

# Metodologia de Identificação dos Fatores Vitais e dos Investimentos Necessários à Disponibilidade da Operação de um Sistema Metroferroviário: Aplicação no Metrô do Rio de Janeiro

*Engº Carlos Eduardo Sanches de Andrade, M.Sc. - Doutorando da COPPE/UFRJ*

*Profº Márcio de Almeida D'Agosto, D.Sc. - Coordenador da COPPE/UFRJ*

*Profº Ilton Curty Leal Junior, D.Sc. - Professor da COPPE/UFRJ e UFF*

**20ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA**  
**AEAMESP**



TRABALHO FINALISTA



PRÊMIO  
TECNOLOGIA &  
DESENVOLVIMENTO  
METROFERROVIÁRIOS  
2014



**CBTU**  
Companhia Brasileira  
de Trens Urbanos



ESTE TRABALHO FOI SELECIONADO COMO FINALISTA NA EDIÇÃO DE 2014



# Introdução

- Sistemas metroferroviários:
  - ✓ Sensível a falhas, pelo potencial de uma única falha poder degradar ou até mesmo paralisar a disponibilidade da operação.
- Operadoras metroferroviárias:
  - ✓ Dispor de ferramentas de análise que permitam a identificação e priorização dos gargalos.
  - ✓ Identificar os investimentos necessários, visando o aumento da disponibilidade da operação

# Objetivos

- Proposta de metodologia para identificar e priorizar os fatores vitais à disponibilidade da operação de um sistema metroferroviário.
- Sugestões de investimentos necessários nos fatores vitais, visando a maior disponibilidade da operação de um sistema metroferroviário.
- Aplicação da metodologia proposta no Metrô do Rio de Janeiro, com a apresentação de três investimentos já realizados nos fatores vitais.

# Fatores existentes à disponibilidade da operação

- Tempo de vida do sistema.
- Tecnologia utilizada na implantação do sistema.
- Custos necessários às operadoras:
  - ✓ Planejamento e controle da operação.
  - ✓ Manutenção preventiva e corretiva.
- Requer grandes investimentos de melhorias.
- Requer bom planejamento, devido ao elevado tempo entre a compra, a entrega e a instalação de determinados insumos ou componentes.

# Proposta de Metodologia para identificação dos fatores vitais

- 1 - Identificação dos fatores existentes.
- 2 - Estabelecimento dos conceitos de “degradação” e “paralisação” da operação.
- 3 - Pesquisa em dados históricos coletados de diversos sistemas metroferroviários ao redor do mundo, com o objetivo de identificar os fatores que causaram “paralisação” da operação.
- 4 - Aplicação da Curva de Pareto para identificar os fatores vitais à disponibilidade da operação.



# 1 - Fatores que podem afetar o desempenho da operação

- Divisão em 5 fatores (mais relevantes):
  - ✓ Avarias de material rodante
  - ✓ Erro operacional
  - ✓ Interferência de terceiros
  - ✓ Avarias de infraestrutura
  - ✓ Outros fatores



## 2 - Conceitos de “degradação” e “paralisação” da operação

- **“Degradação”** - Operação do sistema abaixo do nível aceitável de desempenho, causado por problemas específicos, solucionados por um prazo máximo de até uma hora.
- **“Paralisação”** - Grande atraso na operação do sistema, superior a uma hora, afetando diretamente a disponibilidade da operação de um sistema, prejudicando milhares de usuários.



# 3 - Dados históricos coletados em sistemas do mundo

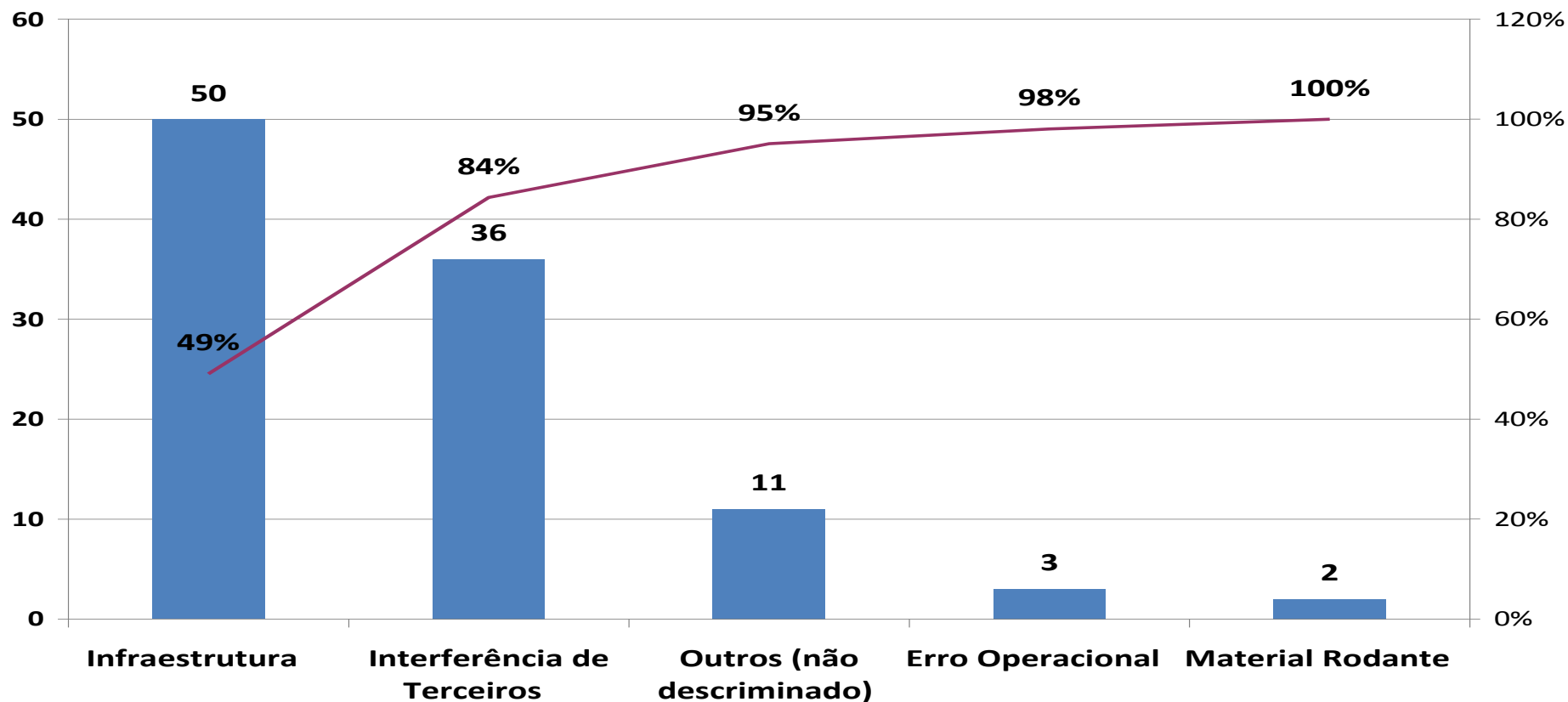
- Dados de 5 sistemas do Grupo CoMet/Nova <sup>1</sup>, do ano 2007, seguindo “acordo de confidencialidade”

	Infra estrutura	Interferência de Terceiros	Outros (não discriminado)	Erro Operacional	Material Rodante	Total
Américas do Sul e América do Norte	04	18	03	01	01	27
Ásia e Oceania	34	11	08	02	--	55
Europa	12	07	--	--	01	20
<b>TOTAL</b>	<b>50</b>	<b>36</b>	<b>11</b>	<b>03</b>	<b>02</b>	<b>102</b>

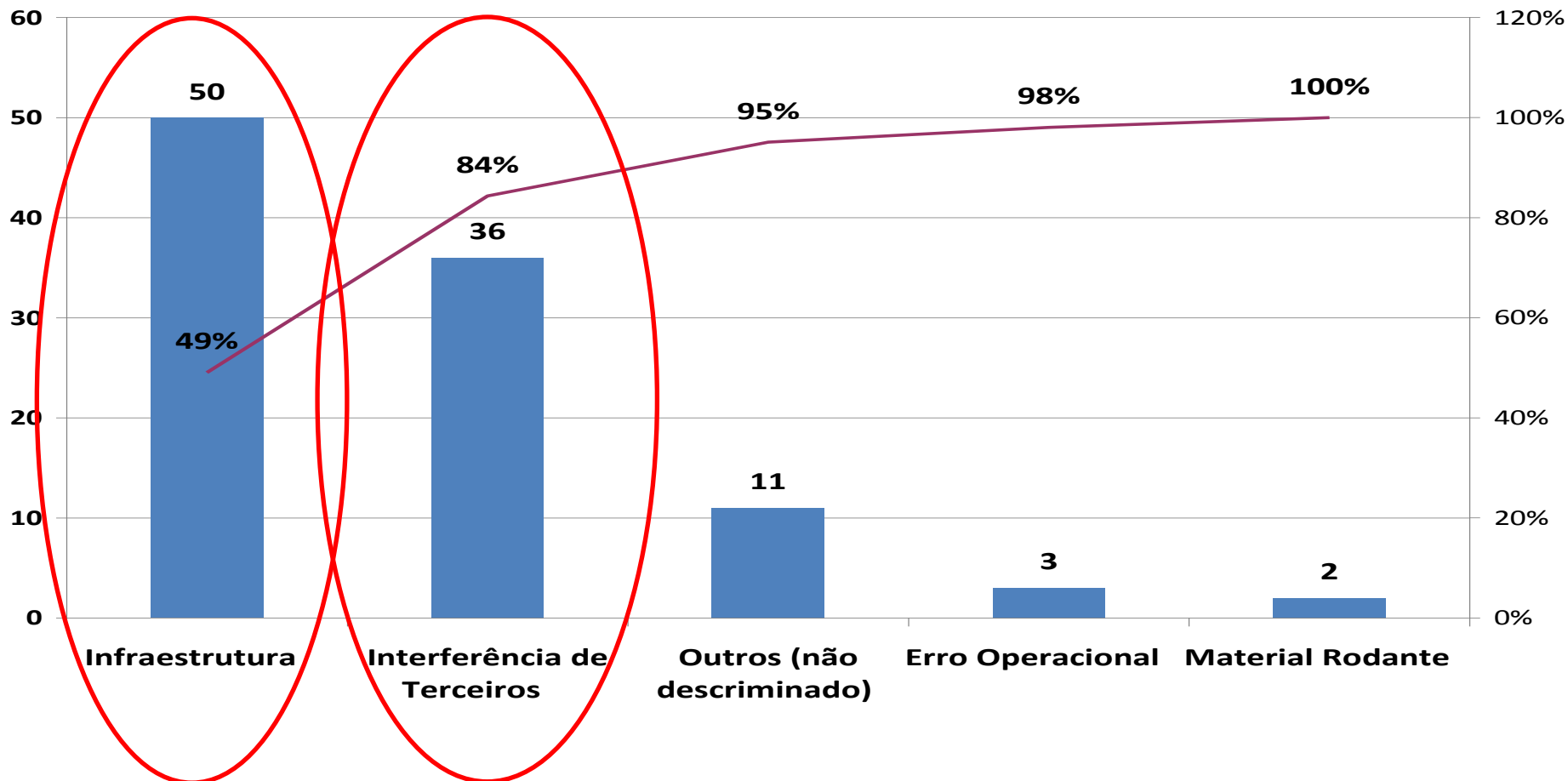
## 4 - Curva de Pareto para identificação dos fatores vitais

- Método de classificação de informações, para que se separem os itens de maior importância ou impacto, com aplicações em várias áreas da gestão de empresas (Carvalho, 2002) <sup>2</sup>.
- Nesse artigo, a Curva de Pareto foi aplicada para identificar os fatores vitais à disponibilidade da operação do sistema metroferroviário, capazes de causar “paralisação” da operação.

# 4 - Curva de Pareto para identificação dos fatores vitais



# 4 - Curva de Pareto para identificação dos fatores vitais



# Fator vital identificado

## Infraestrutura

- Divisão: Energia, Via Permanente e Sinalização
- Principais causas de “paralisação” da operação:

Energia	Via Permanente	Sinalização
Falha no fornecimento de energia da companhia de energia elétrica responsável	Quebra de uma série de dormentes no mesmo trecho de via	Erros operacionais, oriundos de falha humana de funcionários (exemplos: Centro de Controle e Condutores de trens)
Demora no restabelecimento da energia em caso de falha em algum equipamento crítico de uma Subestação	Indisponibilidade de alteração de rota no AMV - Aparelho de Mudança de Via	Erros operacionais, oriundos de mal súbito de funcionários (exemplos: Centro de Controle e Condutores de trens)

# Fator vital identificado

## Interferência de Terceiros

- Suicídio e tentativa de suicídio.
- Vandalismo.
- Invasão de pessoas nas vias operacionais.
- Objetos suspeitos abandonados.
- Investigações policiais; assaltos; furto de cabos; crimes; denúncias de atos terroristas.
- Fatores externos da natureza, como a queda de uma árvore na via operacional.





# Sugestões de Investimentos

## Fator vital - Infraestrutura

- 1 - Sistema de controle centralizado no CCO, com monitoramento e comando à distância das Subestações Retificadoras de **Energia**.
- 2 - Estoque mínimo necessário dos equipamentos e componentes vitais para solucionar avarias na **via permanente** (AMV e dormentes).
- 3 - Sistema de **sinalização** seguro, passíveis a corrigir falhas humanas, capaz de evitar colisões de trens e avanços de sinais. Exs: ATO, ATP ou ATC.

# Sugestões de Investimentos

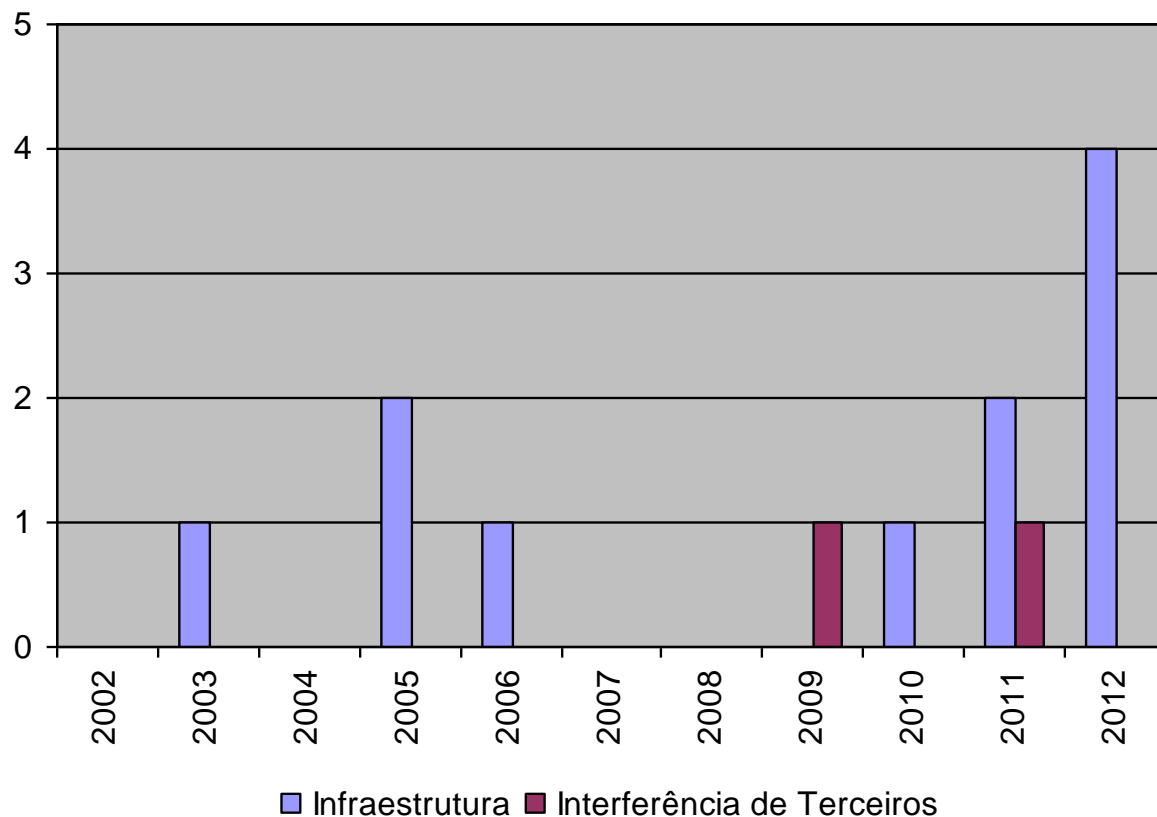
## Fator vital - Interferência de Terceiros

- 1 - Cercas elétricas, concertinas nos muros de proteção e alarme de presença.
- 2 - Gravação de todas as câmeras, implantação de um centro de monitoramento de Segurança, com análise inteligente de vídeo. Ex: Metrô Santiago <sup>3</sup>
- 3 - Implantação de sistema de proteção para impedir suicídios, “*platform screen doors*”.  
Ex: Linha 4 do Metrô de São Paulo <sup>4</sup>

# Aplicação da Metodologia Metrô do Rio de Janeiro

- 1 - Identificação dos fatores existentes.
- 2 - Estabelecimento dos conceitos de “degradação” e “paralisação” da operação.
- 3 - Pesquisa em dados históricos do Metrô do Rio de Janeiro, considerando o período de 10 anos (2002 a 2012), com o objetivo de identificar os fatores que causaram “paralisação” da operação.
- 4 - Aplicação da Curva de Pareto para identificar os fatores vitais à disponibilidade da operação.

# Aplicação da Metodologia Metrô do Rio de Janeiro

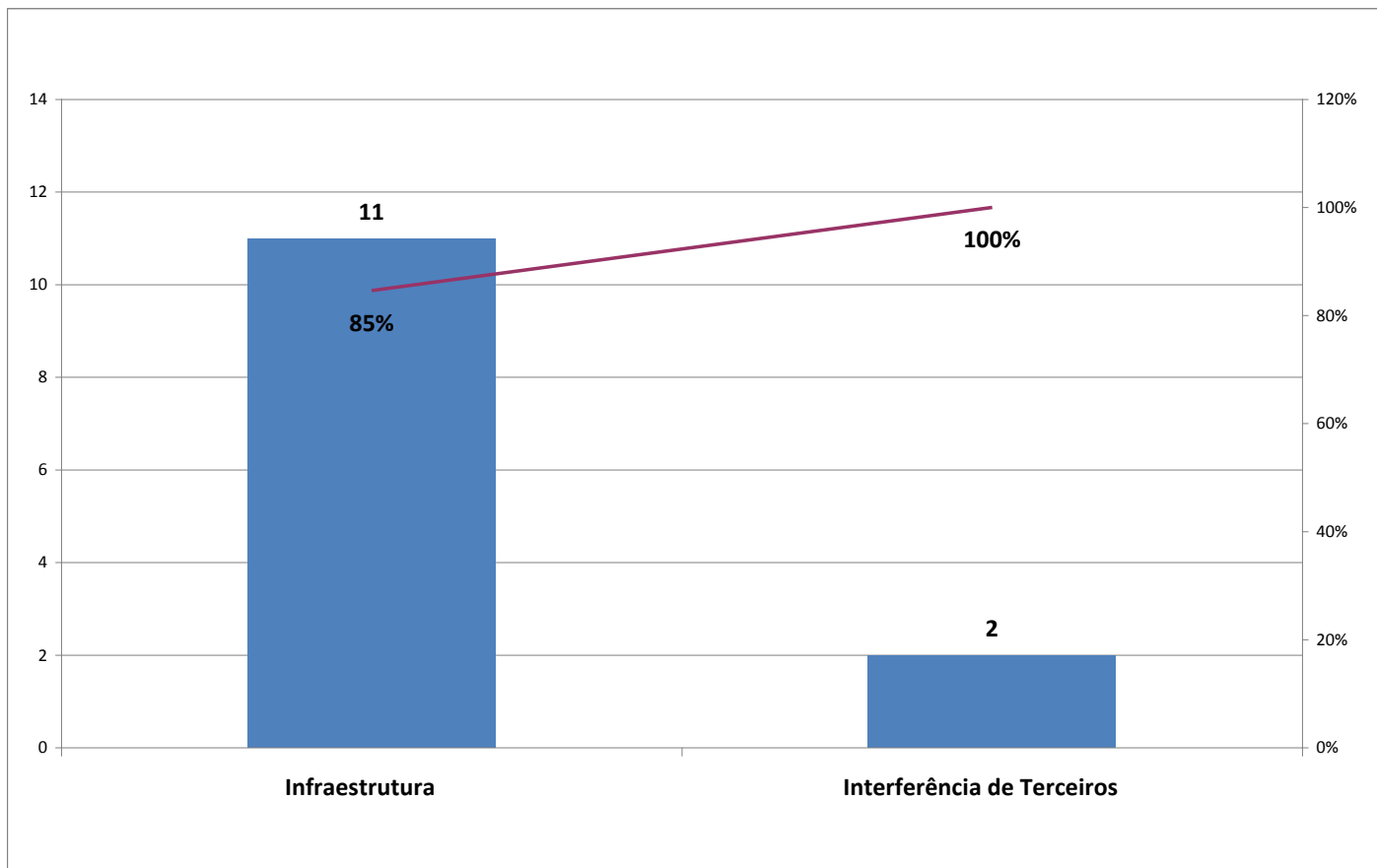


Dados MetrôRio <sup>5</sup>

13 ocorrências com  
“paralisações”

2002 a 2012

# Aplicação da Metodologia Metrô do Rio de Janeiro



# Investimentos realizados devido aos impactos causados pelos fatores vitais à disponibilidade da operação do MetrôRio

Sistemas dos Fatores Vitais	RISCO	MOTIVO	INVESTIMENTO
INFRA ESTRUTURA (VIA PERMANENTE)	PARALISAÇÃO	Falta de sobressalentes dos componentes de via (fornecedor, estoque mínimo, qualidade de material e obsolescência)	Comprar itens críticos para atender estoque mínimo
INFRA ESTRUTURA (SINALIZAÇÃO)	PARALISAÇÃO	Falta do sistema de proteção na Linha 2 (ATP)	Finalizar a implantação do sistema
INTERFERÊNCIA DE TERCEIROS	PARALISAÇÃO	Furto de cabos	Instalar CFTV (Circuito Fechado de Televisão) nos pontos críticos e concertina ao longo da Linha 2



# Investimento Infraestrutura Via Permanente - MetrôRio

- Definidos o estoque mínimo para cada um dos componentes de via, a qualidade do material, e os fornecedores mais adequados.
- Parte desses componentes é importada da Europa e podem demorar até 18 meses entre o prazo de compra e a entrega.
- Na compra de sobressalentes destacaram-se, principalmente, dois componentes do AMV, denominados “agulha” e “trilho de encosto”.

# Investimento Infraestrutura

## Sinalização - MetrôRio

- Na Linha 2, o antigo sistema de sinalização possibilitava a segurança parcial do espaçamento entre os trens, permanecendo o trecho vulnerável a falha humana.
- Implantado o ATP na Linha 2, que garante a parada imediata da composição logo após a ultrapassagem involuntária de um sinal vermelho, eliminando os riscos de acidentes e colisões de trens por falha humana.

# Investimento Interferência de Terceiros - MetrôRio

- Alto índice de furto de cabos na Linha 2, localizada em elevado acima da superfície.
- O furto de cabos de fibra ótica traz o risco de interrupção do funcionamento de alguns sistemas vitais à disponibilidade da operação.
- Instalação de tecnologias de segurança. Exemplos: Concertinas nos muros de proteção da Linha 2 e aumento do número de câmeras nos pontos críticos.

# Conclusões

- Os Fatores Vitais identificados do Grupo CoMet/Nova são os mesmos do MetrôRio.
- Com o resultado desse estudo, as operadoras metroferroviárias adquirem o conhecimento de uma ferramenta para realizar um bom planejamento de médio e longo prazo.
- É importante investir naquilo que realmente é necessário para garantir a máxima disponibilidade da operação dos sistemas.

# Metodologia de Identificação dos Fatores Vitais e dos Investimentos Necessários à Disponibilidade da Operação de um Sistema Metroferroviário: Aplicação no Metrô do Rio de Janeiro

*Carlos Eduardo Sanches de Andrade*  
*carlos.andrade@pet.coppe.ufrj.br*

# Obrigado



TRABALHO FINALISTA