

CATEGORIA 3

MONITORAMENTO CONTÍNUO DE DADOS PARA DETECÇÃO E LOCALIZAÇÃO DE FUGA DE CORRENTE NA VIA PERMANENTE

AUTORES

- Francisco Sacchi
- Michelangelo do Carmo Andrade
- Rafael Custódio de Sá
- Celso Bruno Cardoso
- Leonardo Mandelli Valentini
- Julio KostECKi Souza Costa
- Iberê Sebilla Martins da Cunha Martelli
- José Luiz Redondo de Oliveira

INTRODUÇÃO

Uma das grandes causadoras de falhas no sistema metroferroviário é a chamada corrente de fuga.

Fenômeno que, caso não seja detectado de forma prematura, pode causar sérios danos às estruturas percorridas por essa corrente, sendo a detecção do ponto de baixa isolamento o maior desafio para a normalização da condição de fuga.

A alimentação das composições do setor metroferroviário é realizada por meio de circuito fechado, onde a corrente que percorre esse circuito fica restrita aos componentes do próprio circuito.

O sistema metroferroviário, em sua maior parte, tem seu circuito com a alimentação proveniente da subestação de alimentação elétrica, seu condutor positivo de transmissão pela catenária ou 3º trilho, e seu condutor negativo de retorno pelos trilhos ou via permanente, sendo esse circuito isolado dos demais sistemas e estruturas.

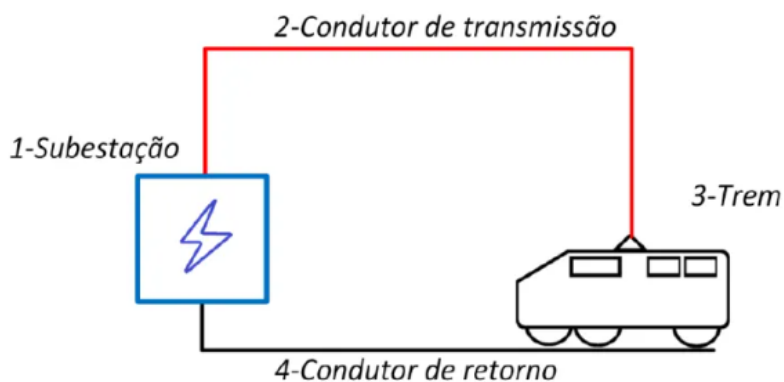


Figura 1 – Diagrama simplificado do circuito fechado de alimentação

Em caso de esse tipo de circuito apresentar algum ponto que comprometa a sua isolação, a corrente que trafega por ele pode migrar para estruturas externas, configurando assim uma situação de corrente de fuga.

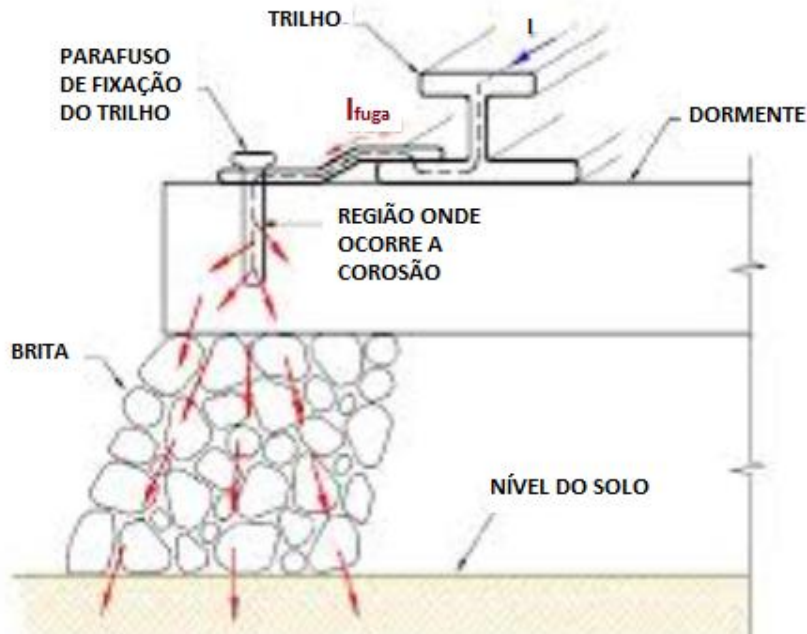


Figura 2 – Diagrama simplificado de fuga de corrente por ponto de baixa isolamento

Apesar de eventos dessa natureza não serem frequentes, caso ocorram, irão impactar diretamente componentes em torno do sistema até que sejam detectados e sanados, e dependendo de sua intensidade e/ou do tempo de atuação podem causar sérios danos aos equipamentos, com potenciais riscos à operação comercial ou até mesmo à integridade física das pessoas transportadas.

Uma grande dificuldade das operadoras do setor é a detecção de forma ativa destes eventos, bem como do exato ponto que está permitindo a fuga, uma vez que, ele não apresenta indícios visíveis até que seja percebido de forma indireta pelos impactos por ele causados.

DIAGNÓSTICO

Tendo em vista a dificuldade apresentada, e conhecendo na prática os efeitos causados por este tipo de evento, foi iniciado um trabalho com o intuito de identificar possíveis equipamentos e sistemas que pudessem demonstrar indícios de pontos de baixa isolamento e, conseqüentemente, fuga de corrente.



Figura 3 – Efeitos de corrosão em parafusos de fixação causados por corrente de fuga

Buscando em nosso sistema informações que possibilitassem mostrar indiretamente os indícios de fuga, foram realizados estudos de equipamentos e instalações que pudessem ser sensoriadas e analisadas de forma remota ou pontual.

Em primeira atuação, foi estudada a possibilidade de utilizar o cabo de drenagem unidirecional que é responsável pela proteção de uma adutora da SABESP, que tem seu encaminhamento pela própria estação Higienópolis-Mackenzie.

Foi, então, realizado o sensoriamento passivo para a leitura de medidas de corrente neste cabo, sendo que a detecção de valores medidos seriam um primeiro indício de fuga de corrente do circuito de alimentação dos trens migrando para as estruturas.

O monitoramento instalado é transmitido em tempo real para uma IHM dedicada a esta leitura, o que possibilita a análise remota das condições do sistema.

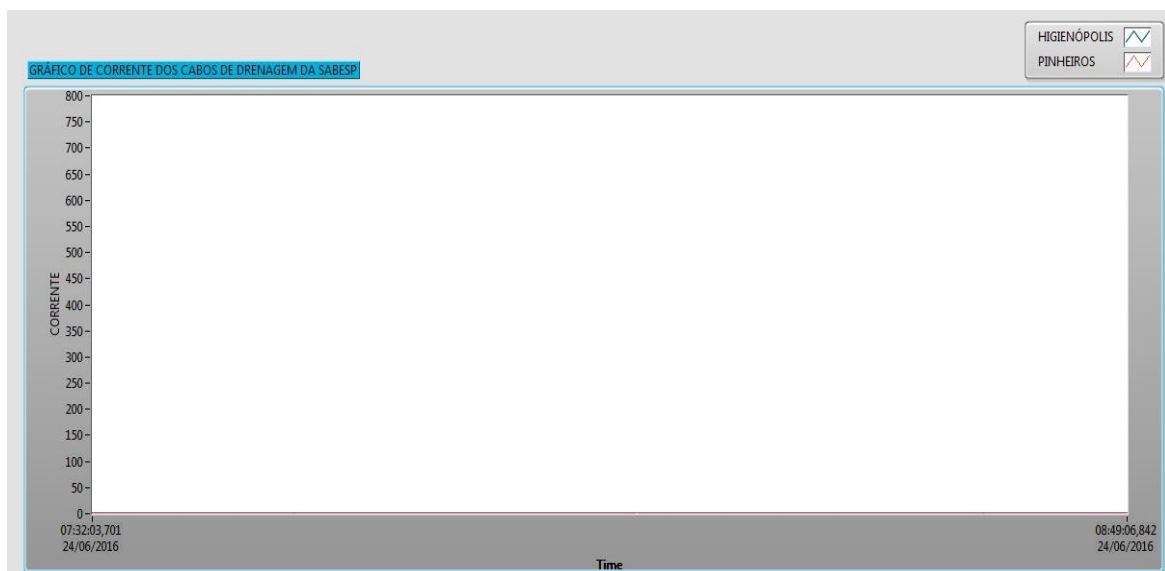


Figura 4 – IHM do gráfico de corrente nos cabos de drenagem da SABESP sem detecção de medidas de corrente

Com base nas informações disponibilizadas pelo gráfico de corrente dos cabos de drenagem da SABESP, é possível subsidiar as equipes de manutenção com mais informações. Quando identificada uma medição, a busca por pontos de baixa isolamento deve ser intensificada, sendo possível já identificar ganhos nos processos e no tempo de busca da falha, mesmo que ainda haja a necessidade de se verificar todo o trecho da via corrida. Essa solução foi a primeira implantação de monitoramento ativo deste evento.

Abaixo é possível ver a eficácia da medição comprovada com eventos encontrados em campo.

No dia 22/06/2016, foi verificada a presença de medição de valores de corrente no gráfico.

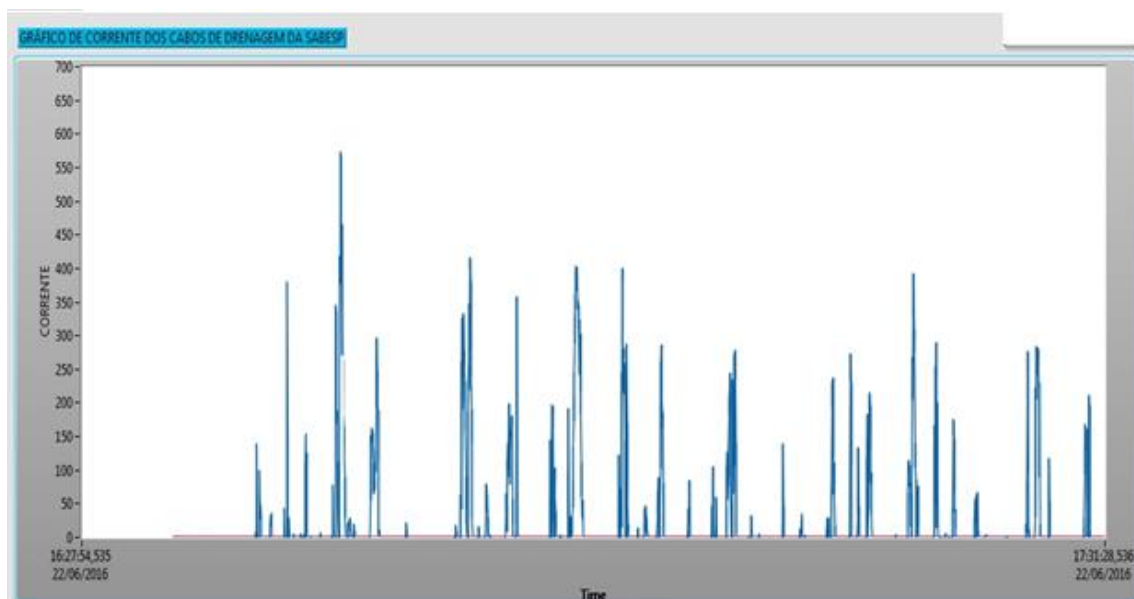


Figura 5 – IHM do gráfico de corrente nos cabos de drenagem da SABESP com detecção de medidas de corrente

A partir da leitura, a equipe de manutenção foi adicionada para a varredura da via corrida, a fim de encontrar possíveis indícios da fuga.

Na madrugada do dia 24/06/2016, foi identificada, durante a inspeção e testes, uma placa de fixação do trilho avariada no MT 4169, na região do VSE Cunha Gago.



Figura 6 – Placa de fixação do trilho avariada

Foram substituídos todos os componentes avariados e montada novamente a fixação.



Figura 7 – Componentes substituídos

Após a atuação da equipe de manutenção foi novamente analisado o gráfico de corrente e identificado que a corrente retornou a zero, conforme já mostrado na figura 4.

26ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
7º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS



Com o monitoramento ativo da corrente nos cabos de retorno da SABESP tivemos um ganho em eficiência e demos o primeiro passo para monitorar de forma ativa os eventos de fuga de corrente.

Mas, apesar de termos o indício da fuga, ainda era necessário realizar a busca em todo o trecho de via corrida para a sua efetiva detecção, onerando a equipe com diversos testes por trecho e grande deslocamento.

Com foco em identificar a região da ocorrência, foram instalados medidores de tensão (dataloggers) em algumas regiões de plataforma com intuito de monitorar o potencial entre o trilho de retorno e o terra estrutural naquela região.

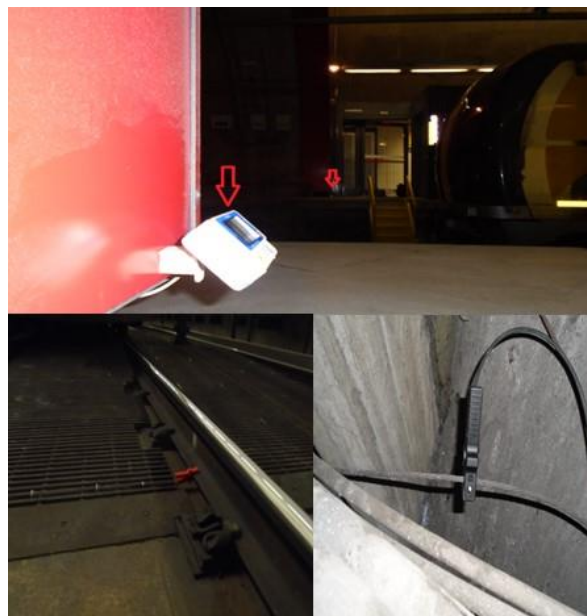


Figura 8 – Monitoramento de tensão nas bordas das estações

Esse monitoramento se mostrou útil para os estudos, porém com algumas limitações para uma análise efetiva. Entre as deficiências, podemos citar a impossibilidade da

26ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
7º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS



visualização remota e o resgate de histórico dos dados que eram feitos de forma local e individualizada, sendo necessário grande esforço para a detecção das possíveis regiões afetadas e em seguida as verificações em campo.

Mas com a análise desta solução e pensando em novas alternativas, foi identificada a existência de equipamentos em todas as estações da Linha 4-Amarela que faziam esta análise, porém os dados não eram externados para leitura.

O equipamento analisado foi o Curto Circuitador de Terras (B-90), responsável por realizar a medição da diferença de potencial entre a via corrida e a estrutura da estação e atuar garantindo a segurança do sistema. Durante sua análise, foi detectado que havia uma alteração sensível na tensão medida pelo equipamento quando correlacionado a eventos de baixa isolamento próximo a região de cada estação. Porém, apesar do equipamento realizar esta análise interna, esses dados não eram externados para uma análise remota.

Para tanto, foi utilizado o protocolo de comunicação Modbus (serial) dos relés N-DIN, localizados dentro da área de comando do B-90, que já fornecem as informações de corrente (nos casos do fechamento do curto circuitador), tensão VCA (corrente alternada) e o VCC (tensão contínua), monitorados por meio do terra via em relação ao terra estrutural, conforme a arquitetura mostrada a seguir:

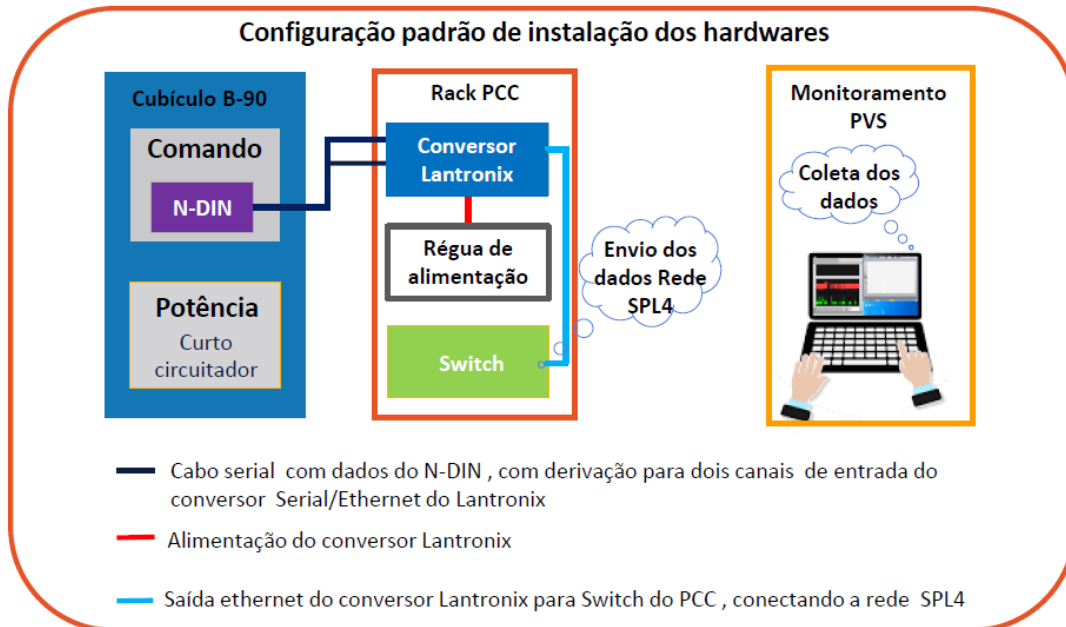


Figura 9 – Configuração de Hardware para leitura remota dos valores medidos pelo B-90

A instalação realizada permitiu a externalização dos dados analógicos e leitura remota dos valores de cada estação.

Visando a centralização das informações, essas medições foram integradas ao supervisório do tipo SCADA de cada uma das estações, o que possibilitou a integração desses dados ao programa EPM da Elipse Software.

Com a integração dos dados no EPM, foi possível realizar o registro do histórico de cada uma das localidades, bem como a visualização de forma centralizada de todas as leituras.

26ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 7º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

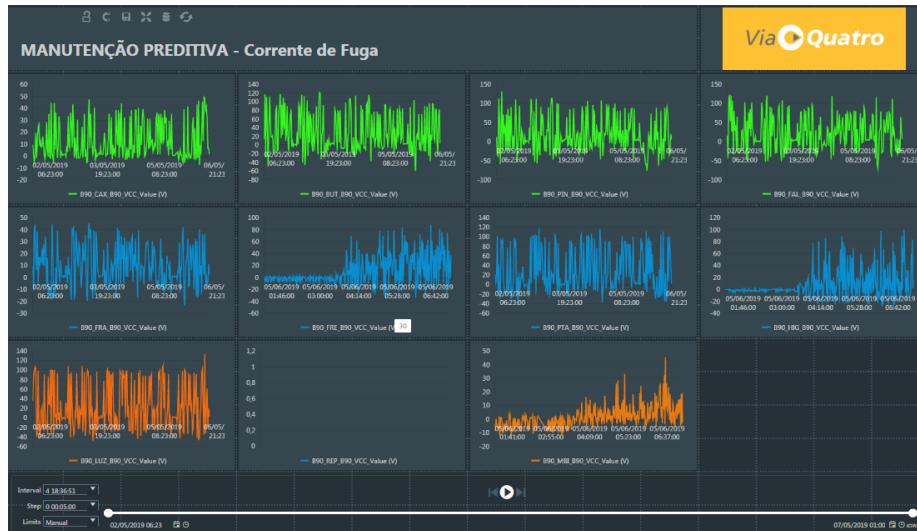


Figura 10 – Tela com as informações do B-90 no software EPM

Com a implantação da leitura remota de forma centralizada dos dados do EPM, avançamos ao passo seguinte na detecção de eventos de baixa isolamento.

Foi possível perceber o início de um evento com a análise do gráfico de corrente nos cabos de retorno da SABESP, bem como em qual região este ponto de baixa isolamento está atuando com base na informação integrada e remota da leitura dos dados do B90.

No dia 06/09/2019 foi identificada, pelo monitoramento do gráfico da SABESP, a leitura de medições de corrente.

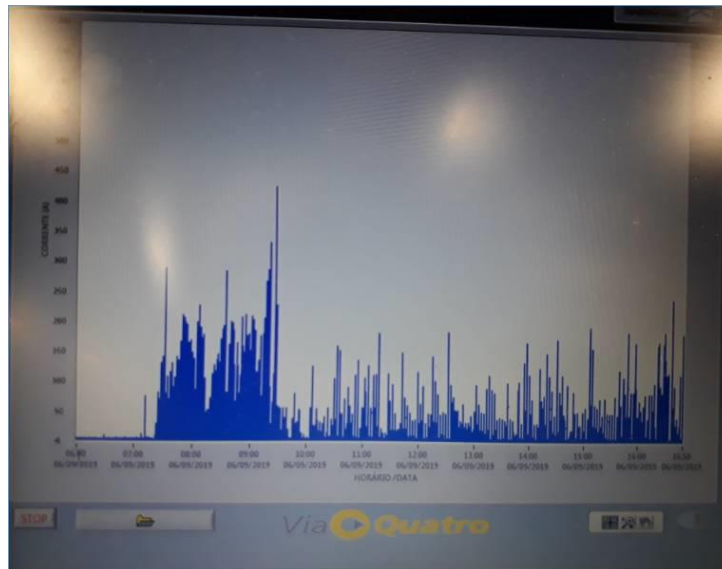


Figura 11 – Informações de corrente pelo monitoramento SABESP em 06/09/2019

A partir desta informação, foi iniciada a verificação do comportamento da leitura da tensão do B-90 de cada estação e identificado um comportamento fora do padrão nas estações Higienópolis- Mackenzie e Luz.

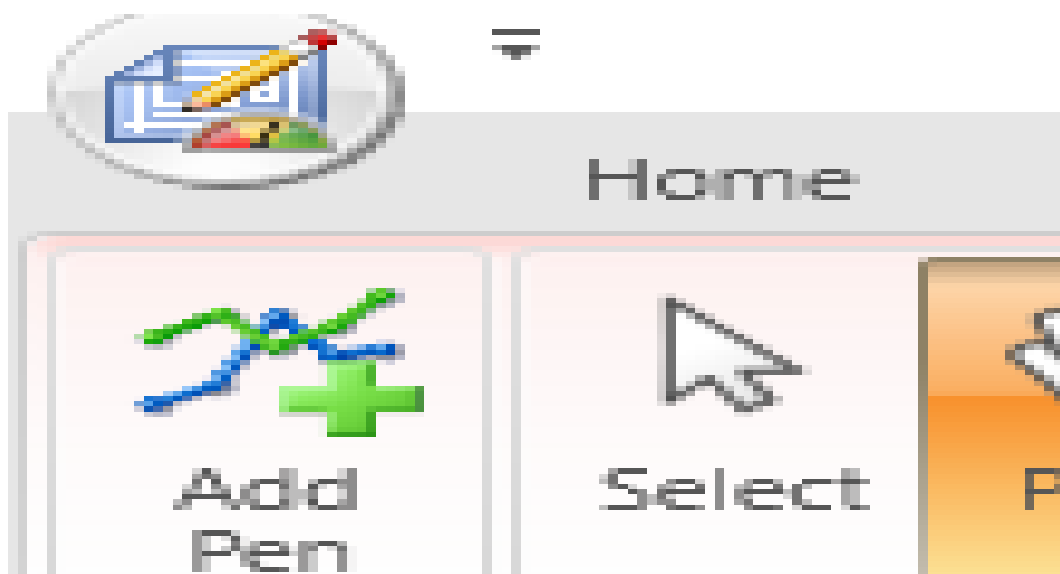


Figura 12 – Leitura do B-90 da estação Luz através do EPM



Figura 13 – Leitura do B-90 da estação HIG através do EPM

Correlacionando as informações de ambos monitoramentos, foi possível comunicar a equipe de manutenção e já indicar qual o trecho a ser verificado prioritariamente. A partir disso, a equipe se deslocou até a região indicada. Ao fazer a análise próximo a uma máquina de mudança de via, visualizou um clip e 2 parafusos parcialmente derretidos, o que trouxe o indício de ser o ponto de baixa isolamento e fuga.



Figura 14 – Equipamento danificado pela corrente de fuga

Os equipamentos danificados foram substituídos e a equipe realizou medições no local a fim de verificar a ausência de fuga, que foi comprovada. Foi informado também às equipes de monitoramento, que puderam verificar a normalização das medições em ambos os sistemas.

ANÁLISE DOS RESULTADOS

Com base nas informações dispostas no capítulo anterior, foi possível acompanhar a evolução das ferramentas de detecção de corrente de fuga no trecho de via corrida da Linha 4-Amarela. Inicialmente como uma detecção passiva, sendo necessário encontrar pontos danificados na via durante as inspeções.

No segundo momento, a detecção passou a ser ativa com o monitoramento da leitura de corrente nos cabos de retorno da SABESP na estação Higienópolis-Mackenzie, e atualmente, com o incremento da leitura da tensão do B-90 em cada estação e a detecção da região afetada pelo evento.

Com a utilização das ferramentas de forma complementar, passamos a segregar nossas vias em regiões interestações, ou seja, antes era necessária uma varredura completa em um trecho de aproximadamente 13Km de ambas as vias, agora passa a ser pesquisada em um trecho médio de 1,5Km entre duas estações.



Linha 4 - Amarela

Figura 15 – Mapa da Linha 4-Amarela

Trazendo uma eficiência de 88% quando comparado ao trecho anterior da pesquisa de falha, o monitoramento ativo traz ainda benefícios nas demais atividades de manutenção, possibilitando melhor alocação de mão de obra, uma vez que a atividade de inspeção de via pode ser desonerada com a utilização da ferramenta.

A análise contínua de dados e a continuação da pesquisa no tema provoca um movimento que mantém a análise ativa dos dados com o intuito de detecção de comportamentos padrões das medições ao longo da via e com base em suas particularidades. Sendo que a detecção deste comportamento possibilita a análise preditiva ou com base em condições para detectar pontos em início de condição de baixa isolamento, de forma a atuar antes que os efeitos da fuga cheguem a danificar qualquer equipamento.

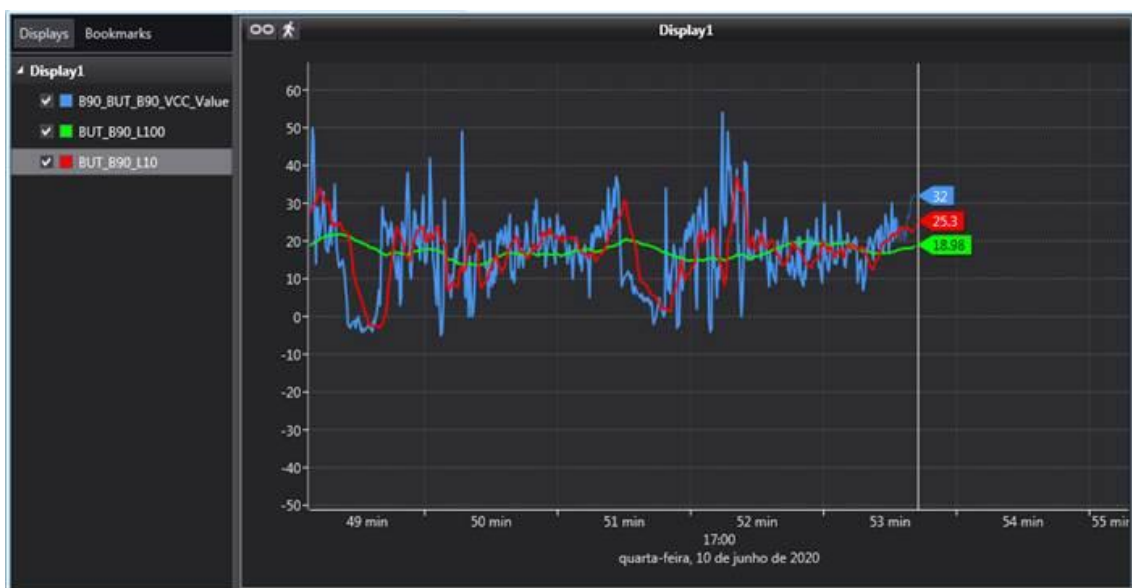


Figura 16 – Linearização dos valores para detecção de comportamento

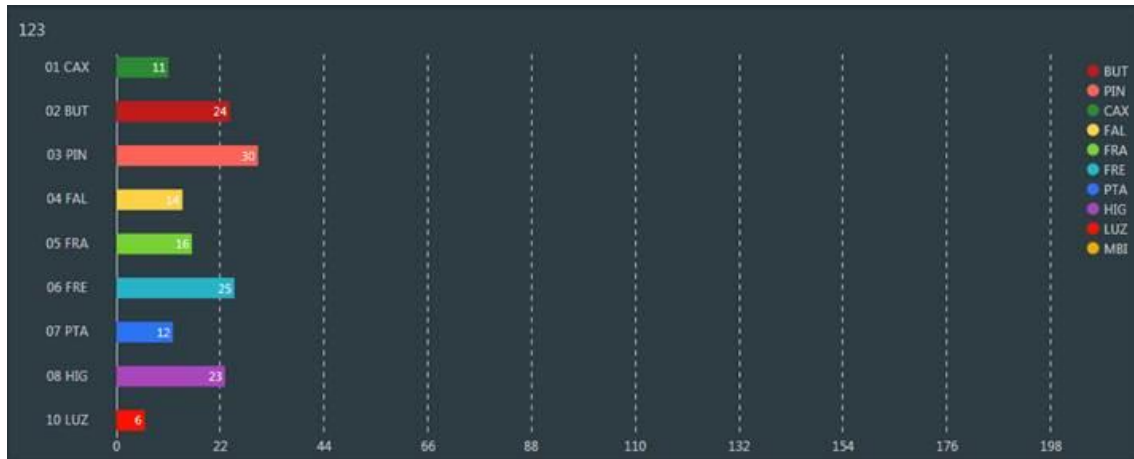


Figura 17 – Visualização de valores linearizados em gráfico de barras

CONCLUSÕES

Como foi descrito neste artigo, para a detecção de corrente de fuga, temos no ramo metroferroviário muitos eventos de falha difíceis de serem evitados e que exigem grande empenho das equipes de manutenção para a localização e posterior atuação para normalização.

Atrelando o esforço de pesquisa e novas tecnologias ao conhecimento de especialistas da área, é possível aplicar informações já disponíveis no sistema para o aumento de eficiência nas atividades das equipes de manutenção.

Neste trabalho utilizamos novos sensores e softwares para analisar informações existentes e que não eram anteriormente relacionadas a evento de corrente de fuga. Analisando somente a área de pesquisa do ponto de baixa isolamento conseguimos mensurar um ganho de eficiência em torno de 88%.

26ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
7º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS



Quando olhamos o legado deixado e o ganho com a disponibilização das informações, abrimos caminho para o aprofundamento da pesquisa e um novo direcionamento, passando de uma detecção passiva para uma detecção ativa e abrindo horizonte para uma detecção preditiva.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1]. Eletrificação de ferrovias. Disponível em:

<<https://www.eletricaparatodos.com.br/eletrificacao-de-trens>> .

[2]. Figura de fuga de corrente. Disponível em: <http://sulgas.usuarios.rdc.puc-rio.br/Prot_Catodica_Parte5.pdf>

[3]. Almeida, Neusvaldo L. Correntes de Interferência: Novidades, Problemas e Soluções.

Disponível em:

<http://www.abraco.org.br/src/uploads/dlm_uploads/2018/01/Neusvaldo-Almeida-Interferencia-em-corrente-alternada-e-corrente-contnua_Novidades-problemas-e-solues.pdf>