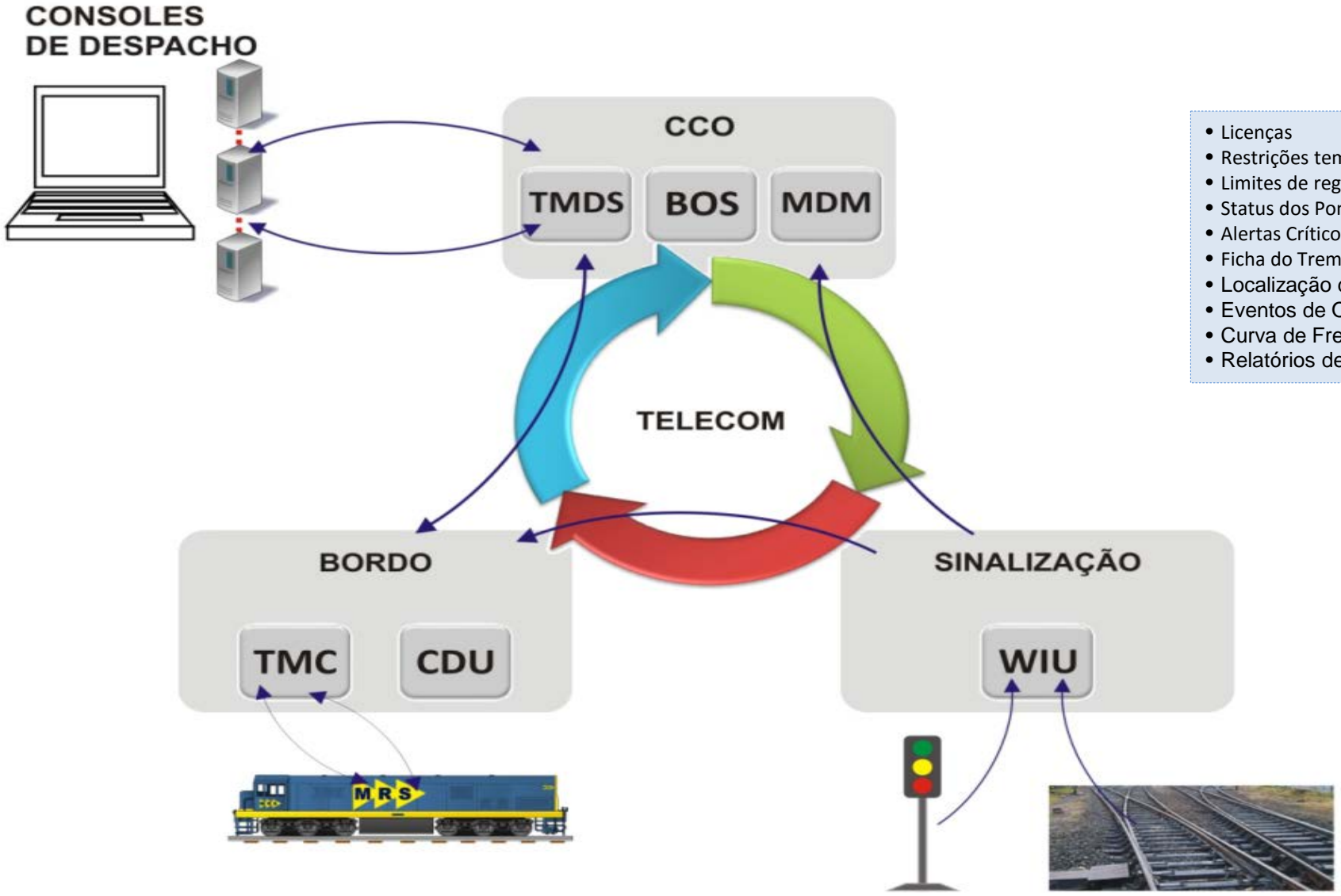
Fonte : ANTT / ERTMS.ORG / CAETS / SATW





Arquitetura do Sistema

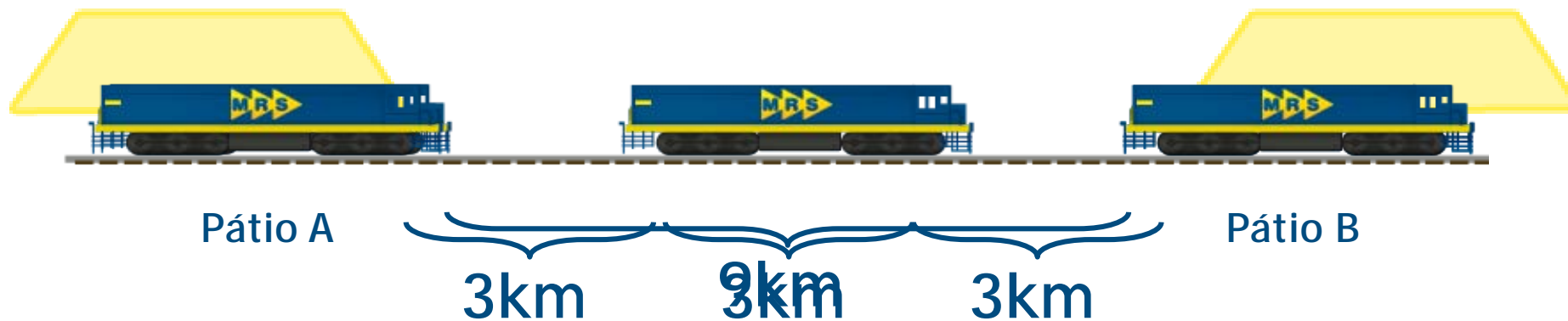
CBTC



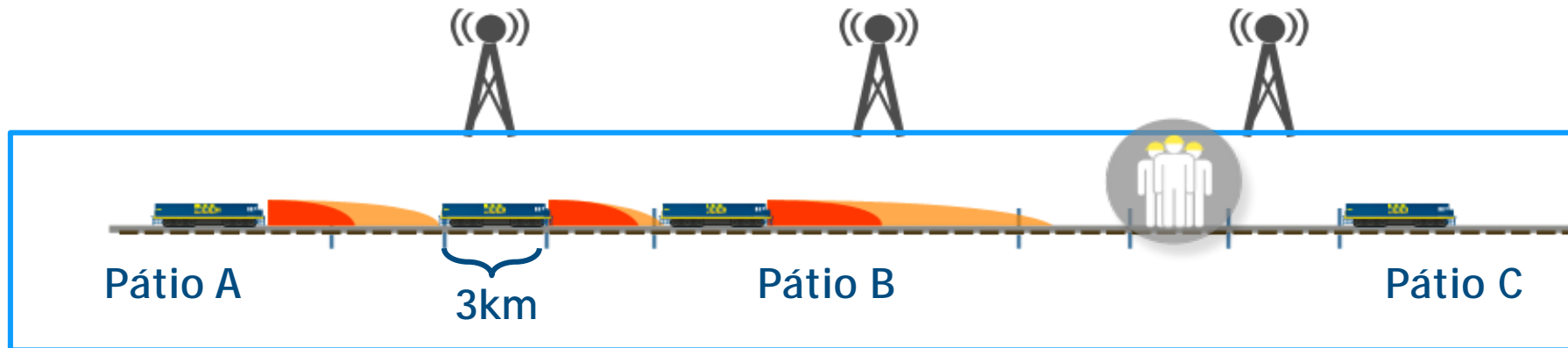
- Licenças
- Restrições temporárias de Velocidade
- Limites de região de Homens Trabalhando
- Status dos Pontos de Controle
- Alertas Críticos
- Ficha do Trem
- Localização do Trem
- Eventos de Operação do Trem
- Curva de Frenagem
- Relatórios de Violação do Sistema



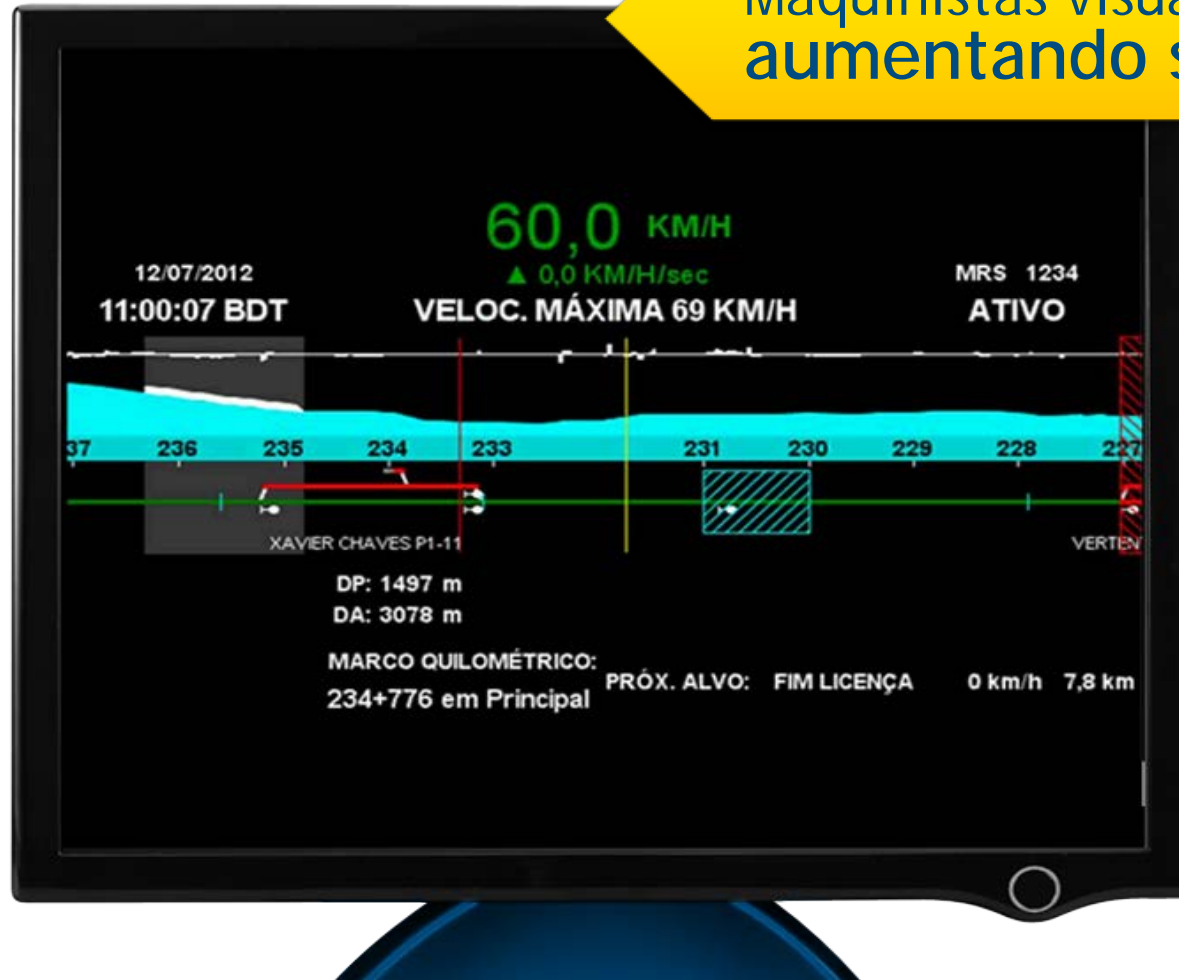
Discretização da via: trens podem se aproximar e aumentar a capacidade de transporte....



...com segurança



Maquinistas visualizam sinalização na cabine aumentando segurança e eficiência





RECOMENDAÇÕES DE PADRÃO DE INTEROPERABILIDADE DE CONTROLE DE TRENS



CBTC - Inovação e Capacitação Tecnológica

Por que o CBTC? É uma solução para aumento de capacidade com garantia de segurança operacional

	CTC	E. FENCE	ATC	ERTMS	CBTC
Headway Mínimo (min.)	9	>9	11	6	6
Segurança em Bordo (Sistema Vital)	✗	✗	✓	✓	✓
Performance e Capacidade	✓	✗	✗	✓	✓
Custo e Prazo	—	—	✗	✗	✓

CBTC - Inovação e Capacitação Tecnológica

14

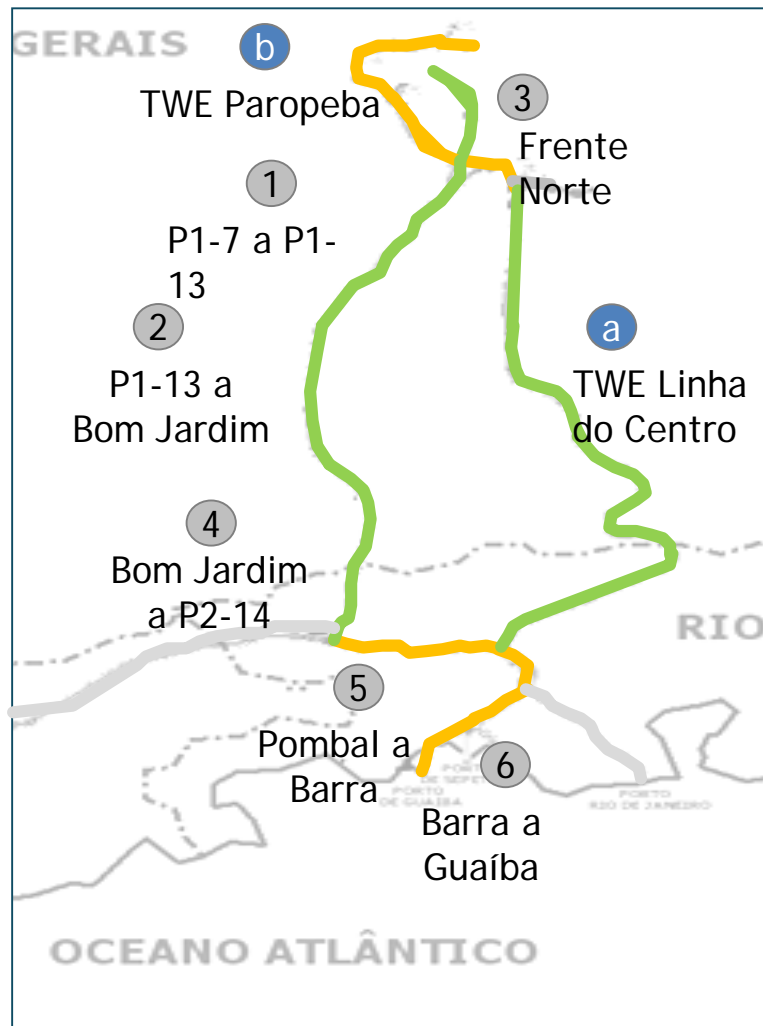
Que caminho trilhar?

		ERTMS	CBTC
CCO	▶	✓	✓
Sinalização	▶	✓	✓
Bordo	▶	✓	✓
		GSM-R	Rádio 256 Mhz
		✗	✓
Telecom		✗	✓
Dados		✗	✗
		✗	✓
		✗	✓

The logo for MRS Logística S.A. features the letters 'M', 'R', and 'S' in a bold, black, sans-serif font. Each letter is contained within a yellow arrow pointing to the right. The arrows are slightly offset, creating a sense of movement. Below the letters, the text 'Logística S.A.' is written in a smaller, yellow, sans-serif font.

MRS FASES DO PROJETO
Logística S.A.

Status



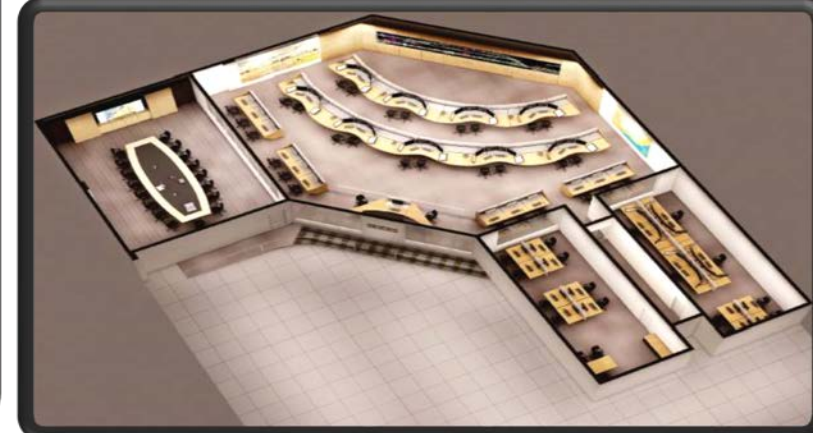
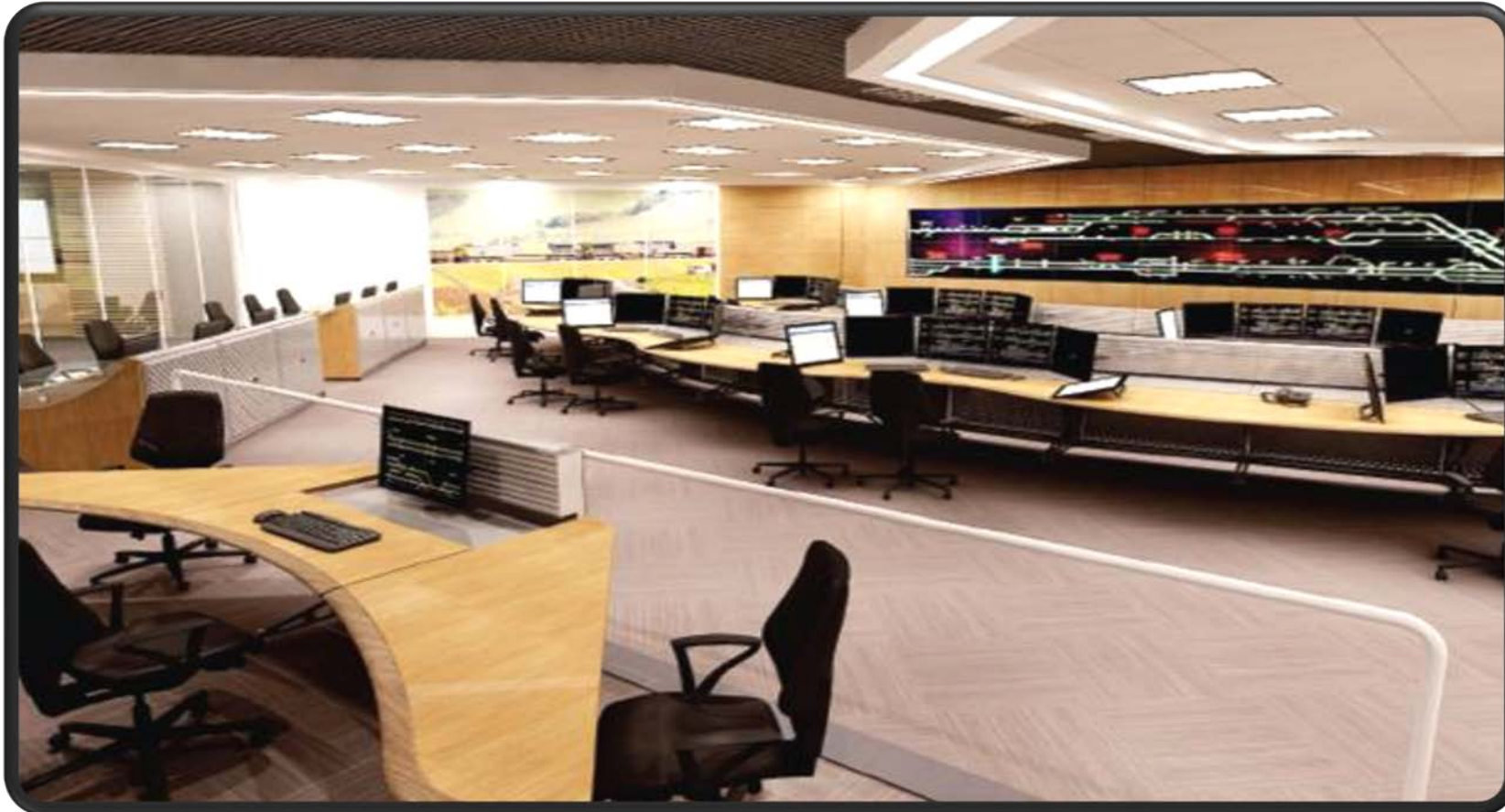
— Implementado — Em teste

Segmento	Implantar	Implantado	% Executado
Sinalização (km)	520	520	100%
Telecom Voz (km)	1600	1600	100%
Bordo (unid.)	600	526	88%
CCO (6 painéis+ funcionalidades)	8	6,2	78%
TWE (km)	516	369	72%
CBTC (km)	507	353	70%
CBCT + TWE (km)	1023	722	71%

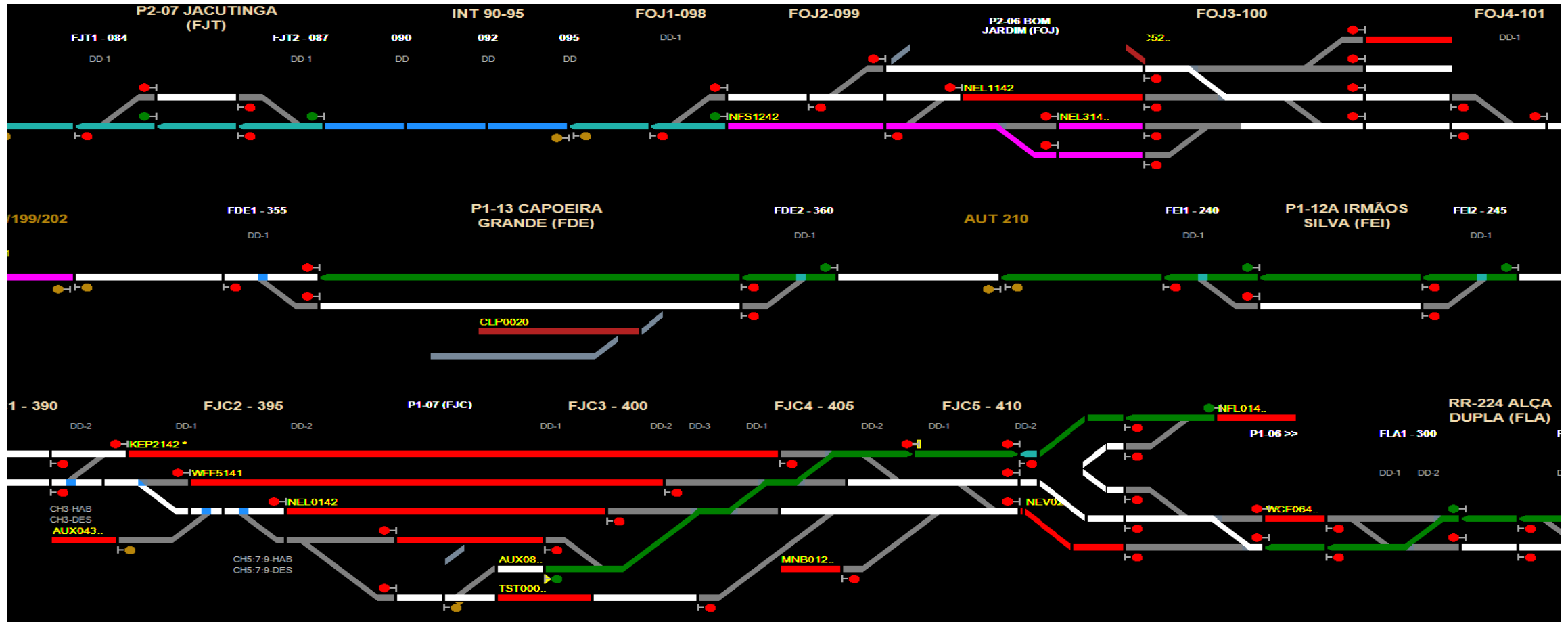




Abril 2012



Tela TMDS Região de Controle Carregada





MRS SINALIZAÇÃO
Logística S.A.



Sistema de sinalização - Objetivo

Sinalização

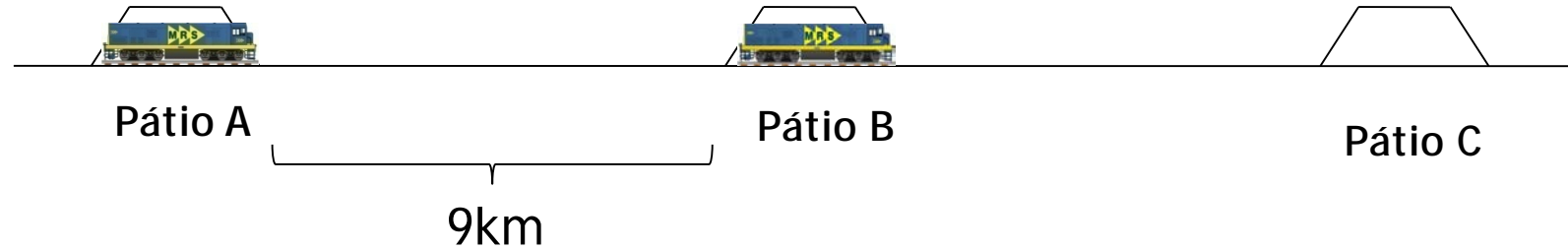
- Aumento da eficiência operacional
- Segurança operacional



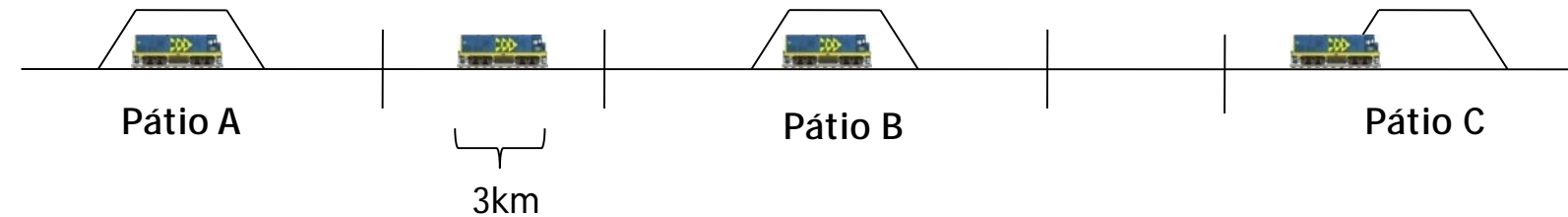
Mudança de arquitetura

Sinalização

- Lógica de intertravamento eletromecânica (relé) x eletrônica microprocessada



- Blocos de 3km



- Sinais automáticos back-to-back

- Acendimento de sinais na aproximação de trens

- Amarelo-pisca em todos os sinais automáticos



Vantagens

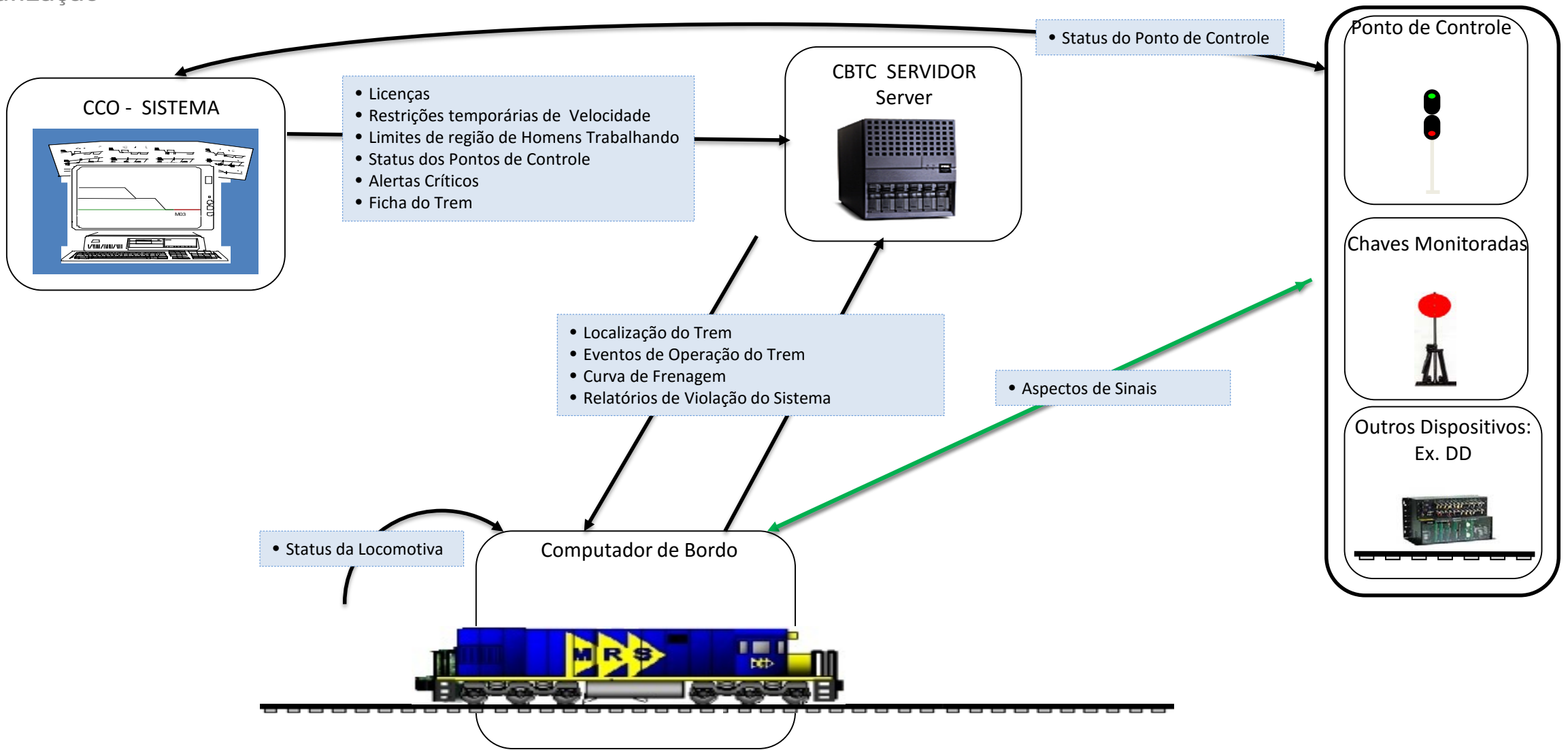
Sinalização

- Diminuição do headway
- Eliminação de cabo de bloqueio
- Testes lógicos do intertravamento antes da instalação em campo
- Adequação dos aspectos dos sinais, permitindo maior velocidade dos trens
- Modo degradado dos aspectos de sinais
- Auto-diagnóstico dos equipamentos
- Redução da necessidade de manutenção preventiva
- Registrador de eventos



Interface Sinalização x CBTC

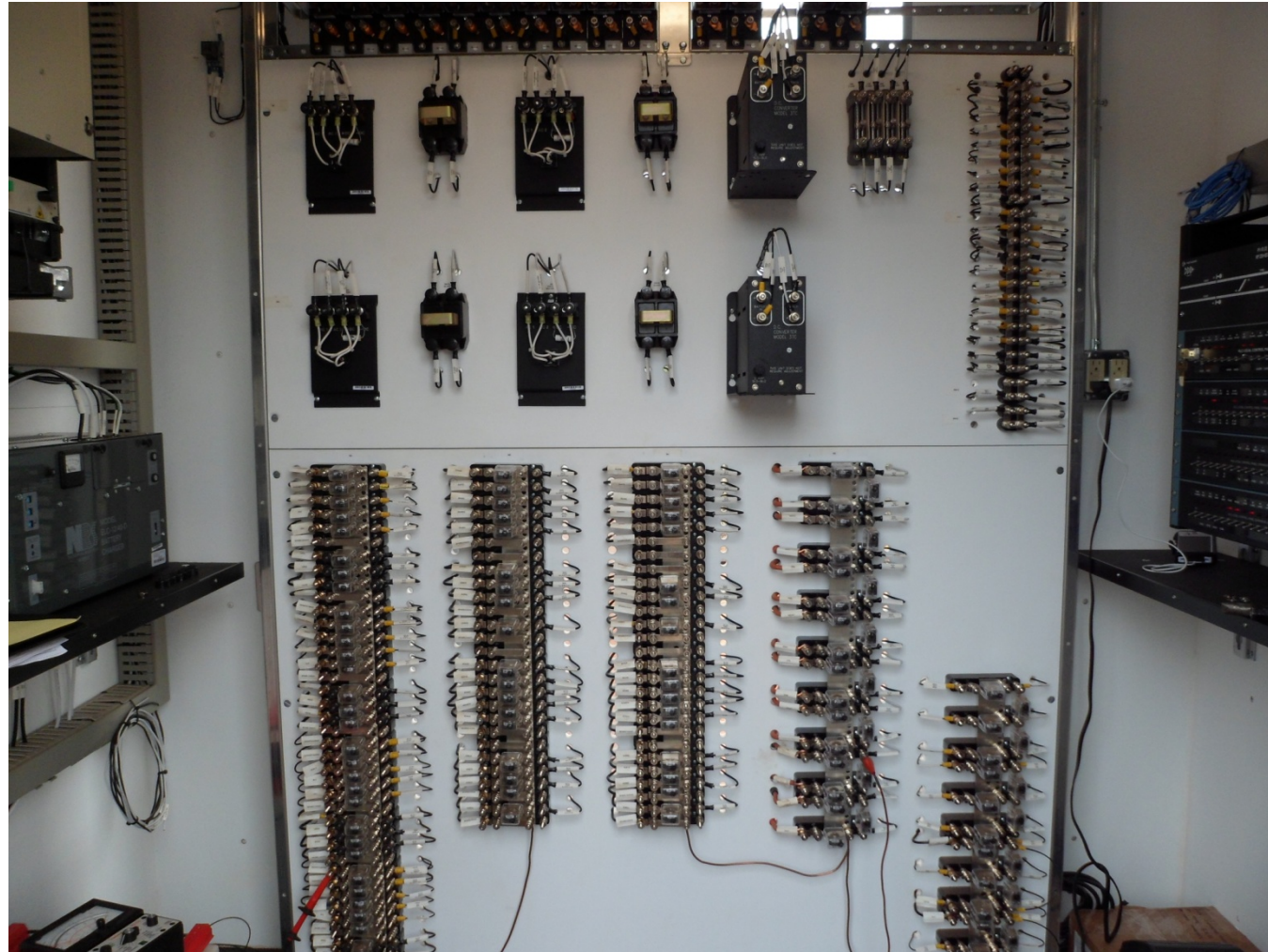
Sinalização





Intertravamento Eletrônico Microprocessado





Barramentos / Retificadores de Chaves / Fontes de Circuito de Via





Motivação para a Mudança

- Resolução ANATEL 568, de 2011;
- Otimizar a utilização da faixa de radiofrequências entre 148,0 MHz e 174,0 MHz (otimização dos canais de 25 kHz analógicos para canais de 12,5 kHz digitais), viabilizando diversas aplicações; expandir os sistema dos Órgão de segurança pública; adequar a tabela de canalização às linhas de produtos comercializados;
- A partir de Janeiro/2012, para o Serviço Limitado Privado, os canais analógicos teriam caráter secundário;



Telecom Voz

- ▶ Disponibilidade de espectro
- ▶ Homologação de Equipamento
- ▶ Padrão Aberto
- ▶ Custo de Implantação
- ▶ Migração
- ▶ Prazo

GSM-R

P25

NXDN

✗	✓	✓
✗	✓	✓
✓	✓	✗
✗	✗	✓
✗	✓	✓
✗	✓	✓

Ref: 2010



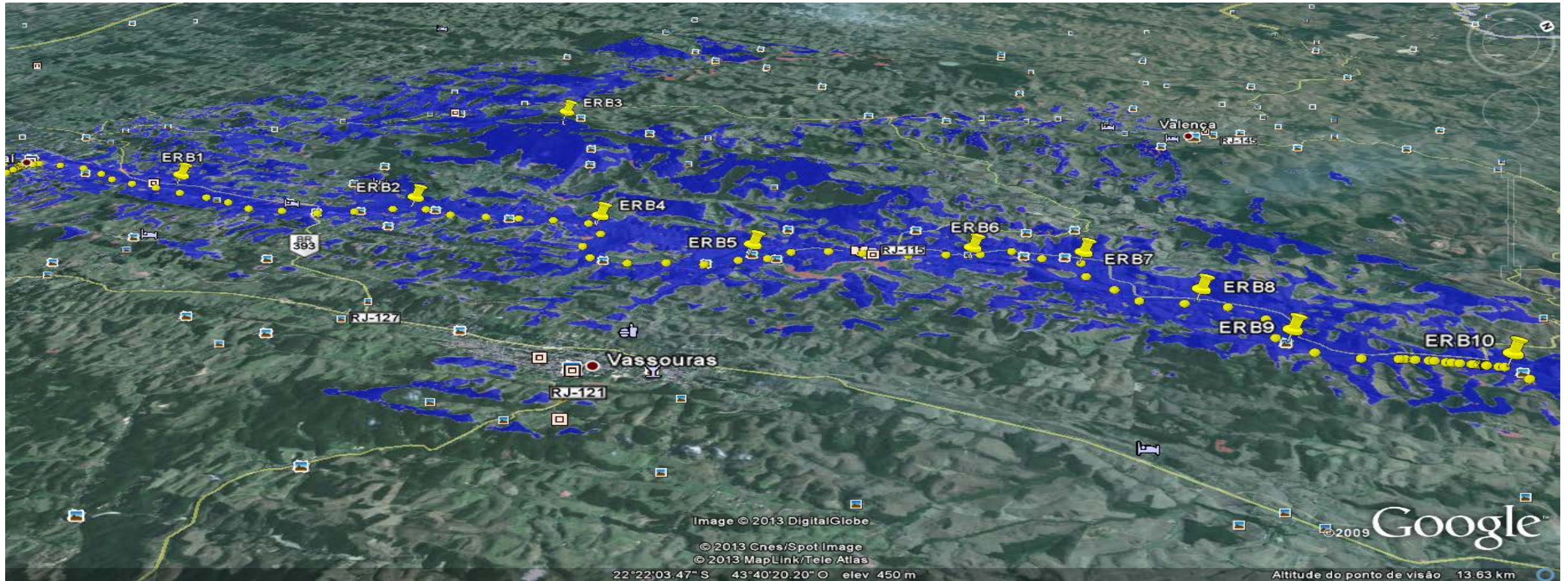


Figura 1 - Cobertura de 40km de ferrovia utilizando 10 estações em 850MHz



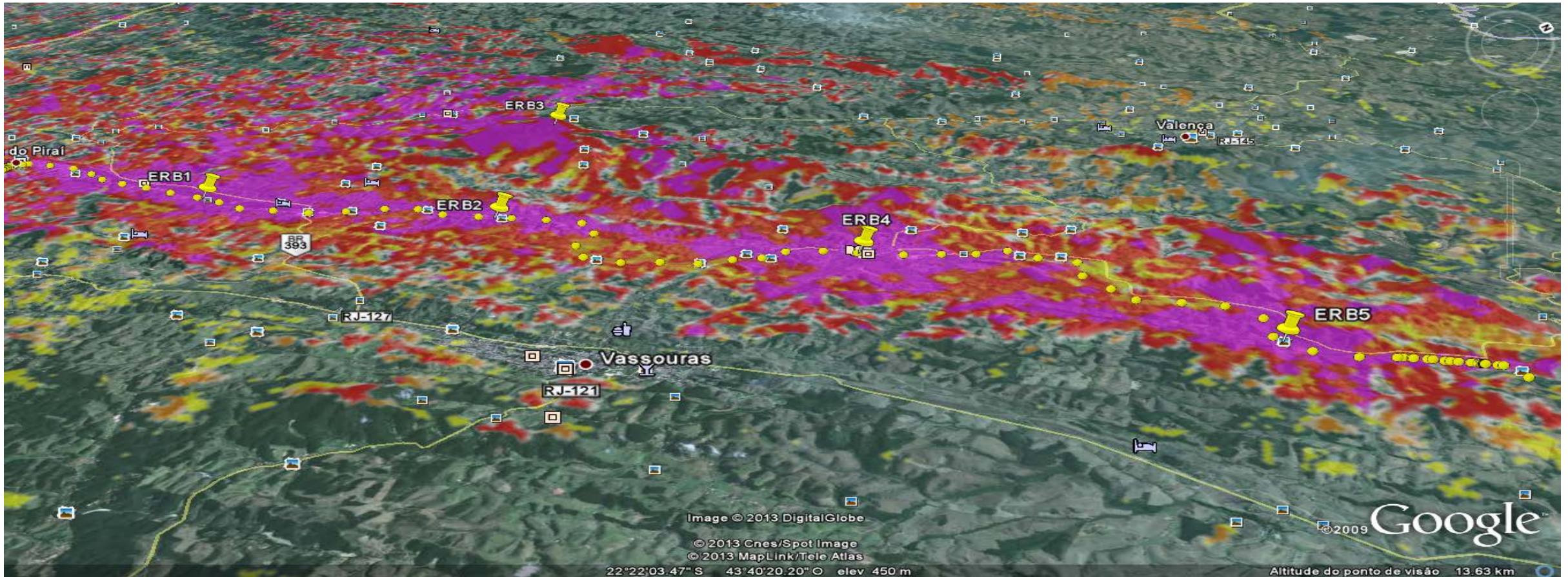
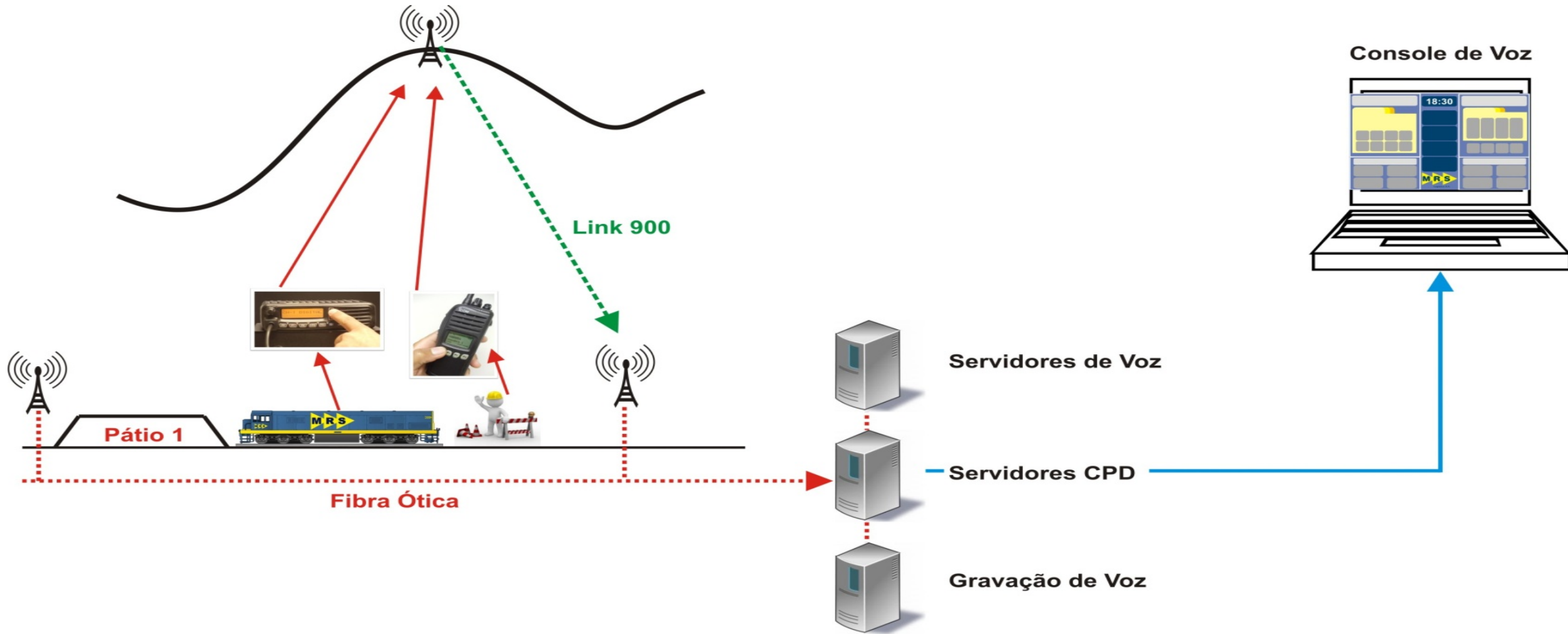


Figura 2 - Cobertura de 40km de ferrovia com apenas 05 estações



Visão Geral - Sistema de Voz Digital

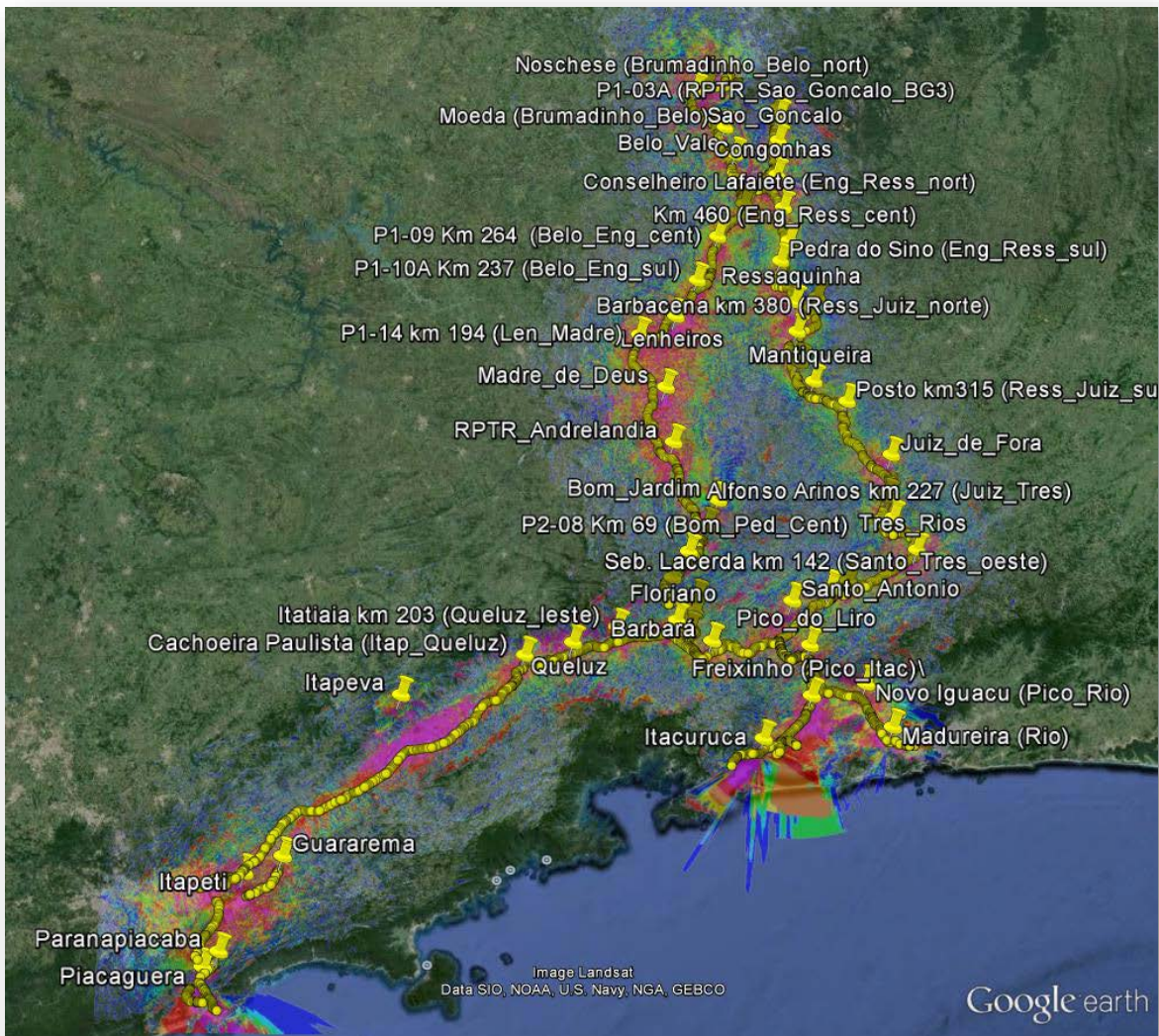
Arquitetura da rede



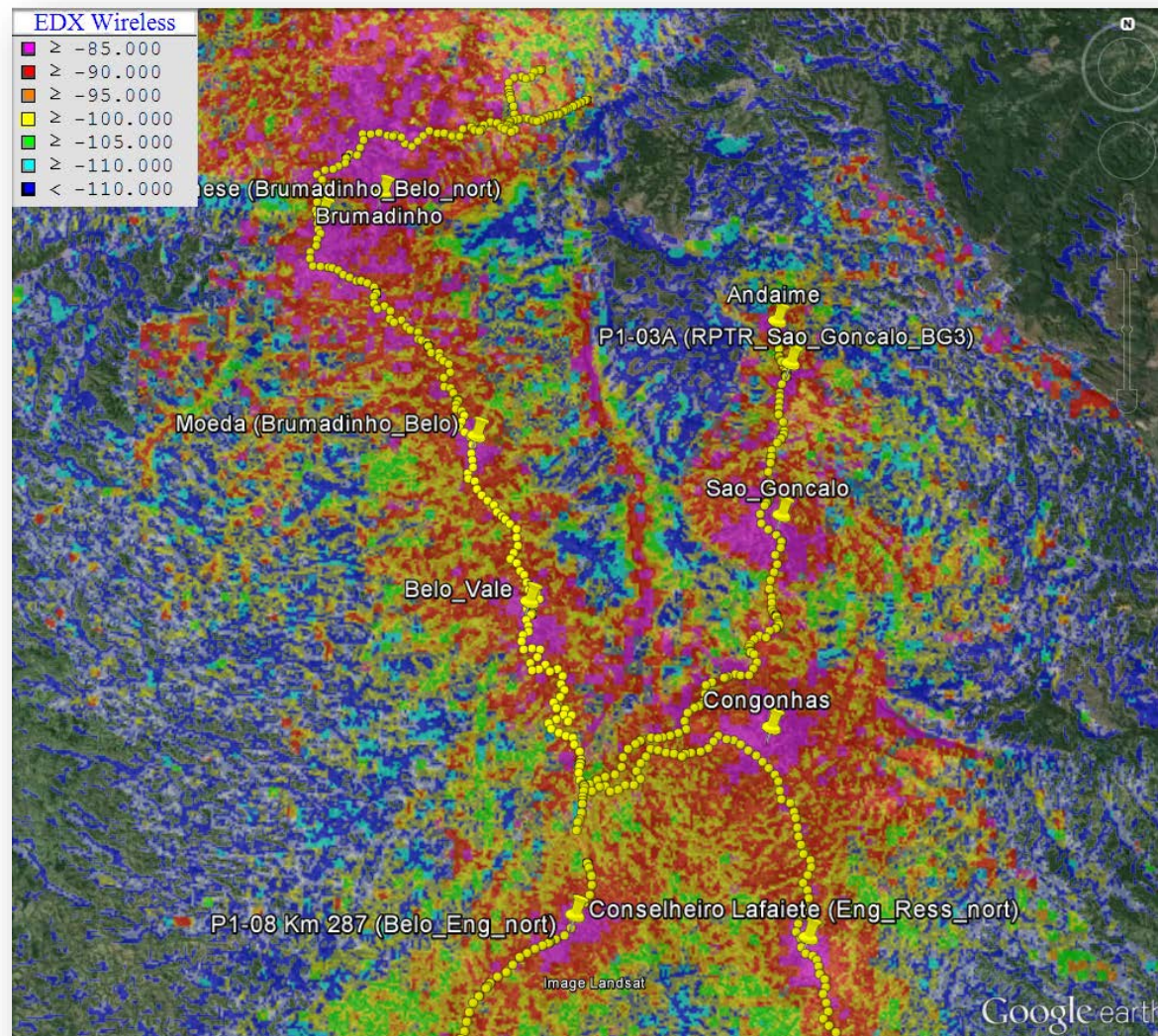


Projeto de Cobertura

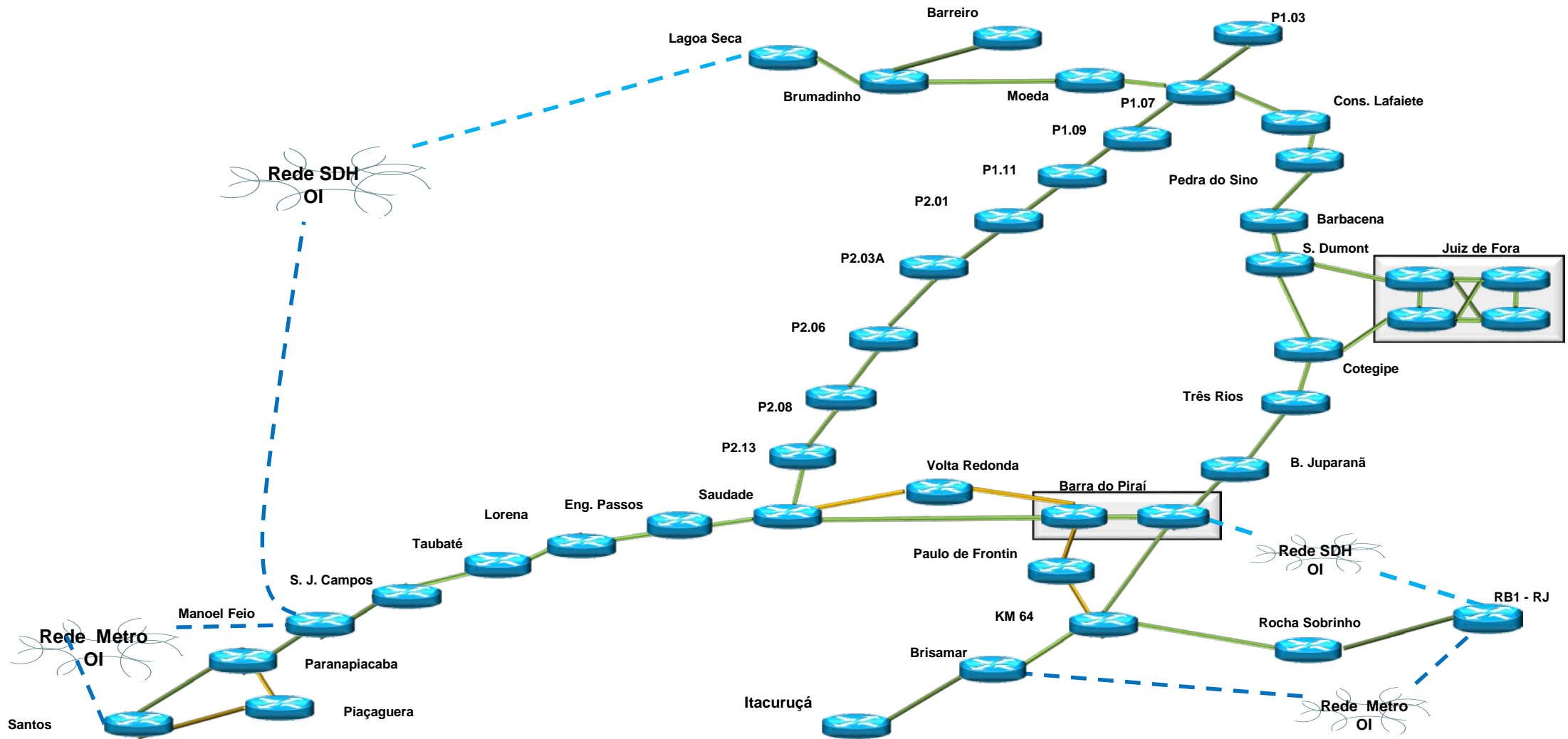
➤ Mapa malha MRS



➤ Mapa região alça – P1-07

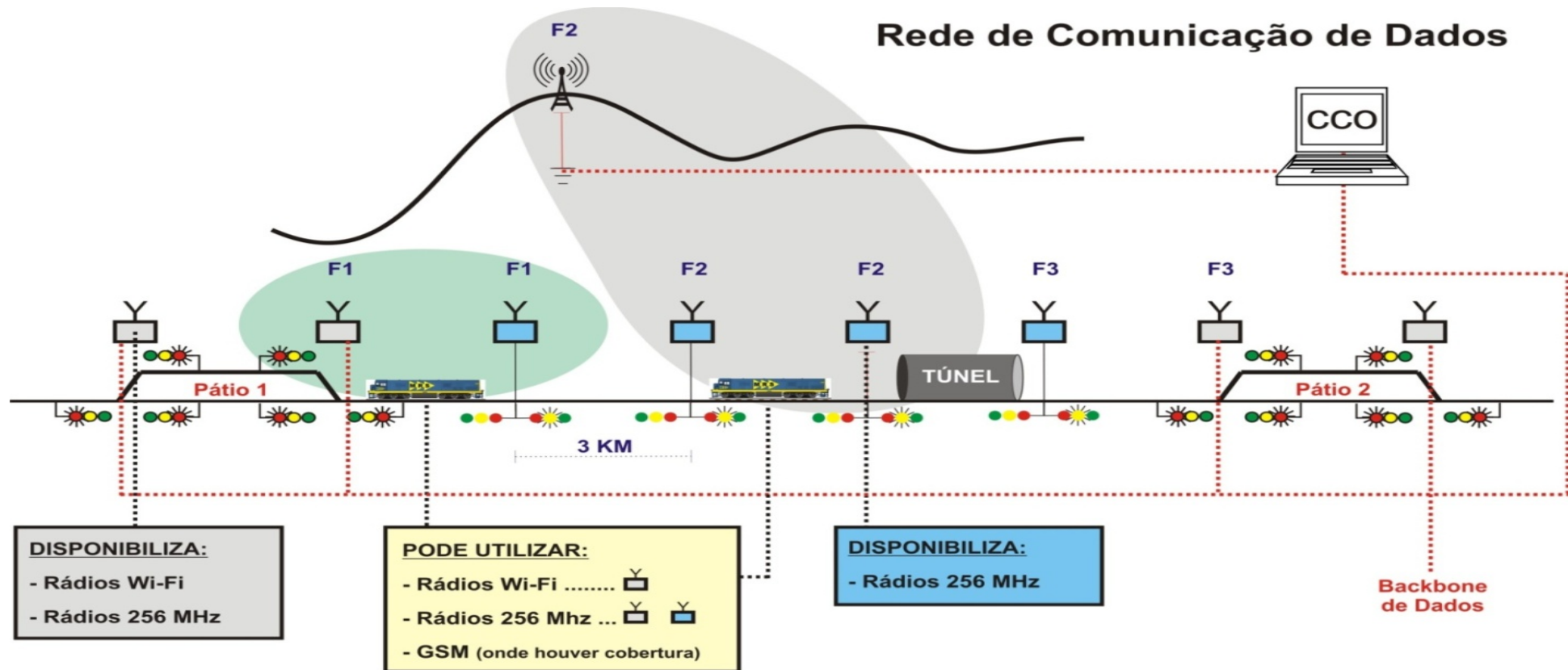






Infraestrutura Telecom

- Radio GE MDS 256 MHz - Licenciamento de trens e informações operacionais (9,6 Kbps em canais de 25 KHz). Sincronização por GPS ou entre Rádios.
- Wi-Fi 802.11a/b/g MOXA Dual Band - Telemetria, download de logs e registradores de eventos, além de permitir a rápida atualização dos softwares do sistema de bordo.



Conceitos

- Qual o propósito do Sistema de Telecom Dados para o sistema CBTC?
 - Possibilitar comunicação entre outros componentes CBTC;
 - TMC a bordo da locomotiva;
 - TMDS e MDM no CCO;
 - WIU ao longo da via;
- Quais foram os desafios?
 - Nenhuma conexão física para as locomotivas → Solução Wireless;
 - Nenhuma conexão física para alguns waysides → Exige uso de repetidoras;
 - As locomotivas estão em movimento → Exige abordagem celular;
 - Cobertura de Sinal:
 - Exige consideração cuidadosa da reutilização de frequência/interferência;
 - Largura de banda, não obíqua;
 - Requer utilização de outras tecnologias de rede.



Conceitos

Principais terminologias

- TMC: Train Management Computer;
- TMDS: Train Management and Dispatch System;
- MDM: Mobile Device Manager;
- WIU: Wayside Information Unit;
- BCM: Base Communication Manager;
- WSM: Wayside Status Message;
- WSRS: Wayside Status Relay Service;
- OCM: Office Communication Manager;
- MCM: Mobile Communication Manager;
- WCM: Wayside Communication Manager;
- EMP: Edge Message Protocol;



Visão Geral do Sistema

➤ BCM: Base Communication Manager

- Gerencia o uso de slots TDMA;
- Agrupa e distribui mensagens de saída para o transmissor;
- Desagrupa e distribui mensagens de entrada para o OCM;
- Pode ser configurado como uma repetidora RF;

➤ WCM: Wayside Communication Manager

- Recebe WSMs do WIU;
- Encaminha WSMs para OCM por instalações no *control point* (cabeceira de pátio);
- Encaminha WSMs para BCM por instalações na repetidora;



Visão Geral do Sistema

- OCM: Office Communication Manager
 - Determina a presença da locomotiva;
 - Faz o roteamento de mensagens EMP;
 - Fila, expiração;
 - Seleção de rota, QoS;
 - Fragmentação de mensagens;
 - Compactação de mensagens;
 - Publica o status wayside, Wayside Status Relay Service;
 - Rede de rádio de dados 256 MHz;
 - Genisys para TMDS;



Visão Geral do Sistema

➤ MCM: Mobile Communication Manager

- Define a frequência do rádio de dados 256 MHz baseado no local;
- Solicita o slot TDMA do BCM;
- Agrupa e distribui mensagens de entrada para o rádio de dados 256 MHz;
- Desagrupa e distribui mensagens de saída para o Roteador EMP;
- Fragmentação de mensagens;
- Compactação de mensagens.



Visão Geral do Sistema

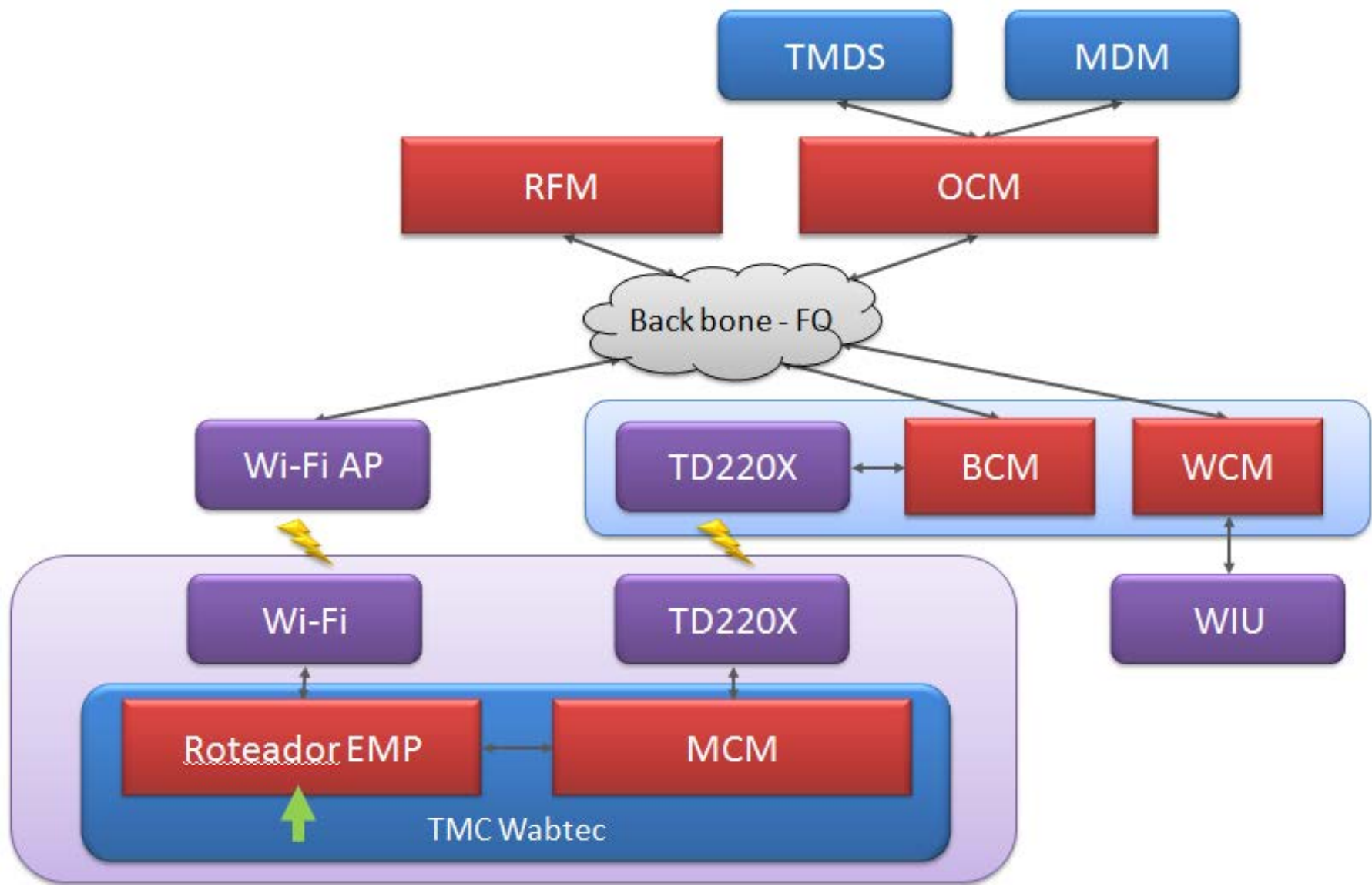
➤ EMP Router

- Realiza o roteamento das mensagens do TMC baseado no QoS;
- MCM (Rádio de dados 256 MHz) → OCM (Wi-Fi ou GSM);
- Gerenciamento de Filas (Wi-Fi, GSM);
- Realiza o roteamento das mensagens do MCM, Wi-Fi, GSM para TMC;

➤ RFM: RF Manager

- Configura MCM, BCM, e WCM;
- Monitora rádios de dados 256 MHz, WIUs, Wi-Fi AP;
- Fornece recursos de troubleshooting e diagnóstico;
- Comunicação de registros e logs de eventos;
- Calcula e publica KPIs.

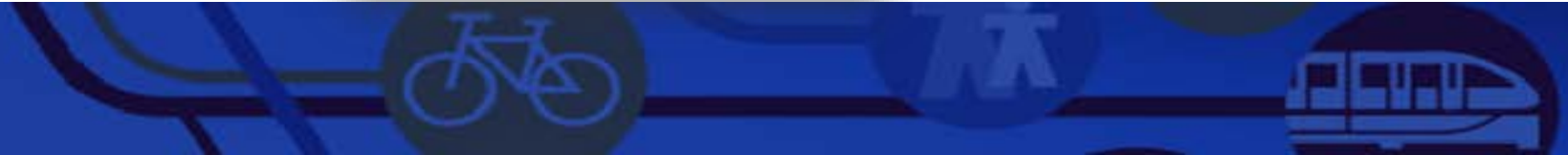




The screenshot displays a Windows desktop with several instances of the CCI Radio Network Manager software. The desktop icons include WinSCP, CCI, Doxilion, WinDirStat, Recycle Bin, putty.exe, Tftp32, Notepad++, psftp.exe, DriveScanner, ftp, RFM PG Line, MobileSniff..., and RFM Steel Line. The software windows are organized as follows:

- CCI Radio Network Manager - SteelLine:** Shows a status bar with 'Bases Online' and 'Wiu On Air' indicators. The 'Base Radios' dropdown is set to 'P2-04A(2) GO' and 'Wiu Equipment' is 'P2-03A(1)'.
- CCI Radio Network Manager - CenterLine:** Shows 'Bases Online' and 'Wiu On Air' indicators. The 'Base Radios' dropdown is set to 'Joao Aires GO' and 'Wiu Equipment' is 'Murinho'.
- CCI Radio Network Manager - PGLine:** Shows 'Bases Online' and 'Wiu On Air' indicators. The 'Base Radios' dropdown is set to 'Martins Costa G' and 'Wiu Equipment' is 'Itacurca(2)'.
- P2-04A(2) GO:** A detailed view of a specific base radio, showing a grid of transmission and reception statistics. The 'KPI' section includes: Transmit Avail (100%), Sync Err (0.28%), Wsm (97%), Duty (5.62%), and Slots (22.22%). Below the grid is a list of transmission events with details like time, slot, frequency, and RSSI.
- SteelLine Loco Register:** A table showing loco status for the SteelLine region. Summary: Total: 484, Active: 134, Stale: 81, Unknown: 2, Drive OK: 220/278, Radio: 17, WiFi: 4, Version: 127, RSSI: 1, TMC: 10, GPS: 1. The table lists loco numbers, names, speeds, and various status messages.
- CenterLine Loco Register:** A table showing loco status for the CenterLine region. Summary: Total: 486, Active: 70, Stale: 63, Unknown: 1, Drive OK: 221/280, Radio: 47, WiFi: 0, Version: 129, RSSI: 6, TMC: 5, GPS: 3. The table lists loco numbers, names, speeds, and status messages.
- PGLine Loco Register:** A table showing loco status for the PGLine region. Summary: Total: 471, Active: 93, Stale: 75, Unknown: 0, Drive OK: 214/255, Radio: 15, WiFi: 0, Version: 110, RSSI: 5, TMC: 0, GPS: 0. The table lists loco numbers, names, speeds, and status messages.







COMPARAÇÃO ENTRE AS TECNOLOGIAS



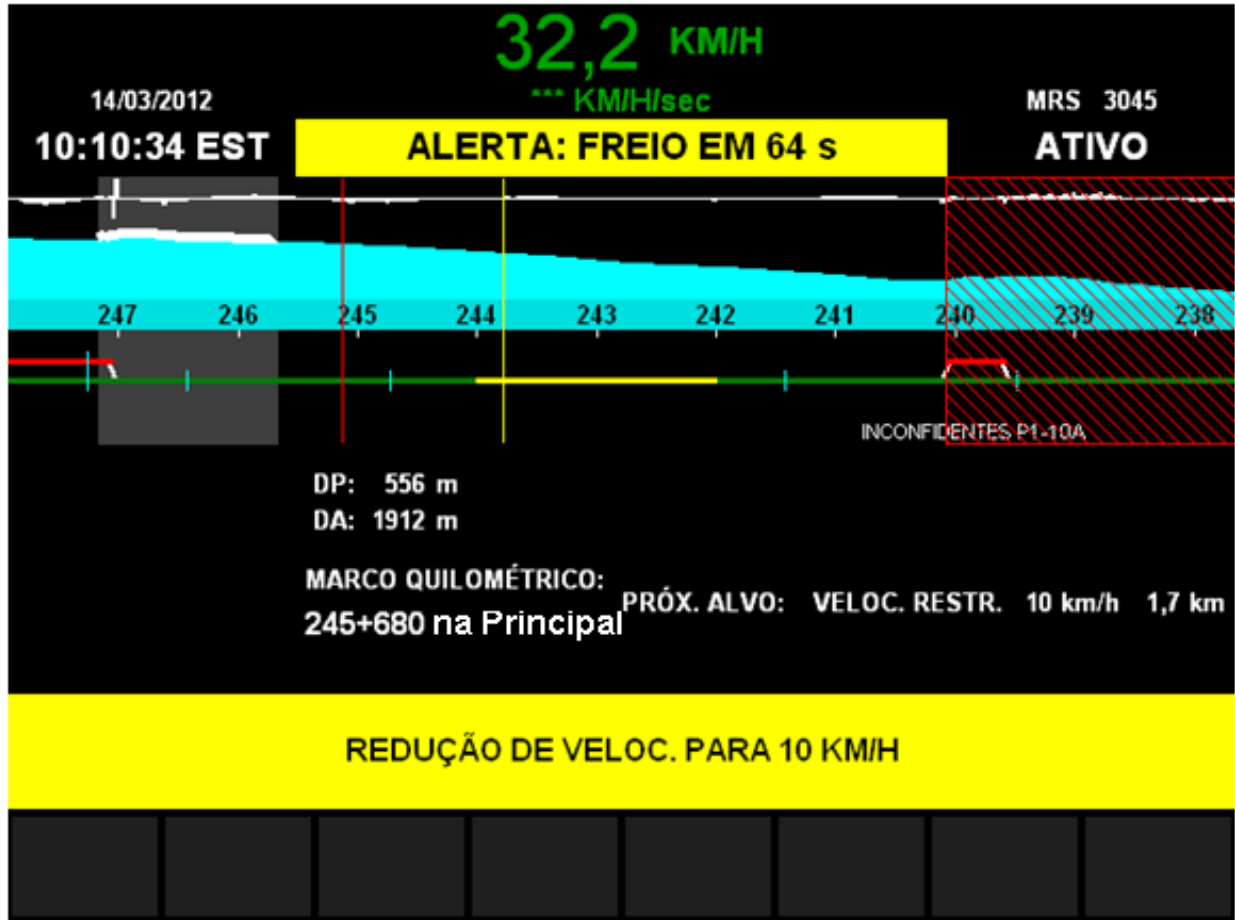
	GSM-R	TETRA	256MHZ
Propagação	✗	✗	✓
Taxa de Transmissão	✓	✓	✓
Disponibilidade Espectral	✗	✓	✓
Custo por Célula	✗	✗	✓
Infraestrutura	✗	✗	✓
Fabricantes	✓	✓	✗



Sistema de Bordo

Aplicações de Penalidade

Aviso antecipado de penalidade



- Proporciona maior economia de combustível
- Evita atraso no percurso



Sistema de Bordo

Aplicações de Penalidade

Penalidade de freio

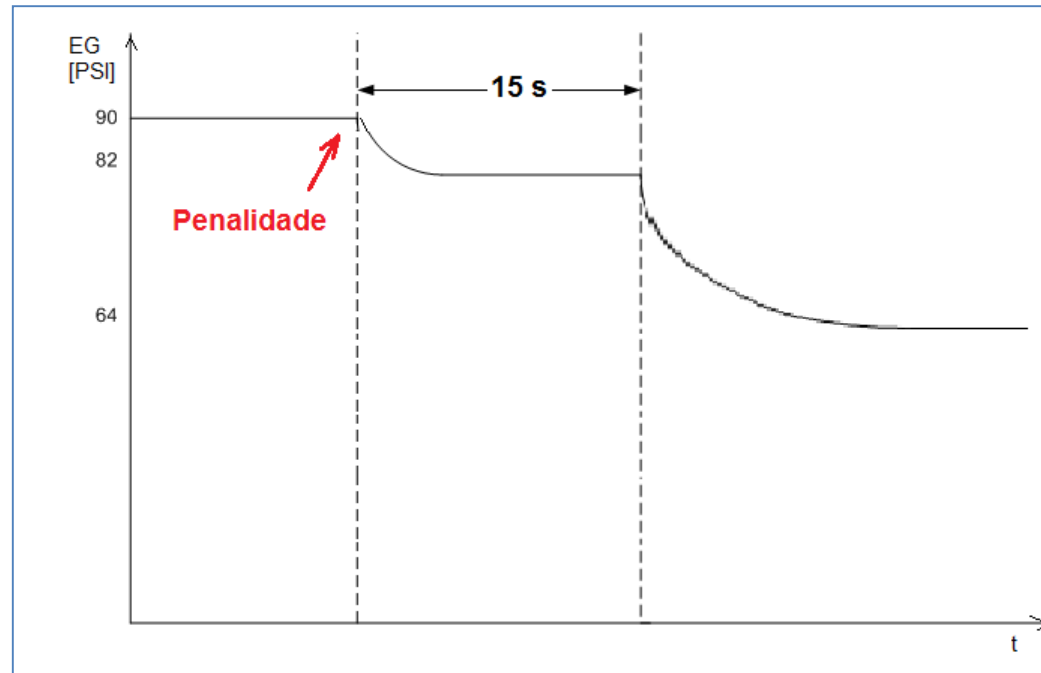
Aplicação Total de Serviço em dois estágios

Minimiza choques na composição

Menor tempo para reabastecimento do sistema pneumático

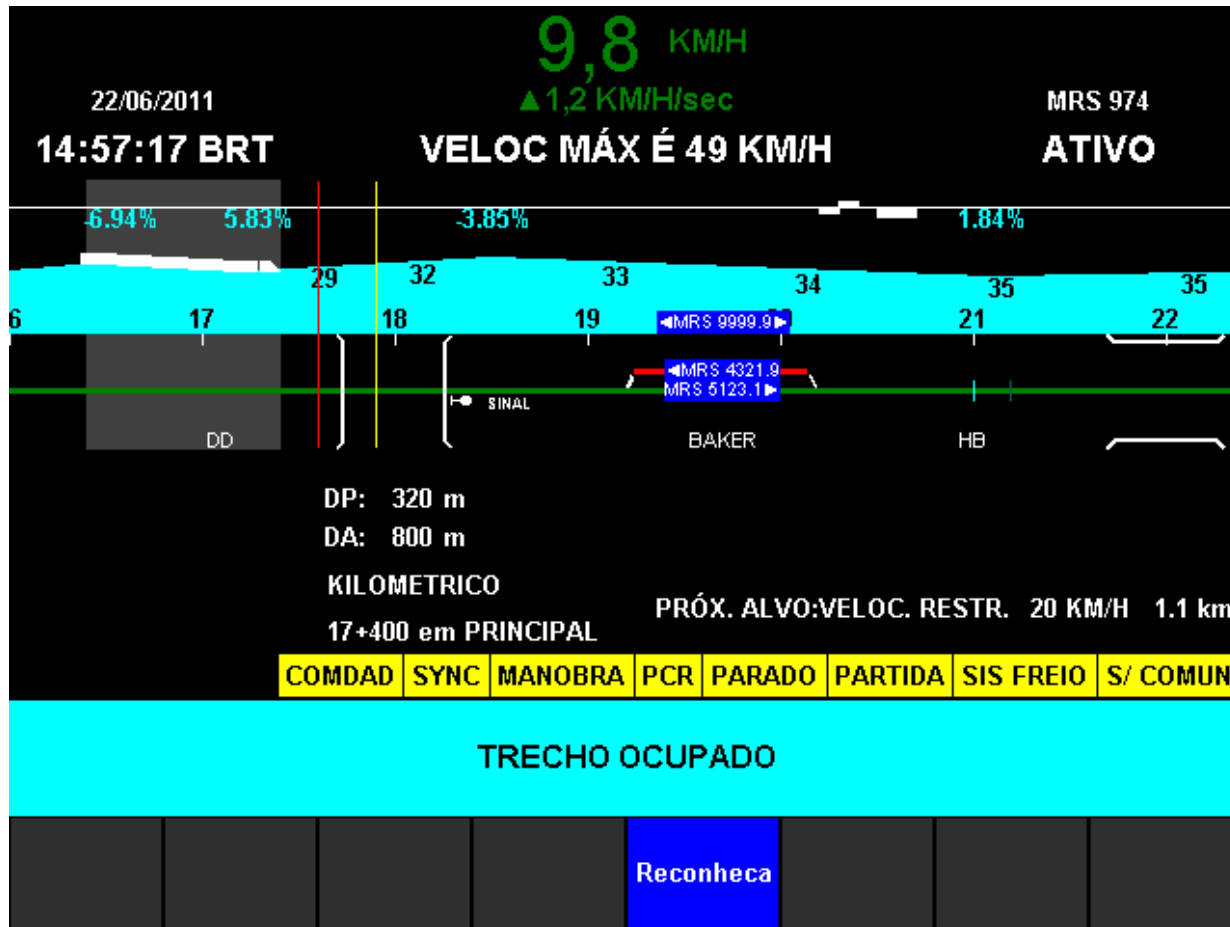
Possibilita Aplicação do comando de Emergência (caso necessário)

Necessidade de adequação nas locomotivas com freio 26L



Sistema de Bordo

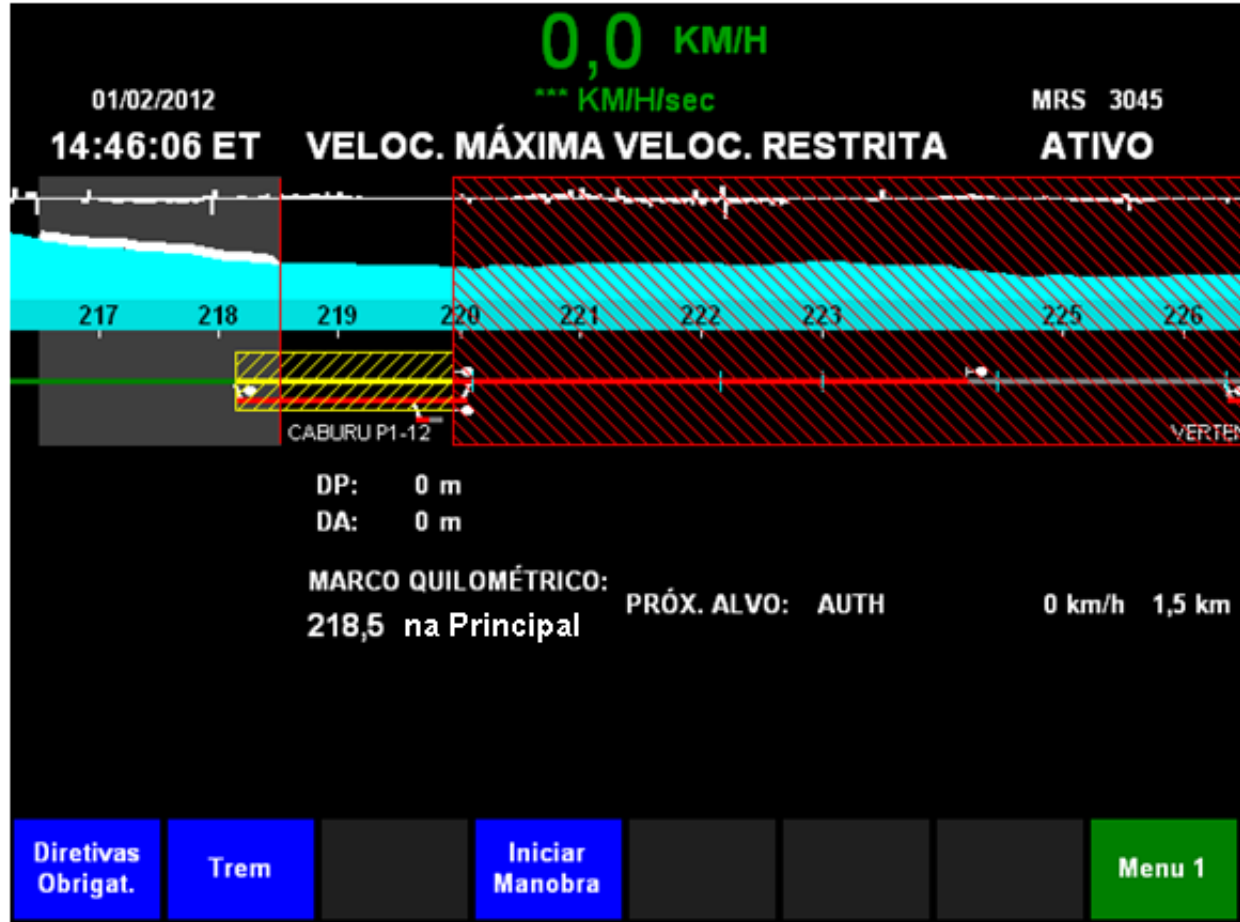
CDU - Tela do Sistema



- Trem (Posição, comprimento e orientação da locomotiva)
- Data e horário local
- Velocidade e VMA
- Via (perfil, km, curvas, estações, vias adjacentes)
- Trecho licenciado e rota do trem
- Sinais, PN, pontes, viadutos, túneis
- Distância de Parada
- Distância de Alerta
- Restrições de Velocidade
- Status e informações
- Área de Mensagens
- Botões de Comandos

Sistema de Bordo

CDU - Tela do Sistema



- Restrições de Velocidade
- Fim de Licença



Sistema de Bordo

Fotos - Rodoferroviários



TMC



CDU



CBTC - Solução para aumento de capacidade com garantia de segurança

Fernando Martins Manzotti – fernando.manzotti@mrs.com.br

Obrigado

