



AEAMESP



# 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

Marcio de Almeida D'Agosto

Ilton Curty Leal Junior



AEAMESP



**“20ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA”**

**PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS,**

**CATEGORIA 2**

**TÍTULO: 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**

## RESUMO:

Este trabalho tem por finalidade apresentar uma metodologia capaz de identificar e priorizar os fatores vitais à disponibilidade da operação de um sistema metroferroviário, fornecendo à operadora um caminho para a identificação dos investimentos necessários para o aumento da disponibilidade da operação do sistema. Qualquer falha no sistema metroferroviário tem o potencial de afetar milhares de usuários e a sociedade cobra a máxima disponibilidade da operação desse sistema de transporte. Por isso é necessário que as operadoras tenham pleno conhecimento dos fatores vitais à disponibilidade da operação, investindo no que realmente contribui para garantir essa disponibilidade, sendo possível dessa forma realizar um bom planejamento, mantendo em estoque suficiente os principais insumos relacionados aos fatores vitais e investindo no que realmente contribui para aumentar a disponibilidade do sistema metroferroviário. A aplicação da teoria foi realizada no Metrô do Rio de Janeiro.

## 1. INTRODUÇÃO

No sistema de transportes das grandes cidades o sistema metroferroviário assume grande relevância por suas características de sistema de transporte de alta capacidade, integrado a outros meios de transportes. É altamente sensível a eventuais falhas de disponibilidade, pelo potencial de uma única falha poder degradar ou mesmo paralisar o transporte de milhares de passageiros. Torna-se oportuno, então, que a operadora disponha de ferramentas de análise que permitam a identificação e priorização dos gargalos do sistema, ou seja, das áreas onde são necessários os maiores investimentos, visando o aumento da disponibilidade da operação metroviária.

O objetivo deste trabalho é apresentar uma metodologia para identificação e priorização dos fatores vitais à disponibilidade da operação de um sistema metroferroviário, mostrando dados históricos de ocorrências que causaram paralisações na operação em um grupo de sistemas metroferroviários do mundo, analisando esses principais fatores vitais identificados e fazendo propostas de investimentos às operadoras na busca de uma maior disponibilidade da operação. A aplicação da teoria foi realizada no Metrô do Rio de Janeiro.

A seção 1 constitui-se como uma introdução, onde houve uma breve contextualização do estudo em questão e foi definido o objetivo. A seção 2 apresenta a metodologia proposta, mostrando todas as etapas envolvidas. A seção 3 consolida o desenvolvimento do trabalho, aplicando a metodologia proposta e analisando os fatores vitais à disponibilidade da operação dos sistemas de transporte metroferroviários, identificados na aplicação da metodologia proposta. A seção 4 apresenta sugestões de investimentos às operadoras de sistemas metroferroviários com base nos dois fatores vitais identificados, buscando a maior disponibilidade da operação dos sistemas metroferroviários. A seção 5 aborda a aplicação da teoria no sistema metroviário do Rio de Janeiro, apresentando os investimentos relacionados diretamente à busca da maior disponibilidade da operação do sistema. A seção 6 trata das conclusões deste trabalho.

## **2. METODOLOGIA PROPOSTA PARA PRIORIZAÇÃO DOS FATORES VITAIS À DISPONIBILIDADE DA OPERAÇÃO DO SISTEMA METROFERROVIÁRIO**

Um sistema metroferroviário é um sistema de transporte de passageiros, elétrico, com vias exclusivas, usualmente subterrâneas ou em elevados acima da superfície. Os principais componentes do sistema são: estações, material rodante e infraestrutura viária,

esta última envolvendo diversos elementos, como: energia, sinalização, via permanente e sistemas operacionais das estações (bombeamento, ventilação, escada rolante, bilhetagem, telefonia e outros).

As estações são os locais de embarque e desembarque de passageiros. O material rodante é o trem, que por sua vez é composto de um determinado número de carros. A quantidade de carros no trem pode variar em função da demanda e da dimensão das estações do sistema metroferroviário.

A especificação dos intervalos, horários e quantidades de carros na composição do trem fazem parte da “programação da oferta”. A partida do trem com um intervalo maior que o programado ou após o horário programado causa um atraso, prejudicando a regularidade da operação. O operador deve atuar no sentido de recuperar o atraso, evitando que ele se propague para as demais estações. Como a velocidade do trem não pode ser aumentada, por questões técnicas e/ou de segurança operacional, entre os meios disponíveis ao operador para recuperar o atraso estão: diminuir o tempo de serviço de portas (tempo entre a abertura e o fechamento das portas) em uma ou mais estações adiante, a injeção de trens extras e a redução da folga programada pela grade horária de trens nas estações terminais (estações das extremidades das linhas).

## **2.1 Fatores com influência na disponibilidade da operação do sistema metroferroviário**

Fatores como o tempo de vida do sistema e a tecnologia empregada exercem grande influência. O sistema tem um tempo de vida útil, a tecnologia utilizada pode estar ultrapassada e, portanto, novos investimentos podem ser necessários para manter um bom

desempenho da operação. Uma adequada manutenção também é crucial para propiciar as condições necessárias para o bom desempenho da operação.

Um sistema metroferroviário é um sistema de alta tecnologia, que requer grandes investimentos, com grande participação do Poder Público em seu projeto, implantação e investimentos de melhorias. Poucos países possuem a tecnologia de fabricação dos trens e demais componentes do sistema. No Brasil, os sistemas metroferroviários importam essa tecnologia e muitos de seus componentes.

Neste trabalho serão abordados os fatores vitais a disponibilidade da operação do sistema metroferroviário. A operação de um sistema metroferroviário é a prestação de um serviço: o serviço de transporte dos usuários. Para a prestação desse serviço a operadora terá, entre outros, custos com: a) o planejamento e controle da operação, b) a manutenção preventiva dos componentes do sistema e c) a manutenção corretiva dos componentes do sistema. A manutenção preventiva ou corretiva pode também indicar a necessidade de troca de tecnologia ou de expansões no sistema.

Devido ao elevado tempo entre a compra, a entrega e a instalação de determinados componentes, o bom gerenciamento é fundamental para manter a disponibilidade do sistema. As operadoras devem realizar um bom planejamento de médio e longo prazo, a fim de definir quais são os componentes vitais a disponibilidade do sistema, possibilitando manter esses itens no estoque mínimo suficiente.

## **2.2 Metodologia proposta para priorização dos fatores vitais à disponibilidade da operação do sistema metroferroviário**

A metodologia desenvolvida tem como foco investigar e prevenir as situações que mais afetam a disponibilidade da operação de um sistema metroferroviário, ou seja, aquelas que acarretam a paralisação da operação do sistema, sendo composta das seguintes etapas:

- 1- Identificação dos fatores existentes de um sistema metroferroviário.
- 2- Estabelecimento dos conceitos de “degradação” e “paralisação” na operação.
- 3- Pesquisa em dados históricos coletados de diversos sistemas metroferroviários ao redor do mundo, com o objetivo de identificar quais os fatores do sistema metroferroviário que causaram paralisações da operação.
- 4- Aplicação da Curva de Pareto para a priorização desses fatores identificados, a fim de estabelecer quais são os fatores vitais à disponibilidade da operação.

## **3. APLICAÇÃO DA METODOLOGIA PARA PRIORIZAÇÃO DOS FATORES VITAIS À DISPONIBILIDADE DA OPERAÇÃO DE UM SISTEMA METROFERROVIÁRIO:**

A seguir, serão apresentados os quatro passos para aplicação da metodologia proposta, a fim de identificar os fatores vitais à disponibilidade da operação de um sistema metroferroviário.

### 3.1. Identificação dos fatores existentes de um sistema metroferroviário

Existem diversos fatores em um sistema metroferroviário que podem levar a “degradação” ou “paralisação” na operação do sistema, sendo usualmente divididos em cinco itens:

**1) Avarias de material rodante** – trens com problemas de manutenção durante a operação comercial, que geralmente não conseguem realizar a tração, permanecendo parado em algum ponto do sistema ou estação, impedindo a continuidade da operação comercial em um determinado trecho do sistema;

**2) Erro operacional** – em virtude de falha humana, por parte do condutor, segurança, manutenção ou do Centro de Controle;

**3) Interferência de terceiros** – como, por exemplo, a ocorrência de um suicídio no sistema, ou uma invasão na via permanente por uma pessoa não autorizada, onde é necessário que um operador do Centro de Controle realize o corte a energia do trecho, visando a integridade física do invasor;

**4) Avarias de infraestrutura** – envolvendo diversos fatores, como energia, sinalização, via permanente e sistemas operacionais das estações (bombeamento, ventilação, escada rolante, bilhetagem, etc.);

**5) Outros fatores** – que podem envolver falhas em sistemas do Centro de Controle ou de sistemas de Tecnologia da Informação. A especificação dos intervalos e horários faz parte da “programação da oferta”. A partida do trem com um intervalo maior que o



programado, ou após o horário programado, causa atrasos, prejudicando a regularidade da operação.

As estações são os locais de embarque e desembarque de passageiros. O material rodante é o trem, que por sua vez é composto de um determinado número de carros. A quantidade de carros no trem pode variar em função da demanda e da dimensão das estações do sistema metroferroviário.

### **3.2. Conceitos de “degradação” e “paralisação” na operação**

As falhas em certos componentes podem acarretar uma degradação na operação do sistema, ou em casos extremos a sua paralisação. O grupo CoMET/NOVA é um grupo internacional de sistemas metroferroviários, que constituiu uma comunidade com o intuito de, em parceria, criarem projetos cobrindo diversas áreas de interesse comum, em busca das melhores práticas de operação e gerenciamento. Esse grupo define a “degradação” como sendo uma operação do sistema abaixo do nível aceitável de desempenho causado por problemas específicos e que são solucionados por um prazo máximo de até uma hora, ocasionando: irregularidade no tráfego de trens; aumento dos intervalos praticados; pequenos e médios atrasos. Já a “paralisação” é definida como um grande atraso no metrô, superior a uma hora e que geralmente envolve um grande impacto negativo à sociedade, afetando diretamente a disponibilidade da operação de um sistema metroferroviário e prejudicando milhares de usuários (CoMET/NOVA, 2008).

O foco deste trabalho será a identificação dos fatores capazes de causar a paralisação do sistema metroferroviário.

### **3.3. Dados históricos coletados de diversos sistemas metroferroviários ao redor do mundo**

O grupo CoMET/NOVA realizou uma pesquisa entre seus integrantes, a fim de identificar os principais fatores de paralisações de um sistema metroferroviário, considerando a paralisação como uma ocorrência com atraso superior a uma hora. No relatório produzido constam os dados referentes ao ano de 2007, sendo os resultados divulgados apenas aos sistemas metroferroviários integrantes do grupo. Todas as informações compartilhadas entre os sistemas são sigilosas e confidenciais a terceiros, sendo as informações restritas para uso internos dos sistemas, com o objetivo de utilizar e se beneficiar da técnica de benchmarking, aproveitando as melhores práticas dos componentes do grupo e compartilhando informações entre si. Só existe a permissão da divulgação de resultados sem a identificação da cidade de origem dos metrô, sendo apresentado somente o continente dos mesmos, de forma agrupada para os continentes das Américas do Sul e do Norte e para os continentes da Ásia e Oceania.

Dados do grupo CoMET/NOVA (2008), de cinco metrô do mundo são visualizados na tabela 1, referentes ao ano de 2007, sendo 1 da América do Sul, 1 da América do Norte, 1 da Ásia, 1 da Oceania e 1 da Europa.

**Tabela 1: Número de ocorrências em 2007 que causaram paralisações da operação de 5 sistemas metroferroviários e identificação dos fatores motivadores (CoMET/NOVA, 2008)**

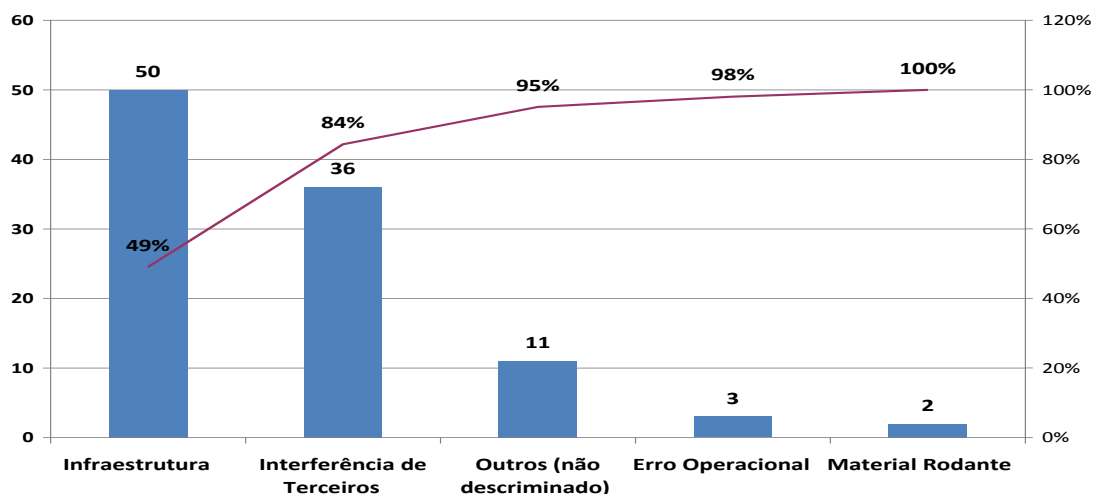
	Infra estrutura	Interferência de Terceiros	Outros (não discriminado)	Erro Operacional	Material Rodante	Total
Américas do Sul e Norte	04	18	03	01	01	27
Ásia e Oceania	34	11	08	02	--	55
Europa	12	07	--	--	01	20
<b>TOTAL</b>	<b>50</b>	<b>36</b>	<b>11</b>	<b>03</b>	<b>02</b>	<b>102</b>

### **3.4. Aplicação da curva de Pareto para priorização dos fatores identificados**

A ferramenta utilizada para estabelecer quais são os fatores vitais à disponibilidade da operação de um sistema metroferroviário é a curva de Pareto, também chamada de curva ABC, que tem por conceito identificar que 80% dos problemas são geralmente causados por 20% dos fatores. A curva de Pareto é um 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). Nesse trabalho será utilizada para priorizar os fatores vitais à disponibilidade da operação do sistema metroferroviário, capazes de causar paralisações.

Aplicando a curva de Pareto aos fatores de paralisações e as ocorrências de paralisações, observa-se, na figura 1, que o fator “infraestrutura” responde por 49% das ocorrências de paralisações e os fatores “infraestrutura” e “interferência de terceiros” juntos respondem por 84% das ocorrências de paralisações, constituindo-se, portanto, nos fatores mais relevantes responsáveis por paralisações em sistemas metroferroviários. Percebe-se

que avarias de material rodante normalmente não geram paralisações nos sistemas metroferroviários, com apenas 02 ocorrências, em um total de 102. As avarias de material rodante costumam gerar degradações no sistema, que na grande maioria das vezes, é solucionado com menos de 1 hora de atraso.



**Figura 1: Aplicação da Curva de Pareto dos fatores vitais à disponibilidade da operação de 5 sistemas metroferroviários do Grupo CoMET/NOVA, em 2007**

### 3.5. Análise dos fatores vitais identificados pela aplicação da metodologia

Depois de identificados os dois principais fatores vitais à disponibilidade de operação de um sistema metroferroviário, “infraestrutura” e “interferência de terceiros”, esses dois fatores serão detalhados nos próximos itens, priorizando dentro do fator “infraestrutura” os elementos referentes a: energia, via permanente e sinalização.

### 3.5.1 Infraestrutura – Energia

O fornecimento de energia para um sistema metroferroviário pode ter diferentes concepções, porém de uma forma geral, costuma ser suprido por subestações principais de energia, que transformam e distribuem a energia para as subestações retificadoras de energia, que, por sua vez, distribuem a energia para o sistema metroferroviário em 2 formas: energia de tração e energia dos sistemas operacionais. A energia de tração é aquela que permite a movimentação dos trens. A energia dos sistemas operacionais alimenta todos os sistemas operacionais do sistema metroferroviário, como: bilhetagem, telefonia, sinalização, CFTV (Circuito Fechado de Televisão), escadas rolantes, sonorização, equipamentos de Tecnologia da Informação e outros (Sousa, 2010).

Algumas causas possíveis para os problemas de queda de energia são: falha no fornecimento de energia da companhia de energia elétrica responsável; sobrecarga elétrica; demora no restabelecimento da energia em caso de falha em algum equipamento crítico de uma Subestação de Energia.

Quando ocorre uma queda de energia no sistema, os operadores do Centro de Controle atuam para identificar no menor tempo possível a causa do problema. Para isso acontecer é necessário que o Centro de Controle possua um telefone exclusivo para estabelecer um contato emergencial com a companhia de energia elétrica responsável.

### 3.5.2 Infraestrutura – Via Permanente

A via permanente é o local por onde trafegam os trens, sendo composta por diversos equipamentos que são fundamentais à Operação e, conseqüentemente, à disponibilidade de um sistema metroferroviário. Os principais equipamentos de via permanente considerados

vitais à disponibilidade da operação de um sistema metroferroviário são: trilhos, dormentes e AMV (Aparelhos de Mudanças de Vias).

Os dormentes têm que receber manutenção preventiva periódica, pois a quebra de uma série deles no mesmo trecho de via pode causar a paralisação da operação, em virtude da impossibilidade de realizar o tráfego de trens por esse trecho de via. Os trabalhadores da via permanente (condutores, manutenção, equipes de limpeza) devem ser treinados para relatar ao Centro de Controle qualquer tipo de alteração nos dormentes, para que a Manutenção de Via Permanente possa providenciar o mais rápido possível a troca desses dormentes.

Os AMV também são fundamentais à operação, pois neles ocorrem continuamente as alterações de rotas das composições, seja de forma automática ou manual, visto que a indisponibilidade imediata na alteração das rotas durante a operação poderá acarretar na paralisação do sistema metroferroviário.

### **3.5.3 Infraestrutura – Sinalização**

A sinalização tem grande importância na segurança do sistema, sendo ela a responsável pelo controle do espaçamento entre os trens. Os sinais somente são liberados quando não existe nenhum outro trem posicionado à frente até a chegada do próximo sinal. Segundo Ratton Neto (2012), existem alguns tipos básicos de sistemas de sinalização implantados em sistemas metroferroviários e ferroviários, como: Piloto Automático, ATO (Automatic Train Operation), ATP (Automatic Train Protection) e ATC (Automatic Train Control). Uma boa manutenção preventiva é fundamental para minimizar as ocorrências de problemas de sinalização.

Esses sistemas de sinalização possibilitam a segurança automática, parcial ou total, do espaçamento entre trens, sendo esses sistemas diferenciados pelos níveis de segurança em função de erros operacionais oriundos do Centro de Controle e dos condutores de trens. Com isso, a ausência de um sistema de sinalização com tecnologia avançada pode trazer riscos de acidentes, causando a paralisação do sistema metroferroviário.

### **3.5.4 Interferência de Terceiros**

Existem diversos motivos de interferência de terceiros que podem causar a paralisação da operação do sistema metroferroviário, como: suicídio e tentativa de suicídio; vandalismo; invasão de pessoas nas vias operacionais energizadas; objetos suspeitos abandonados; investigações policiais; assaltos; furto de cabos; crimes; denúncias anônimas de atos terroristas; fatores externos da natureza, como a queda de uma árvore na via operacional; e outros. Os casos mais comuns, sendo considerados como principais, são: furto de cabos, suicídio e invasão na via.

## **4. PROPOSTAS DE INVESTIMENTOS NOS FATORES VITAIS:**

Nos próximos itens serão apresentadas propostas de investimentos nos dois fatores vitais identificados, buscando a maior disponibilidade da operação de um sistema metroferroviário.

#### 4.1 Propostas de investimentos no fator vital “infraestrutura”

O fator “infraestrutura” será dividido nos elementos: energia, via permanente e sinalização. Serão apresentadas propostas de investimentos relacionados a esses elementos:

a) **Energia** – O ideal é que o Centro de Controle possua os sistemas de controle, monitoramento e comando à distância das Subestações Retificadoras de Energia. Assim é possível identificar problemas de energia de forma rápida e solucionar esses problemas com apenas um comando à distância, via Centro de Controle, sem necessidade de deslocamento e intervenção local da equipe de Manutenção, sendo possível solucionar o problema em um tempo reduzido, minimizando os riscos de paralisação do sistema. Sousa (2010) afirma que a automação em Subestações Retificadoras de Energia metroviárias é uma das ações que podem contribuir, significativamente, para a melhoria dos serviços prestados;

b) **Via Permanente** – É necessário que as operadoras tenham em estoque mínimo todas as peças, equipamentos e componentes necessários para solucionar problemas de AMV e de quebras de uma série de dormentes no mesmo trecho de via. Sem as peças sobressalentes necessárias em estoque disponível, não é possível o pleno funcionamento dos AMV, ou a realização de uma substituição emergencial de uma série de dormentes no mesmo trecho de via, acarretando em risco de paralisação da prestação dos serviços do sistema metroferroviário;

c) **Sinalização** – É importante evitar que a operação de um sistema metroferroviário seja realizada exclusivamente de forma manual, passíveis a falhas humanas. Um investimento muito importante e necessário é a implantação de um sistema de sinalização seguro para os condutores e os usuários, capazes de evitar colisões de trens, avanços de sinais pelos condutores e paradas bruscas automáticas em situações de emergência, como o



sistema ATP, que foi implantado parcialmente, em alguns ramais da SuperVia, que é o sistema ferroviário de passageiros do Rio de Janeiro (ANTT, 2014).

## **4.2 Propostas de investimentos no fator vital “interferência de terceiros”**

Alguns investimentos são importantes para minimizar os riscos de paralisações da operação decorrentes do fator “interferência de terceiros”, como:

a) instalações de cercas elétricas, concertinas nos muros de proteção, alarme de presença e câmeras adicionais nos pontos críticos;

b) gravação de todas as câmeras, implantação de centro de monitoramento de inteligência monitorando as câmeras 24 horas, análise inteligente de vídeo capaz de identificar e emitir alarmes ao centro de monitoramento em situações de perigo predefinidas, como objetos abandonados no chão, pessoas se aproximando das vias e outros, como ocorre no caso do Metrô de Santiago, no Chile (Indigo Vision, 2014);

c) implantação de um sistema de proteção para impedir suicídios, como é o caso da Linha 13 do Metrô de Paris, conhecido como “*platform screen doors*”, que funciona com portões de vidro automáticos, localizados entre a plataforma e a via operacional, que só abrem quando uma composição para e estaciona na plataforma, isolando qualquer tipo de contato dos usuários com as vias operacionais, eliminando riscos de acidentes, invasões, suicídios e tentativas de suicídio (Metrô Paris, 2014). Na América Latina, apenas a Linha 4 do Metrô de São Paulo tem implantado o sistema de “*platform screen doors*” (Siemens, 2010).

## 5. APLICAÇÃO NO METRÔ DO RIO DE JANEIRO:

Na cidade do Rio de Janeiro, a operação do metrô foi objeto de um leilão para ser entregue à iniciativa privada sob a modalidade de concessão. A assinatura do Contrato de Concessão com o Governo do Rio de Janeiro deu-se em janeiro de 1998, sendo o mesmo já renovado antecipadamente em dezembro de 2007, por mais 20 anos. Portanto até o ano 2038, o sistema metroviário do Rio de Janeiro estará sob a responsabilidade da iniciativa privada.

Atualmente, em 2014, a Concessão Metroviária do Rio de Janeiro S.A., conhecido como MetrôRio, está sob a responsabilidade do Instituto INVEPAR. O MetrôRio utiliza atualmente o sistema de automação parcial e total. O CCO - Centro de Controle Operacional - é responsável pela operação do sistema, realizando ajustes na operação sempre que necessário. Durante todo o período de operação os operadores do CCO interagem com o sistema de hardware/software e com os condutores de trens, tendo autonomia para executar ações de resoluções de incidentes operacionais. A rede atual do sistema corresponde a 36 estações nas duas linhas existentes. A Linha 1 opera entre as estações Uruguai a General Osório, e a Linha 2 opera entre as estações Pavuna a Botafogo. O MetrôRio é integrante do grupo internacional CoMET/NOVA e compartilha informações com outros metrôs, visando a melhoria contínua dos processos.

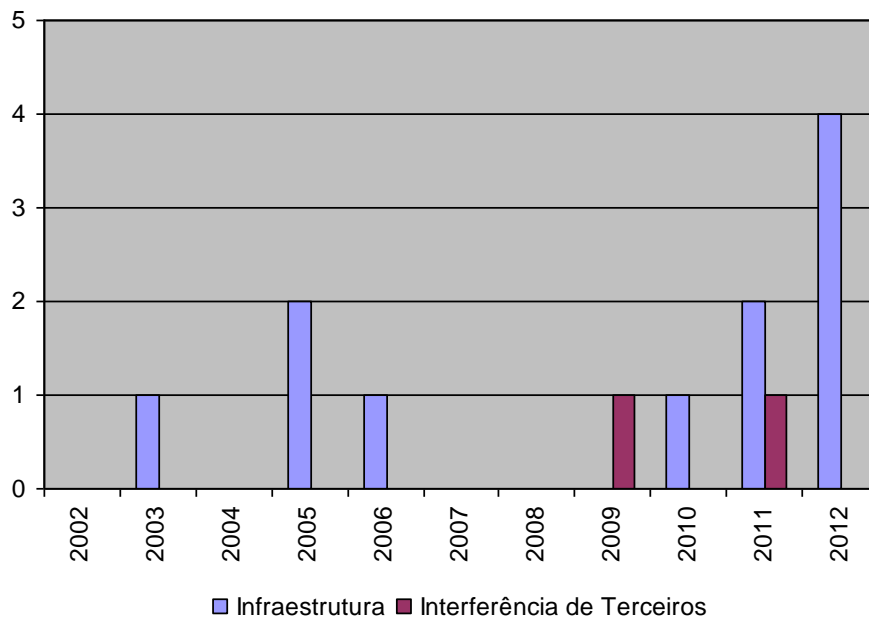
Conforme dados do MetrôRio (2014), em maio de 2012, a oferta disponibilizada por dia útil durante toda a Operação Comercial (das 05h00min às 00h00min) foi de 459.351 lugares na Linha 1 e 563.812 lugares na Linha 2. A paralisação de 1 hora da operação do MetrôRio durante os horários de picos acarreta uma diminuição na oferta, que pode chegar até:

- Paralisação de 1 hora durante o pico da manhã = Diminuição da oferta real em cerca de 41% do total da oferta programada durante o pico da manhã;
- Paralisação de 1 hora durante o pico da tarde = Diminuição da oferta real em cerca de 35% do total a oferta programada durante o pico da tarde.

Um exemplo de paralisação em horário de pico no sistema metroviário do Rio de Janeiro ocorreu no dia 06/02/2012. Houve uma queda de energia na Linha 2, com a perda da sinalização, telefonia e CFTV. A paralisação durou pouco mais de 1 hora, começando no início do pico da manhã, às 06h54min, só sendo normalizada às 08h00min. Nesse dia houve redução da oferta no pico da manhã da Linha 2 em cerca de 36% (MetrôRio, 2014).

### **5.1. Aplicação da curva de Pareto para priorização dos fatores vitais no MetrôRio**

No período de 10 anos, entre 2002 a 2012, ocorreram 13 paralisações da operação do MetrôRio, sendo as mesmas divididas e motivadas pelos seguintes fatores: 11 por “infraestrutura” e 2 por “interferência de terceiros”, conforme resultados na figura 2 (MetrôRio, 2014).

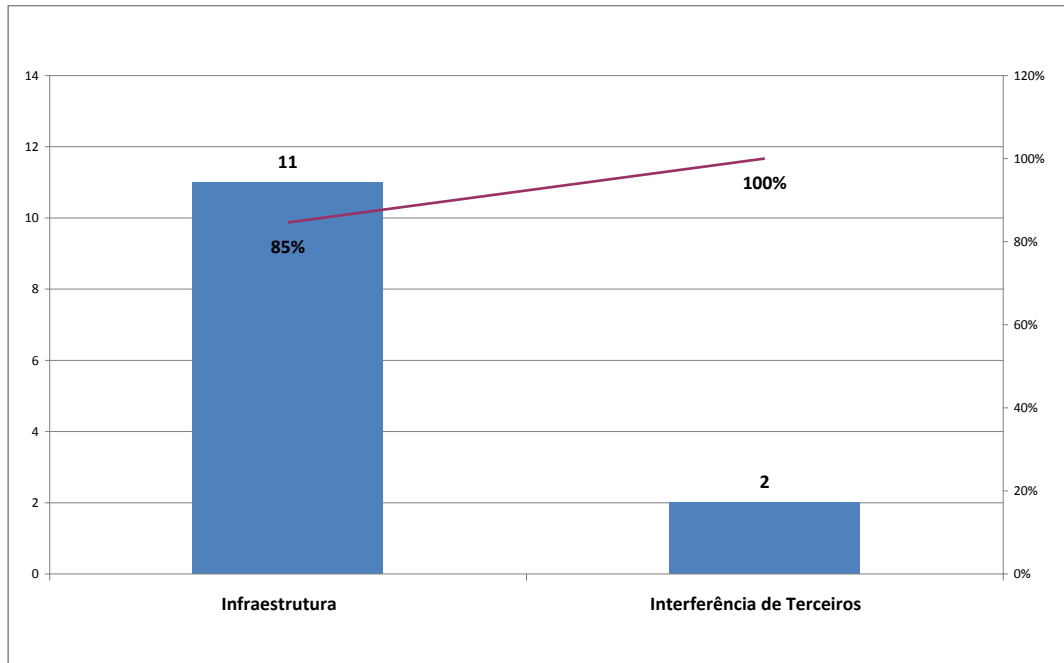


**Figura 2: Número de ocorrências que causaram paralisações da operação do MetrôRio e a identificação dos fatores motivadores, entre 2002 a 2012 (MetrôRio, 2014)**

Ao realizar uma análise dos resultados da amostragem, conclui-se que houve um aumento do número de paralisações nos últimos 5 anos. Enquanto que no período entre 2002 a 2007 ocorreram apenas 4 paralisações, no período entre 2008 a 2012 houve 9, ressaltando a necessidade e importância do MetrôRio em realizar investimentos que busquem minimizar o número de paralisações da operação, visando a maior disponibilidade da operação do sistema.

Aplicando a curva de Pareto nos dados fornecidos pelo MetrôRio (2014), conforme visualizado na figura 3, constata-se que somente o fator “infraestrutura” responde por 85% das ocorrências de paralisações. Os fatores “infraestrutura” e “interferência de terceiros” juntos respondem pela totalidade das ocorrências de paralisações, constituindo-se, portanto, nos dois fatores vitais responsáveis pelas paralisações da operação do sistema metroviário do Rio de Janeiro. Portanto, conclui-se que os fatores vitais identificados em 10

anos de operação do MetrôRio foram os mesmos fatores vitais identificados na aplicação da metodologia proposta nesse trabalho.



**Figura 3: Aplicação da Curva de Pareto dos fatores vitais à disponibilidade da operação do MetrôRio, entre 2002 a 2012**

## **5.2 Investimentos relacionados aos impactos causados pelos fatores vitais à disponibilidade da operação do MetrôRio**

Em 2011, o MetrôRio (2012) elaborou planos de investimentos, relacionados aos impactos causados pelos fatores vitais à disponibilidade da operação. Alguns investimentos se encontram atualmente, em 2014, finalizados, e outros já foram identificados e analisados, com planejamento orçamentário para execução a médio e longo prazo. Foram definidos dois tipos de planos de investimentos de acordo com os riscos analisados, sendo um plano referente à degradação do sistema e um plano referente à paralisação da operação do sistema. Os conceitos de degradação e paralisação adotados no MetrôRio são os mesmos

apresentados nesse trabalho. A tabela 2 apresenta três exemplos de investimentos já realizados e concluídos, para minimizar os riscos de paralisação do sistema, que serão detalhados nos próximos itens.

**Tabela 2: Investimentos para minimizar os riscos de paralisação da operação do sistema metroviário do Rio de Janeiro (MetrôRio, 2012)**

SISTEMAS DOS FATORES VITAIS	RISCO	MOTIVO	INVESTIMENTO
INFRAESTRUTURA (VIA PERMANENTE)	PARALISAÇÃO	Falta de sobressalentes de via (fornecedor, estoque mínimo, qualidade de material e obsolescência)	Comprar itens críticos para atender estoque mínimo
INFRAESTRUTURA (VIA PERMANENTE)	PARALISAÇÃO	Falta do sistema de proteção na Linha 2 (ATP)	Finalizar a implantação do sistema
INFRAESTRUTURA (VIA PERMANENTE)	PARALISAÇÃO	Furto de cabos	Instalar CFTV (Circuito Fechado de Televisão) nos pontos críticos e concertina ao longo da Linha 2

### 5.2.1 Investimento do MetrôRio para o fator vital: Infraestrutura – via permanente

A via permanente é um elemento da infraestrutura de grande importância à disponibilidade da operação de qualquer sistema metroferroviário. Em 2011, o MetrôRio elaborou um cronograma de compra de sobressalentes, identificando todos os componentes de via críticos, que no caso de ausência no estoque, poderiam trazer riscos à disponibilidade da operação do sistema. Foram definidos e selecionados o estoque mínimo para cada um desses componentes de via, a qualidade do material, e os fornecedores mais adequados, principalmente para os componentes de via que se encontram em obsolescência no mercado em virtude de mudanças de tecnologias.

Grande parte desses componentes de via é importada da Europa e podem demorar até 18 meses entre o prazo de compra e entrega do material. O investimento da compra de sobressalentes dos componentes de via permanente foi identificado como crítico e emergencial pelo MetrôRio em 2011. Nesse pacote de compra de sobressalentes destacaram-se, principalmente, dois componentes do AMV, denominados “agulha” e “trilho de encosto”, que, no caso de quebra e/ou inoperância, aumenta o risco de causar a paralisação da operação do sistema. Atualmente, em 2014, esse investimento se encontra finalizado, com a chegada de todos os sobressalentes comprados no Centro de Manutenção, normalizando por completo, em 2014, a falta de sobressalentes dos equipamentos da via permanente (Metrôrio, 2014).

### **5.2.2 Investimento do MetrôRio para o fator vital: Infraestrutura – sinalização**

Na Linha 1, através do piloto automático, o sistema de sinalização garante a segurança automática total do espaçamento entre os trens. Até antes da implantação do sistema de sinalização ATP - *Automatic Train Protection*, na Linha 2, o sistema de sinalização possibilitava a segurança parcial do espaçamento entre os trens, permanecendo o trecho entre as estações Pavuna a Central (Linha 2) vulnerável a qualquer tipo de falha humana, seja de origem dos operadores do Centro de Controle ou dos condutores de trens, como, por exemplo, um avanço do sinal vermelho. Portanto, uma falha humana entre as estações de Pavuna a Central trazia riscos de provocar acidentes e colisões de trens, que, além de causar uma tragédia para a sociedade, acarretaria na paralisação da operação do MetrôRio.

O ATP 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, seja ela motivada pelos operadores do Centro de Controle ou pelos condutores de trens. Outro benefício é que esse sistema emite um alerta ao condutor sobre a velocidade máxima permitida em cada trecho de via, e, caso o condutor não respeite essa velocidade limite, o ATP garante a parada imediata da composição. Em 2011, o sistema ATP se encontrava em fase de implantação na Linha 2, sendo verificada a importância de finalizar rapidamente a implantação desse projeto, já que ele garantiria a segurança automática total do espaçamento entre os trens em toda a Linha 2, que se tratava de algo crítico e emergencial.

Atualmente, em 2014, esse investimento se encontra finalizado e representa a segurança automática total do espaçamento entre os trens em todo o sistema metroviário do Rio de Janeiro (Linhas 1 e 2), eliminando os riscos de acidentes e colisões de trens motivadas por falha humana, e conseqüentemente, eliminando os riscos de ocorrer a paralisação da operação em virtude de uma tragédia (Metrôrio, 2014).

### **5.2.3 Investimento do MetrôRio para o fator vital: Interferência de terceiros**

O MetrôRio tem um alto índice de furto de cabos na Linha 2, localizada em elevado acima da superfície, e, portanto, mais vulnerável a invasões de terceiros nas vias operacionais. O furto de cabos durante os horários de operação comercial traz riscos de paralisação da operação, quando esse furto ocorre entre as estações de Pavuna a Central. Os invasores têm dificuldade em identificar as diferenças entre os cabos elétricos de cobre e os



cabos de fibra ótica, em virtude da similaridade dos mesmos. No caso de ocorrer o furto de cabos elétricos de cobre, a possibilidade de ocorrer um curto circuito que provoque uma queda de energia é considerada remota. Porém, caso o invasor confunda os tipos de cabos e pratique o furto de cabos de fibra ótica, que alimenta o sistema de telecomunicações, existe o risco de interrupção do funcionamento de alguns sistemas vitais à disponibilidade da operação, como: sinalização, bilhetagem, CFTV, telefonia de alta frequência dos condutores e rede de Tecnologia da Informação. A inoperância de um ou mais desses sistemas traz riscos de paralisação para qualquer sistema metroferroviário.

O investimento necessário para diminuir o índice de furto de cabos no sistema metroviário do Rio de Janeiro foi identificado como crítico e emergencial em 2011. O investimento consistiu na instalação de tecnologias de segurança ao longo do trecho entre as estações de Pavuna a Maria da Graça, em posições estratégicas consideradas críticas pela análise do SATI (Setor de Ações Táticas e de Inteligência do MetrôRio). As tecnologias contratadas incluíram as instalações de concertinas nos muros de proteção da Linha 2 e o aumento do número de câmeras nos pontos críticos, com a funcionalidade de análise inteligente de vídeo, para auxiliar na rápida identificação de furto de cabos nas vias operacionais.

Esse investimento se encontra finalizado em 2014. Com esses sistemas implantados, a expectativa do MetrôRio é dificultar a tentativa de acesso de terceiros nas vias operacionais para a prática ilegal de furto de cabos, e conseqüentemente, manter em pleno funcionamento os sistemas operacionais, inibindo e/ou evitando, com maior nível de segurança, as práticas ilegais de furtos de cabos, diminuindo consideravelmente os riscos de ocorrer uma paralisação da operação do sistema (Metrôrio, 2014).

Atualmente, em 2014, está em estudo a possibilidade de implantação de um Projeto contemplando a inclusão de câmeras térmicas, a fim de melhorar a eficiência do funcionamento da análise inteligente de vídeo, e o aumento substancial do número de câmeras móveis, com alto poder de *zoom*, posicionadas nas vias operacionais. A implantação desse Projeto irá auxiliar na rápida identificação de furto de cabos, visando uma maior confiabilidade da operação durante a realização das Olimpíadas de 2016 na cidade do Rio de Janeiro.

## 6. CONCLUSÕES:

Com a crescente utilização por parte da população do sistema metroferroviário e suas integrações, a degradação ou paralisação do sistema metroferroviário afeta o transporte de milhares de pessoas, causando transtornos à sociedade. Os sistemas metroferroviários prestam um serviço de transporte público de alta capacidade e devem sempre buscar a minimização da degradação do sistema ou a sua paralisação. Eventualmente, para que o objetivo de aumento da disponibilidade seja atendido, pode ser necessária a realização de novos investimentos.

Para realizar esses investimentos de forma correta é útil a adoção de uma metodologia que permita, baseada em dados históricos de outros sistemas metroferroviários, a identificação e priorização dos elementos vitais à disponibilidade da operação dos metrô. Com o resultado desse estudo as operadoras metroviárias adquirem o conhecimento de uma ferramenta para realizar um bom planejamento de médio e longo prazo, além de auxiliar na elaboração de propostas de investimentos que podem afetar a disponibilidade da operação, permitindo as operadoras antecipar o seu planejamento,

mantendo os insumos vitais à disponibilidade da operação no estoque mínimo suficiente e planejando os futuros investimentos necessários.

De acordo com pesquisa realizada pelo grupo CoMET/NOVA, os fatores vitais à disponibilidade de operação de sistemas metroferroviários estão, em sua maioria, relacionados a “infraestrutura” e “interferência de terceiros”, representando 84% das ocorrências de paralisações dos metrô, conforme identificado na análise da curva de Pareto. Aplicando a metodologia proposta nesse trabalho no sistema metroviário do Rio de Janeiro, foram identificados os mesmos dois fatores vitais da pesquisa do grupo. No caso do MetrôRio, o fator “infraestrutura” representa 85% das ocorrências de paralisações do sistema, enquanto que os fatores “infraestrutura” e “interferência de terceiros” juntos representaram a totalidade das ocorrências de paralisações da operação do sistema.

As expectativas do MetrôRio ao realizar esses investimentos são, principalmente, aumentar a disponibilidade da operação do sistema, minimizar o máximo possível os riscos de ocorrências com paralisações e, conseqüentemente, diminuir o número de ocorrências com paralisações da operação do sistema metroviário do Rio de Janeiro. Nesse trabalho foram explicados três projetos de investimentos realizados e concluídos no MetrôRio, com base em um planejamento de investimentos nos fatores vitais à disponibilidade da operação do sistema, realizado no ano de 2011.

A proposta para trabalhos futuros consiste em estabelecer uma avaliação de desempenho operacional em sistemas metroferroviários, de tal forma que essa avaliação consiga realmente refletir o nível de serviço prestado aos usuários. Dessa forma, as operadoras possuem um maior nível de informações sobre o nível de serviço prestado aos usuários, sendo possível que as mesmas possam concentrar os seus esforços e investimentos

em possíveis melhorias para os usuários desse meio de transporte, minimizando os riscos de degradação e de paralisações da operação dos sistemas metroferroviários.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

**ANTT (2014)** *Mudança da classe tecnológica da SuperVia*. Disponível em: [www.antt.gov.br/html/objects/\\_downloadblob.php?cod\\_blob=6574](http://www.antt.gov.br/html/objects/_downloadblob.php?cod_blob=6574) Acesso em: 29/04/14.

**Carvalho, J. M. C. (2002)** Logística. 3ª ed. Lisboa: Edições Silabo. ISBN 978-972-618-279-5.

**CoMET/NOVA (2008)** *Distribuição de ocorrências que causaram paralisações superiores a 1 hora em sistemas metroferroviários do mundo no ano de 2007*.

**Indigo Vision (2014)** Informações do site oficial da Indigo Vision. Disponível em: [http://www.indigovision.com/documents/public/project-briefs/Santiago-Metro\\_Project-Brief\\_Portuguese\\_Final.pdf](http://www.indigovision.com/documents/public/project-briefs/Santiago-Metro_Project-Brief_Portuguese_Final.pdf) Acesso em 27/04/14.

**Metrô Paris (2014)** Informações do site oficial do Metrô de Paris. Disponível em: [http://www.ratp.fr/en/ratp/c\\_9104/platform-edge-doors-for-line-13](http://www.ratp.fr/en/ratp/c_9104/platform-edge-doors-for-line-13) Acesso em 20/04/14.

**MetrôRio (2012)** Plano de investimentos relacionados aos impactos causados pelos fatores vitais à disponibilidade da operação do Metrô do Rio de Janeiro.

**MetrôRio (2014)** Informações de relatórios gerenciais do Metrô do Rio de Janeiro.

**Ratton Neto, H. X. (2012)** Apostila da disciplina “Operação Ferroviária” do curso de Mestrado em Engenharia de Transportes da Universidade Federal do Rio de Janeiro do ano de 2012.



**Siemens (2010)** *The first fully automated metro line in Latin America is opened in São Paulo.*

Siemens supplies automation technology. Disponível em:

<[http://www.siemens.com/press/en/pressrelease/?press=/en/](http://www.siemens.com/press/en/pressrelease/?press=/en/pressrelease/2010/mobility/imo201006029.htm)

[pressrelease/2010/mobility/imo201006029 .htm](http://www.siemens.com/press/en/pressrelease/?press=/en/pressrelease/2010/mobility/imo201006029.htm)> Acesso em: 30/04/14.

**Sousa, C. A. (2010)** Proposta de integração do sistema de automação de subestações retificadoras do sistema metrô-ferroviário brasileiro. Dissertação de mestrado da Universidade de São Paulo.