



**30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA**  
**11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS**

**CATEGORIA 3**

**MODERNIZAÇÃO DA COMUNICAÇÃO PARA RESOLVER A OBSOLESCÊNCIA**  
**E MELHORAR A DISPONIBILIDADE DO SISTEMA DE SINALIZAÇÃO E**  
**CONTROLE DA LINHA 9 – ESMERALDA E PÁTIO PRESIDENTE ALTINO**

**AUTORES**

*Eder da Silva Rocha*

*Edson Alves Nunes*

*Gabriel Bornelli Figueiredo*

**INTRODUÇÃO**

O Sistema de Sinalização e Controle da Linha 9 – Esmeralda consiste em um sistema ATP/ATC com tecnologia de blocos fixos e códigos de velocidade. O controle da linha está dividido em 5 (cinco) regiões de controle, que, tendo sido implantadas em diferentes épocas, possuem tecnologias distintas:

- 1) Domínio de Pinheiros: abarca os intertravamentos de Pinheiros, Ceasa, Jaguaré e Cidade Jardim. Os intertravamentos de Ceasa, Jaguaré e Cidade Jardim são do tipo eletromecânico, baseados em relés vitais, e são supervisionados e controlados através de Unidades Terminais Remotas microprocessadas. O



## **30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA**

### **11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS**

intertravamento de Pinheiros é do tipo microprocessado, e contempla também um equipamento que concentra e gerencia os dados recebidos e enviados para as UTRs. Em Pinheiros também há um Posto de Controle Local (PCL) a partir de onde é possível realizar a supervisão e controle dos 4 (quatro) intertravamentos desse domínio em situações de contingência.

- 2) Domínio de Santo Amaro: abarca os intertravamentos de Santo Amaro, Berrini e Granja Julieta, sendo todos do tipo eletromecânico (relés vitais). Em Berrini e Granja Julieta estão presentes Unidades Terminais Remotas que realizam a interface do Sistema de Controle de Tráfego com os intertravamentos. Em Santo Amaro está instalado um equipamento que, além da função de Unidade Remota, é responsável por concentrar as informações provenientes de Berrini e Granja Julieta, servindo como meio de comunicação entre o ATS e o Campo. Em Santo Amaro também há um PCL que supervisiona e controle os três intertravamentos do domínio em situações de contingência.
- 3) Domínio de Jurubatuba: intertravamento microprocessado, sendo responsável pelo controle do trecho entre Socorro e Primavera – Interlagos.
- 4) Domínio de Grajaú: intertravamento microprocessado, sendo responsável pelo controle das adjacências da estação Grajaú, incluindo seu pátio de estacionamento e manobras.



## **30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA**

### **11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS**

- 5) Domínio de Bruno Covas – Mendes – Vila Natal: recém-inaugurado, consiste em um intertravamento microprocessado para controle do trecho que compreende as estações Bruno Covas – Mendes – Vila Natal e Varginha (em implantação).

O Sistema de Sinalização do Pátio Presidente Altino, que atende as atividades de manutenção e estacionamento de trens para as Linhas 8 – Diamante e 9 – Esmeralda, está dividido em 3 (três) domínios – ILK's 1, 2 e 3. Os três intertravamentos são do tipo microprocessado, com função única de intertravamento de rotas, sem recursos de ATC.

Os Sistemas de Controle de Tráfego (ATS) da Linha 8 – Diamante, 9 – Esmeralda e do Pátio Presidente Altino são independentes, existindo uma região de *overlap* e interface entre as estações Presidente Altino e Osasco, onde também estão localizadas as vias de acessos ao Pátio.

Tanto a comunicação entre as Unidades Remotas com os Concentradores de Dados / PCL / ATS, como a comunicação dos Intertravamentos do Pátio Presidente Altino entre si (zonas de interface) e com o Supervisório, utilizam o protocolo de comunicação BAC (“Binary Asynchronous Communication”), baseado no protocolo padrão BSC1 da IBM na forma conversacional.

No nível físico, a comunicação é do tipo serial assíncrona, em modo “half duplex”, utilizando a interface padrão EIA RS-485 entre os equipamentos, o que possibilita a



## **30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS**

comunicação multiponto entre as UTR e equipamentos de campo, por meio de linha simples de par trançado.

As UTRs se conectam com os diversos equipamentos de campo por meio de linhas físicas dedicadas (ponta-a-ponto), exclusivas para estabelecer a conexão com cada um dos equipamentos de campo, adotando taxa de transmissão de 1200 bps até 19.200 bps.

Utilizando arquitetura de comunicação em estrela, há uma limitação de distância entre cada UTR e os equipamentos a ela acoplados a imposta pela interface física adotada, que no caso da RS-485 é de cerca de 1200 metros.

Para solucionar eventuais casos envolvendo trechos de longa distância entre a UTR e equipamentos de campo, as interfaces RS-232 de cada parte são conectadas a modems assíncronos interligados por dois pares telefônicos, com linhas de dados independentes (2 pares por trecho de conexão), com taxa de comunicação de 1200 bps até 19.200 bps.

Os Modems utilizados nas UTRs foram projetados em conformidade a norma CCITT V.32, operando na velocidade de 9600 bps.

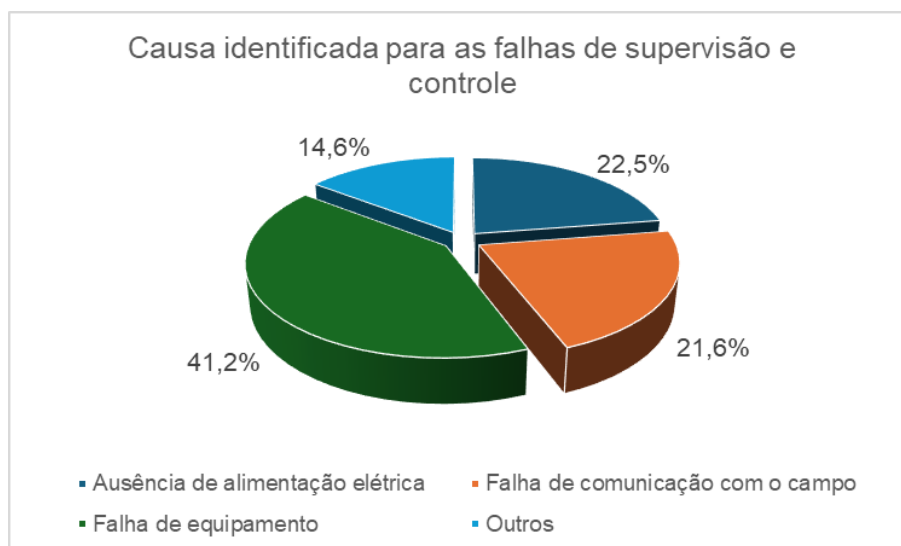
Observou-se, após a assunção da operação e manutenção da Linha 9 – Esmeralda pela Viamobilidade, um elevado número de falhas na comunicação com as UTRs.

## 30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

Nos capítulos a seguir serão detalhados o “diagnóstico” realizado, as ações implementadas e os resultados obtidos até esse momento.

### DIAGNÓSTICO

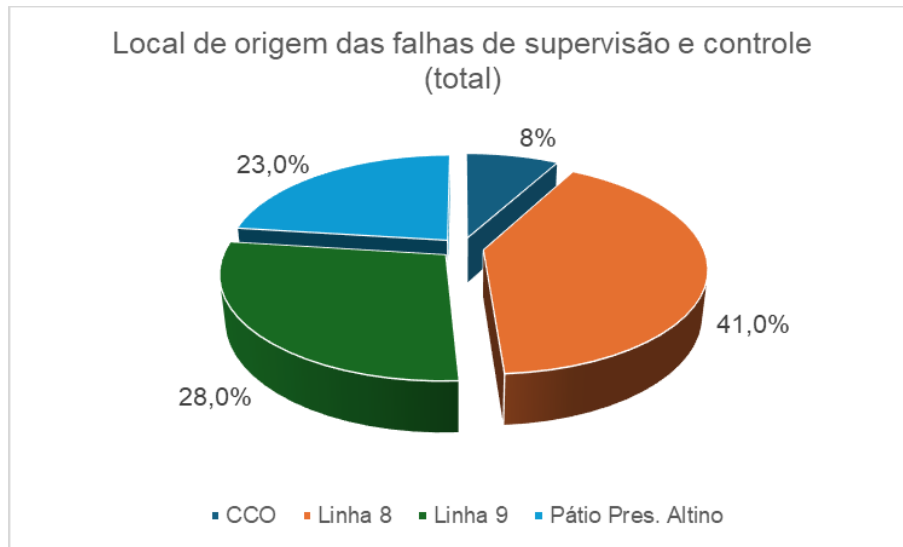
A análise das ocorrências de indisponibilidade de supervisão e controle das Linhas 8 – Diamante, 9 – Esmeralda e do Pátio Presidente Altino entre 27 de janeiro de 2022 (data em que as linhas passaram a ser operadas e mantidas pela Viamobilidade) e 6 de março de 2023 mostraram que quase 22% dos casos foram decorrentes de falhas na comunicação com o campo, conforme gráfico a seguir.



**Figura 1 – Gráfico representando as falhas de supervisão e controle em função da causa identificada**

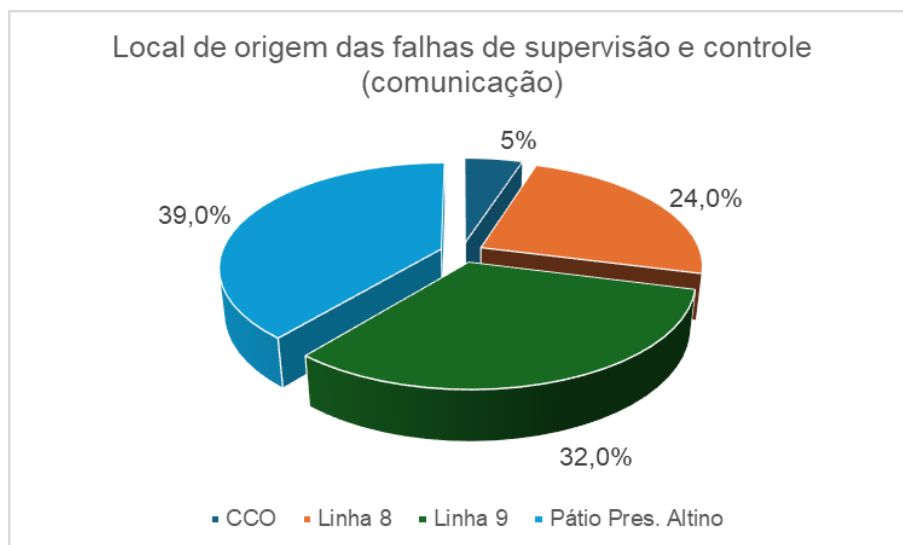
Em relação ao local de origem, verificou-se que 28% do total das ocorrências foi na Linha 9 – Esmeralda, enquanto 23% aconteceram no Pátio Presidente Altino.

**30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA**  
**11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS**



**Figura 2 – Gráfico representando as falhas de supervisão e controle em função do local de origem da ocorrência**

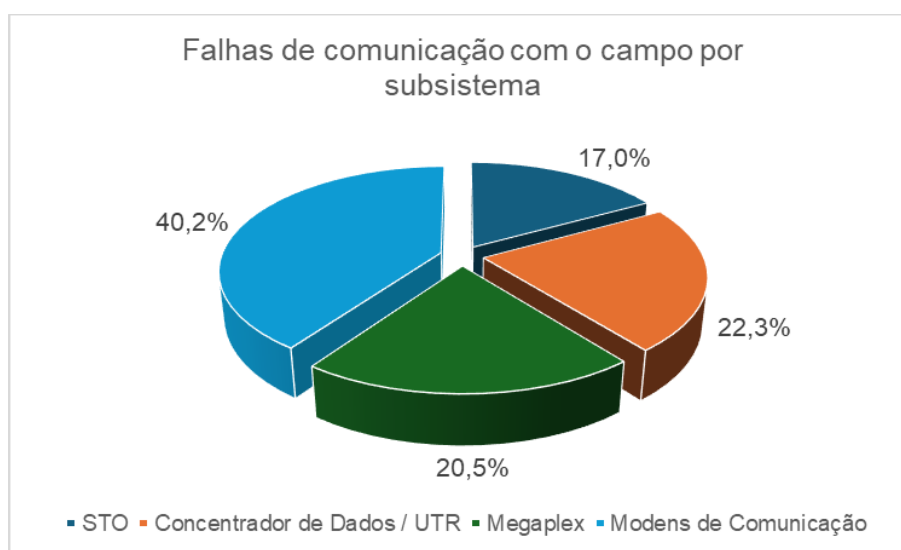
Considerando apenas as indisponibilidades originadas a partir de falhas na comunicação com o campo, o percentual de casos na Linha 9 passa de 28% para 32%, enquanto no Pátio Presidente Altino passa de 23% para 39%.



## 30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

**Figura 3 – Gráfico representando as falhas de supervisão e controle associadas à comunicação com o campo em função do local de origem da ocorrência**

Por fim, ao avaliar as ocorrências associadas à falha de comunicação com o campo pelo subsistema originador da ocorrência, verificou-se que em mais de 40% dos casos a falha ocorreu nos modens de comunicação. Há também um número expressivo (22,3%) de casos associados às UTRs/Concentrador de Dados, que podem estar associados à comunicação entre eles.



**Figura 4 – Gráfico representando as falhas de comunicação com o campo por subsistema/equipamento**

Um agravante para as ocorrências associadas aos modens de comunicação é que, por estarem instalados em edificações às margens da via (*houses*), nos trechos entre estações, o acesso das equipes de manutenção para a atuação aumenta o tempo



## **30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS**

necessário para o restabelecimento do sistema. Em média, as edificações estão localizadas a 600 metros da plataforma mais próxima.

Outro fator relevante é a obsolescência dos modens e seus componentes. Além de não ser possível adquirir modens novos para utilização como sobressalentes e equipamentos de giro, alguns de seus componentes internos também estão obsoletos, o que, em alguns casos, inviabiliza o seu reparo.

### **DESENVOLVIMENTO**

A partir do diagnóstico detalhado no capítulo anterior, buscou-se alternativas para a modernização na forma de comunicação entre os equipamentos, com a substituição dos modens por dispositivos de “prateleira” e no estado atual da arte.

Optou-se pela realização de um projeto piloto, no Pátio Presidente, utilizando conversores industriais de sinais seriais para fibras ópticas monomodo. Os conversores, cujas características principais estão detalhadas na tabela a seguir, foram instalados entre o ILK1 e o Supervisório, onde havia fibras ópticas disponíveis para a utilização.

**Tabela 1 – Características Técnicas dos Conversores de Comunicação**

Taxa de transmissão de dados (kbps)	115,2
Modos	RS-232, RS-422, RS-485 2w & 4w
Isolamento óptico	2kW





**30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA**  
**11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS**

Supressão de surtos	600W
Tempo de fixação	< 1 ps
Tipo de fibra óptica	Monomodo 1310 nm
Potência de saída em dBm (mín/máx)	-15 a -8
Sensibilidade do receptor	± 32 dBm
Distância máxima de transmissão	15 km
Índice de Proteção	IP30
Temperatura de operação	-40°C a 80°C
Umidade de operação	0 a 95%
MTBF (MIL217F) (horas)	671.969
Certificações e normas aplicáveis	FCC Part 15, CISPR, CE 2014/30/EU 2011/65/EU 2012/19/EU EN55032 Class B EN55024 EN61000-6-1 EMC: EN61000-6-2

Após um período de 60 dias de avaliação, em que não foi constatada nenhuma ocorrência de indisponibilidade ou instabilidade na comunicação do trecho modernizado, a solução foi validada e passou a ser aplicada gradativamente nas demais localidades, conforme cronologia a seguir. Ressalta-se que, além da aquisição dos modems e fontes de alimentação, foi necessário o lançamento de cabos ópticos entre as



## 30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

salas técnicas onde estão instaladas as UTRs (*house*) e as salas técnicas onde estão instalados os equipamentos do Sistema de Transmissão Óptico (STO).

Local	Data de conclusão
Pátio Presidente Altino <ul style="list-style-type: none"><li>• ILK1 &lt;-&gt; ILK2</li><li>• ILK2 &lt;-&gt; ILK3</li><li>• ILK1 &lt;-&gt; Supervisório</li><li>• ILK2 &lt;-&gt; Supervisório</li><li>• ILK3 &lt;-&gt; Supervisório</li></ul>	30/06/23
Ceasa <-> Pinheiros	17/05/24
Jaguaré <-> Pinheiros	22/05/24
Cidade Jardim <-> Pinheiros	15/03/23
Granja Julieta <-> Santo Amaro	15/02/24
Berrini <-> Santo Amaro	25/06/24

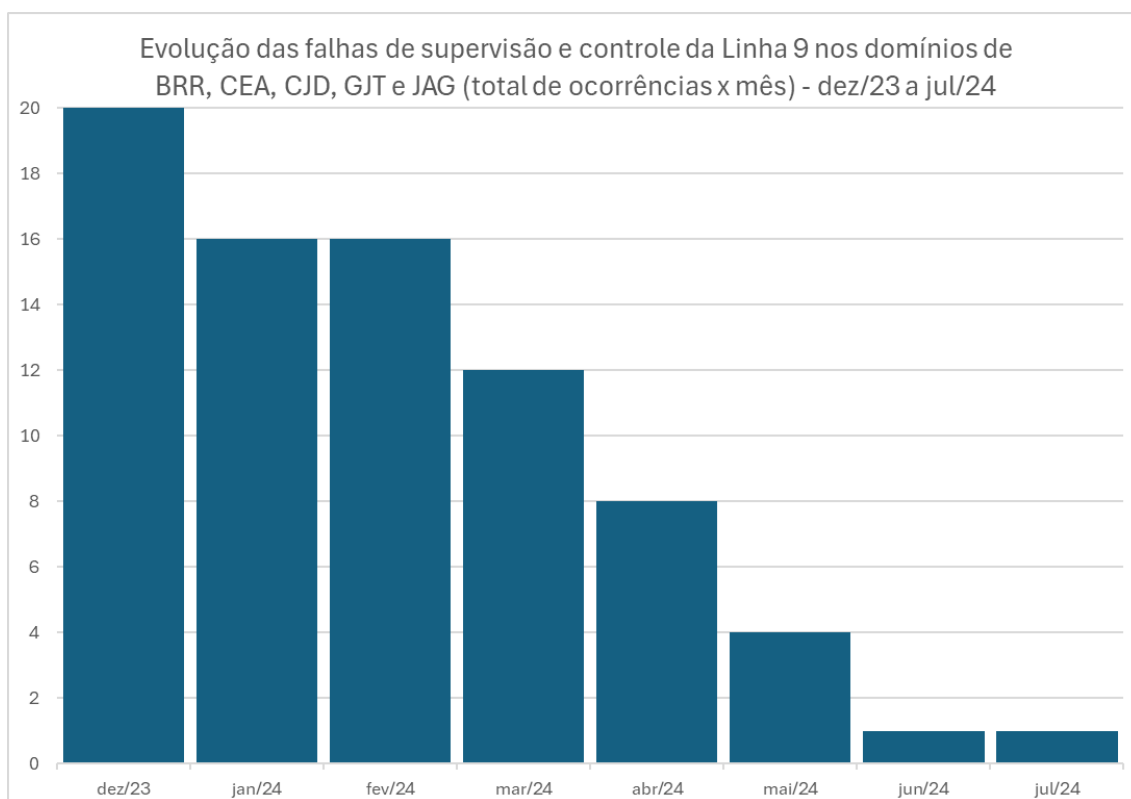
### ANÁLISE DOS RESULTADOS

No caso do Pátio Presidente Altino, no período entre 01/07/23 e 31/07/24 foram verificadas 4 (quatro) falhas cuja causa raiz foi a instabilidade ou falta de comunicação entre Intertravamento e Supervisório, sendo 1 (uma) no ILK1 (nov/23), 1 (uma) no ILK2 (dez/23) e 2 (duas) no ILK2 (jul/23 e ago/23). Em dois casos a atuação para normalização se deu nos conversores de mídia (reinicialização), enquanto nas outras duas ocorrências

## 30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

foi realizada a reinicialização dos elementos de comunicação que compõem o Intertravamento.

Para a Linha 9 – Esmeralda, o gráfico a seguir mostra a evolução das ocorrências de falhas de supervisão e controle nos domínios de Berrini, Ceasa, Cidade Jardim, Granja Julieta e Jaguaré no período compreendido entre dezembro/2023 e julho/2024.



Observa-se que, a partir de março/2024, com a modernização da comunicação da *house* de Granja Julieta, houve uma redução gradativa na quantidade de ocorrências.

No mês de junho/2024, após a conclusão do projeto em 4 das 5 localidades, houve apenas 1 (uma) ocorrência, que teve como causa raiz um vandalismo no cabo óptico.



## **30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA**

### **11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS**

Já em mês de julho/2024, após a conclusão do projeto, houve 1 (uma) ocorrência no domínio de Cidade Jardim, que consistiu em uma oscilação por período inferior a 1 (um) minuto e para a qual não houve a necessidade de atuação para restabelecimento.

### **CONCLUSÕES**

Com base nos resultados obtidos anteriormente, é possível observar que o MTBF das Unidades Remotas da Linha 9 – Esmeralda, considerando cinco conjuntos de equipamentos operando 24 horas por dia, aumentou de 206 horas, no período de dezembro de 2023 a janeiro de 2024, para 3.660 horas, no período de junho a julho de 2024.

Apesar do curto período de amostragem após a conclusão do projeto, os resultados para o Pátio Presidente Altino e a redução da quantidade de falhas durante o período de instalação são suficientes para atestar o sucesso do projeto de modernização.

### **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

1. AD5973-6 – ESP. TÉCNICA DA UNIDADE TERMINAL REMOTA – UTR PARA A “LINHA C”
2. AD6223-0 - MANUAL DE MANUTENÇÃO DA UTR DA “LINHA C”