



30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

CATEGORIA 3

MONITORAMENTO DOS SISTEMAS FERROVIÁRIOS UTILIZANDO OS RECURSOS EMBARCADOS DO TREM

AUTOR

Rodrigo Lavorato Lima, técnico de manutenção, projetos e obras na Companhia Paulista de Trens Metropolitanos. Engenheiro Elétrico, Tecnólogo em Eletrônica e Sistemas Elétricos, e atualmente Bacharelado em Ciências de Dados.

INTRODUÇÃO

A Companhia Paulista de Trens Metropolitanos é uma referência entre as operadoras de mobilidade urbana na América Latina. A CPTM tem hoje 196 Km de linhas e 57 estações operacionais, atende 18 municípios e se apresenta como a melhor alternativa para atenuar o problema da mobilidade na Região Metropolitana de São Paulo, promovendo constantemente obras de melhoria e modernização do sistema ferroviário por ela administrado (Portal CPTM, 2024).

Entre os objetivos estratégicos da empresa está “elevar a eficiência operacional e a gestão dos ativos da CPTM, visando melhorar a experiência e a jornada do cliente”. Tendo em vista a importância da companhia e o impacto que sua operação causa no deslocamento médio de 1,9 milhões de pessoas em dias úteis, a garantia de uma operação segura que preserve os passageiros, os operadores e os ativos como um todo se tornam primordiais (Portal CPTM, 2024).

Em uma estrutura tão complexa como a que compõe a operação da CPTM, o monitoramento de ativos vem se tornando cada vez mais importante



30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

para muitos gestores por conta de seus inúmeros benefícios para os processos dentro da Companhia.

O monitoramento de ativos é um processo que possibilita a coleta de dados em tempo real, sobre as condições em que os seus ativos se encontram, de forma precisa e inteligente. Para o funcionamento adequado dos ativos e o aprimoramento dos resultados, a gestão de ativos é a atividade coordenada de uma organização para obter valor a partir dos ativos, o que envolve um equilíbrio entre custos, riscos e desempenho (Zampolli , 2021).

Na prática, o monitoramento de ativos é o controle do seu processo, que ocorre com o objetivo de comunicar de forma contínua e remota qualquer ação fora do comum que possa ocorrer durante toda a sua operação industrial (Zampolli, 2021).

Com este conceito fixado, o mapeamento dos sistemas que interagem com os trens utilizando os próprios dispositivos embarcados surge como uma alternativa importante para realizar o monitoramento dos sistemas que interagem com o material rodante.

Tendo isso em vista, as equipes de engenharia e manutenção desenvolvem atividades de forma a garantir a confiabilidade do sistema. Neste contexto, o departamento do Material Rodante – DORE desenvolveu um trabalho para realizar a análise dos parâmetros de energia, sinalização e via permanente utilizando as ferramentas embarcadas nos trens da série 8500 durante a operação comercial nas linhas da CPTM.



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

DIAGNÓSTICO

O trabalho buscou elaborar um estudo de parâmetros externos ao trem baseado no monitoramento dos ativos envolvidos na operação do trem. Para isso, foram utilizados trens da série 8500 da Companhia Paulista de Trens Metropolitanos – CPTM, pois esta frota permite maior flexibilidade para monitoramento e registro das variáveis desejadas. Este estudo permitiu mapear os locais que podem apresentar mudanças nos níveis de alimentação da catenária que não atenda aos parâmetros de qualidade de energia para uma operação segura e confiável.

A Figura 1 apresenta a topologia dos dados monitorados, demonstrando os recursos de manutenção e a origem de cada sinal coletado.

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

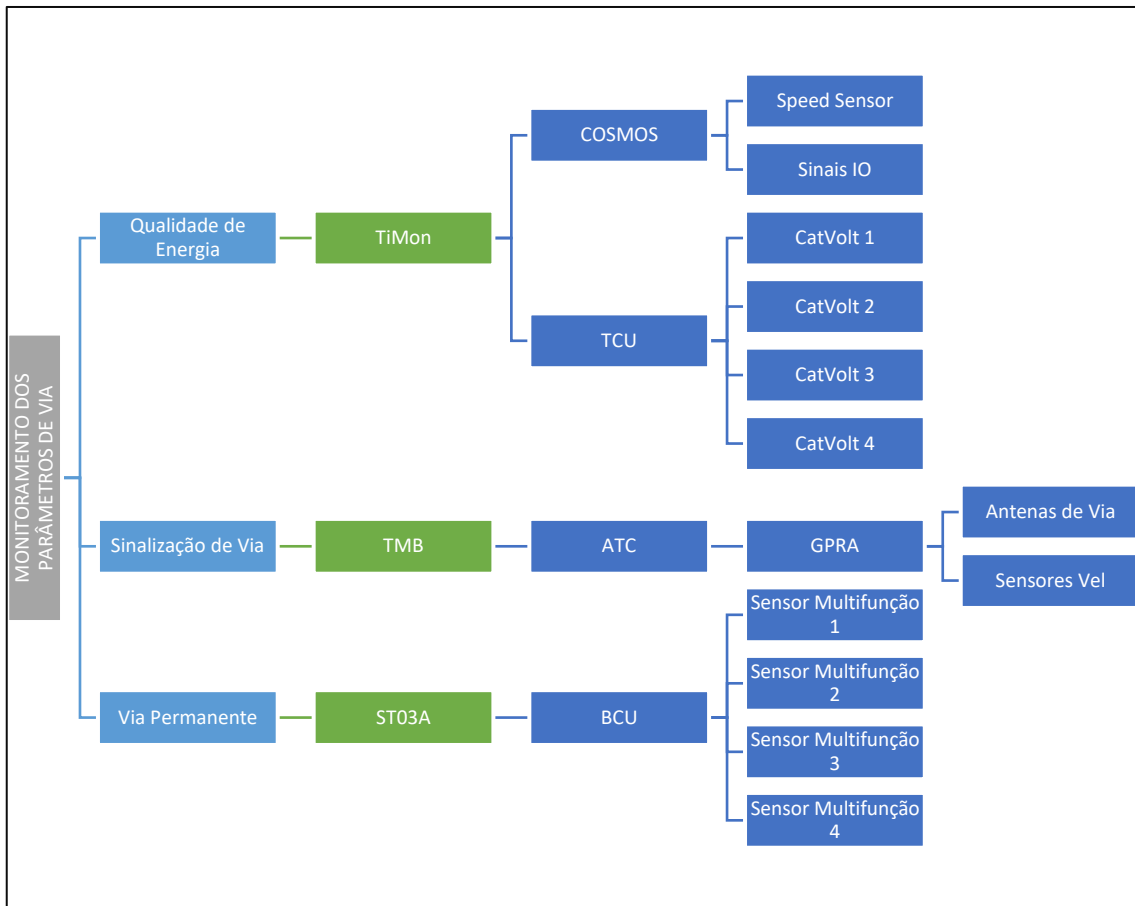


Figura 1: Síntese da Topologia da Rede de Monitoramento.

QUALIDADE DE ENERGIA

Para avaliação da qualidade de energia das subestações de tração foi necessário realizar o acompanhamento operacional de um trem conectado à rede de dados por meio do aplicativo de manutenção TiMon. Com isso, foi possível fazer a aquisição dos parâmetros de tensão e corrente das unidades de controle de tração, e os dados de velocidade registrados no PLC. Além disso, foram coletados dados de operação proveniente dos módulos de entradas e saídas para melhor compreensão das condições operacionais no momento.



30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

SINALIZAÇÃO DE VIA

O monitoramento do sinal de via utiliza os registros de eventos extraídos do dispositivo de interface e armazenamento de dados do ATC, o MCL. Como pré-requisito é necessário que o sistema de sinalização de bordo esteja operando em “Modo Mapeamento” pois assim a publicação dos registros é mais regular. Para ativação desta função foi necessário um pen-drive com o arquivo de configuração em sua raiz para alterar o método de publicação dos eventos. Não há a necessidade de uma programação específica para realizar esta atividade no trem, podendo ser realizada durante os processos de manutenção preventiva, por exemplo. Desta forma, é possível coletar os dados processados pelo GPRA, como velocidade real, velocidade objetivo, corrente de via e métodos de descarte do sinal de via.

VIA PERMANENTE

Para monitorar os parâmetros de vibração da via permanente foi utilizado os sinais de leitura dos sensores multifunção da unidade de controle de freio instalados nas pontas de eixo dos truques. Entre os componentes instalados no encapsulamento destes dispositivos, há um sensor acelerômetro que tem por função ler o deslocamento vertical do eixo para que o sistema monitore eventos de descarrilamento. Para a aquisição destes dados, houve a necessidade de acompanhar o trem em operação comercial conectado à BCU por meio do aplicativo de manutenção ST03A.

MODELAGEM DE DADOS

Para o processo de modelagem, utilizaram-se como base os arquivos gerados no processo de aquisição e/ou monitoramento mencionados anteriormente. Os dados obtidos foram gerados no formato *.csv.



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

Com os dados em mãos aplicou-se a modelagem utilizando as ferramentas acima citadas. A modelagem dos dados pode ser dividida em duas etapas: a realizada pelo script em Python e em seguida feita dentro do ambiente do Power BI.

Na primeira etapa, utilizando um script em Python, foi feito o refinamento inicial dos dados. Foram aplicados métodos para modelar os dados de forma a atender as medidas definidas pelo Sistema Internacional e condensar os sinais por modelos matemáticos que buscaram reduzir a quantidade de variáveis. Na sequência, os dados são segmentados por viagem acompanhada e destinados à pasta de trabalho. A Figura 2 traz um trecho script onde os dados são tratados.

```
Importando as bibliotecas e os arquivos de trabalho

#Importando a biblioteca
import pandas as pd

#Determinando o nome do arquivo que será importado
arquivo = str(input('Digite o nome do arquivo que sera importado: '))

#Importando o arquivo e direcionando ";" como delimitador
dataset = pd.DataFrame(pd.read_csv(arquivo + ".csv", delimiter=';'))

Python
```

Figura 2: Trecho de Importação de Dados do Script Python.

Na segunda fase, os dados foram importados para o Power BI, em que, na aba de “Transformar Dados”, por meio da Linguagem M é feita a modelagem fina, local onde é dada a “tipagem” correta para cada dado e ordenado de forma a estabelecer um padrão nos diferentes arquivos trabalhados. Na Figura 3 é exibida a tela de transformação de dados onde foi feita a modelagem final do conteúdo.

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

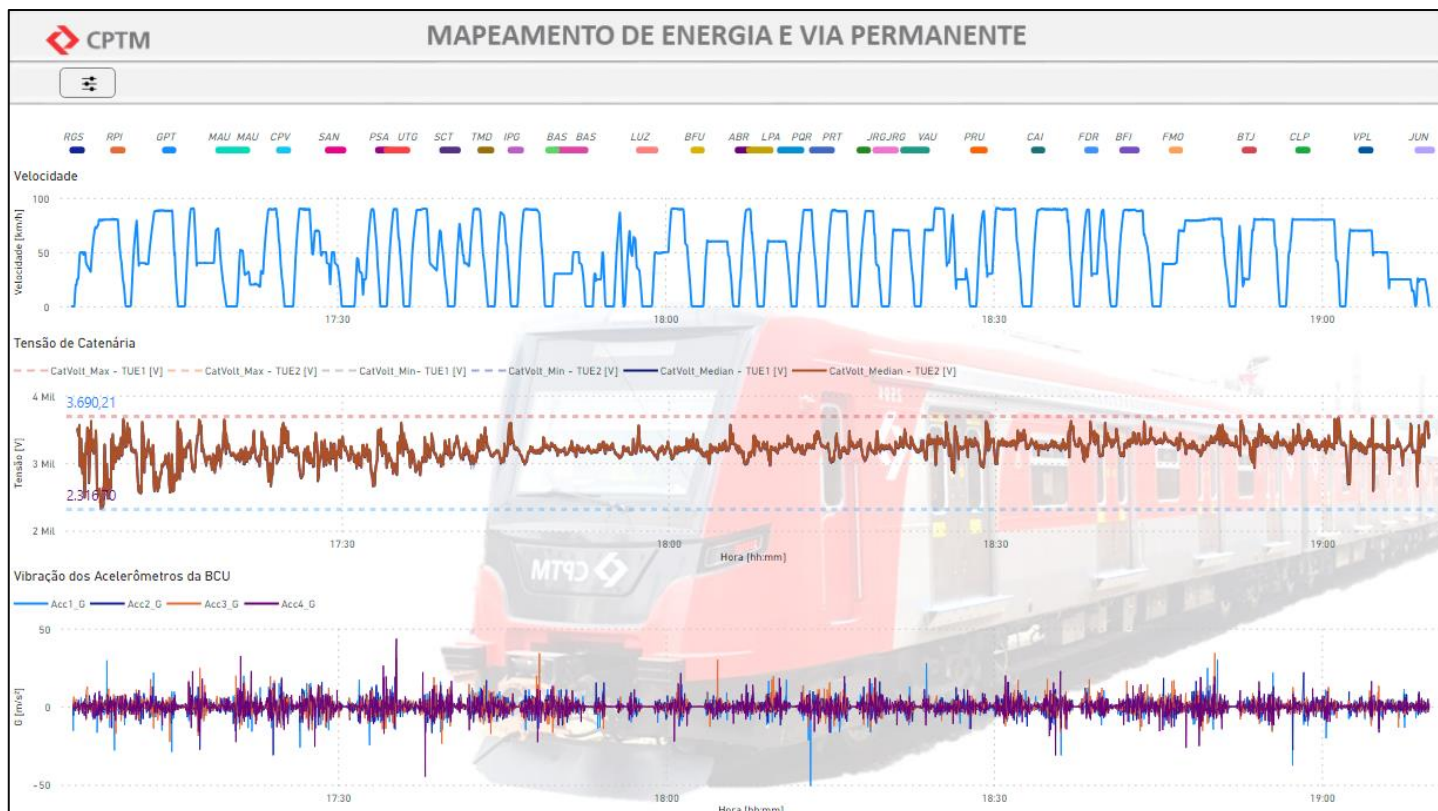


Figura 4: Aba de Resumo dos Dados.

Já as Figuras 5 e 6 trazem os mesmos dados, porém em relatórios diferentes e de forma mais detalhada, uma vez que trazem de uma forma mais clara a leitura de cada um dos sinais envolvidos. Além disso, na Análise de Qualidade de Energia contida na Figura 5, há outros detalhes como a corrente de consumo do trem e os dados de operação.

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

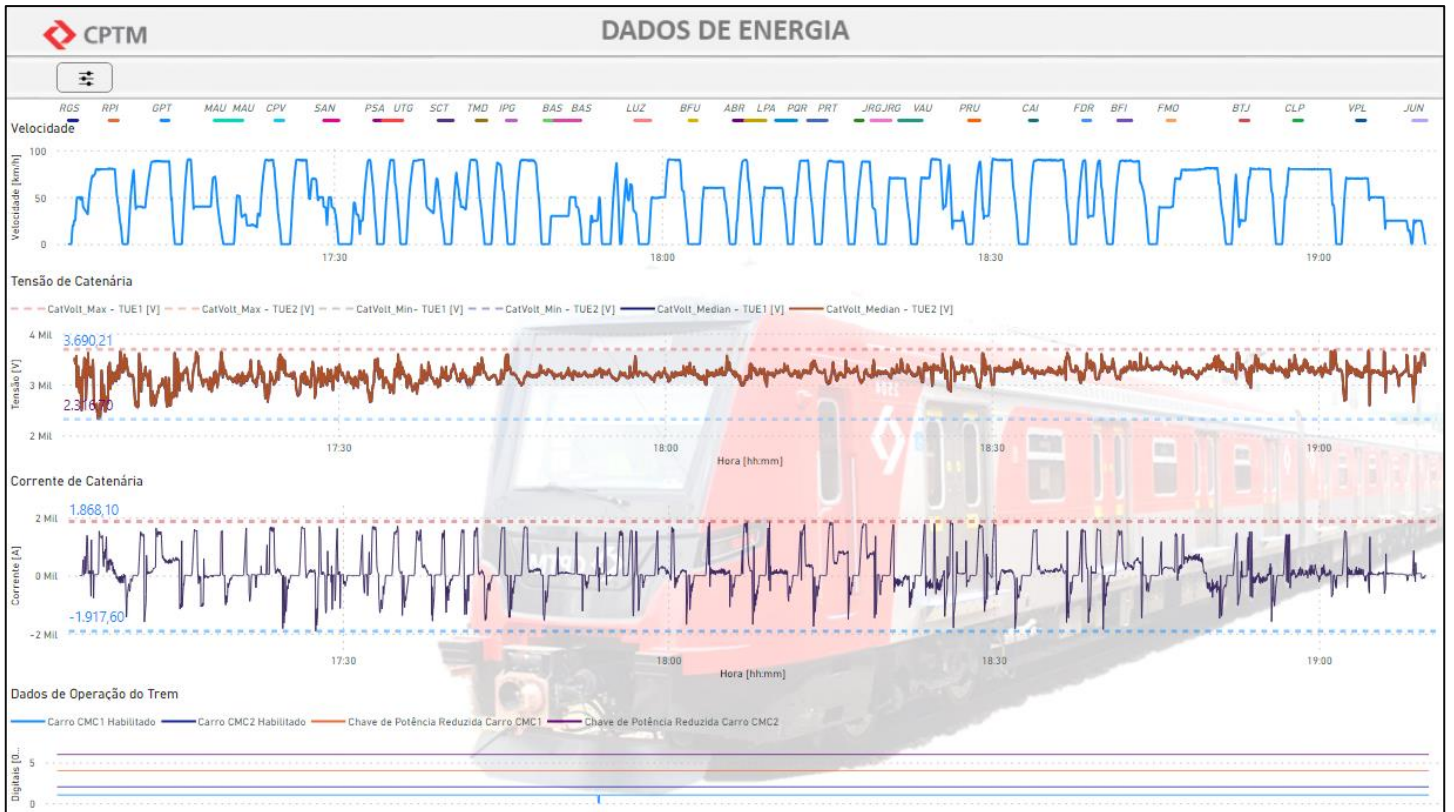


Figura 5: Aba de Resumo dos Dados de Energia.

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

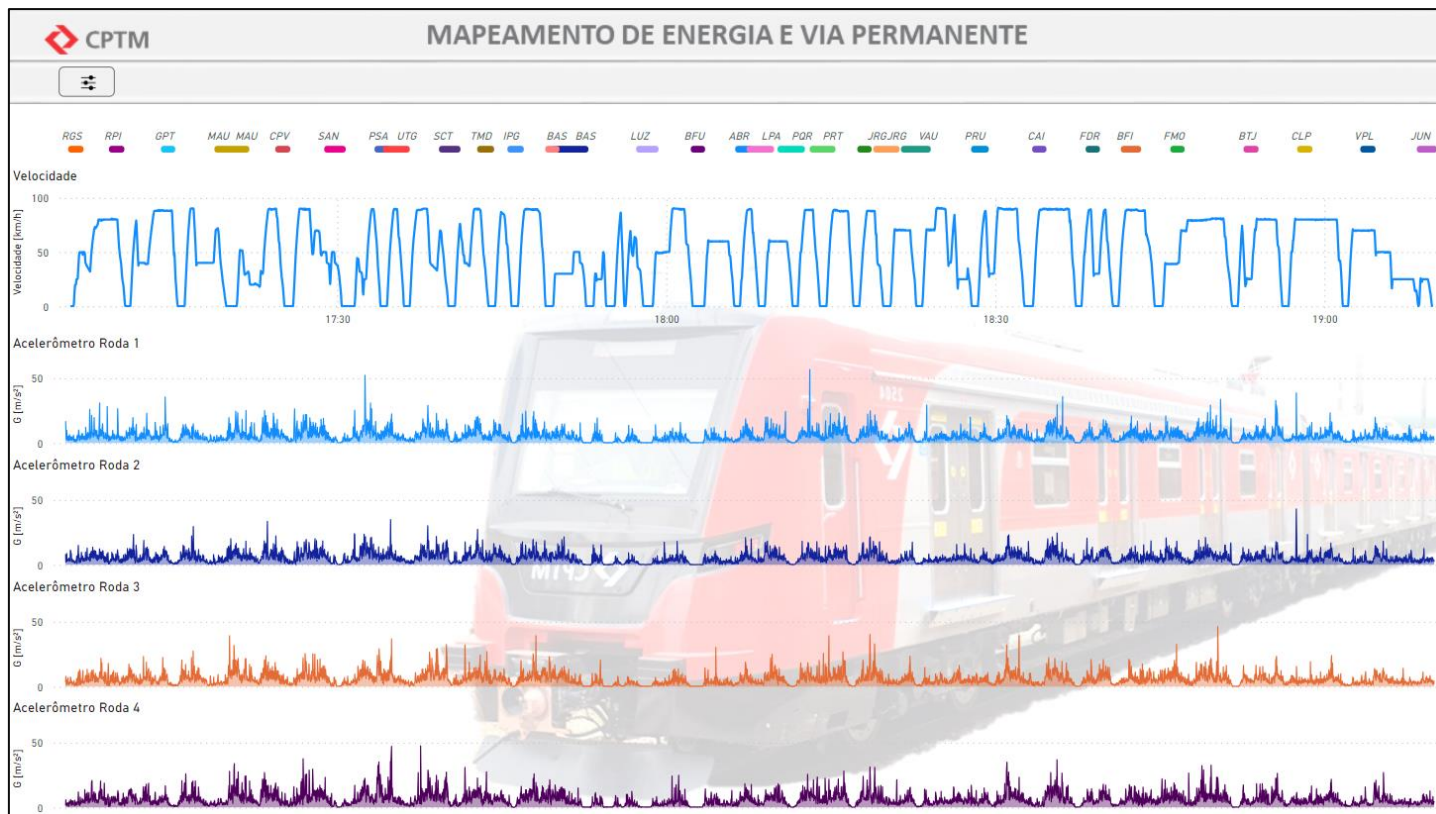


Figura 6: Aba de Dados de Vibração.

A Figura 7 refere-se ao monitoramento dos dados de via, trazendo informações sobre a posição relativa do trem, dados de velocidade objetivo e velocidade real, além dos perfis da corrente de via. Por fim, são expostos os dados de descarte do sinal de via, ou seja, o registro do motivo pelo qual o trem deixou de codificar a informação enviada pelo campo.

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

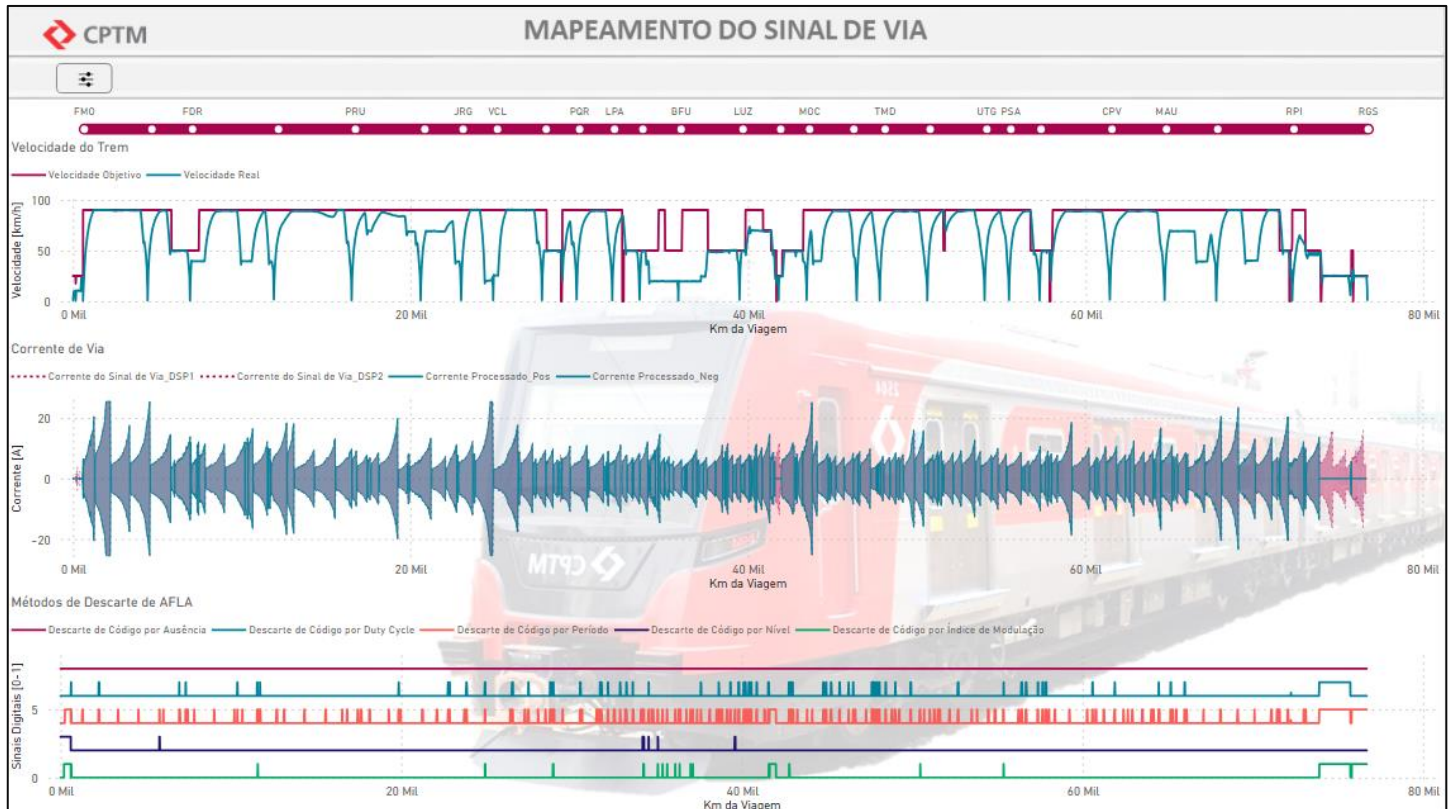


Figura 7: Aba de Dados de Viagem do Mapeamento do Sinal de Via.

Como exemplo prático, será utilizada a Figura 8 para analisar a qualidade de energia fornecida ao trem nesta viagem. As oscilações de tensão são consideradas normais, uma vez que haverá uma queda no nível enquanto o trem estiver em processo de tração - pois demandará maior consumo de energia -, e haverá uma elevação de tensão nos processos de frenagem em decorrência do efeito de regeneração de energia.

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

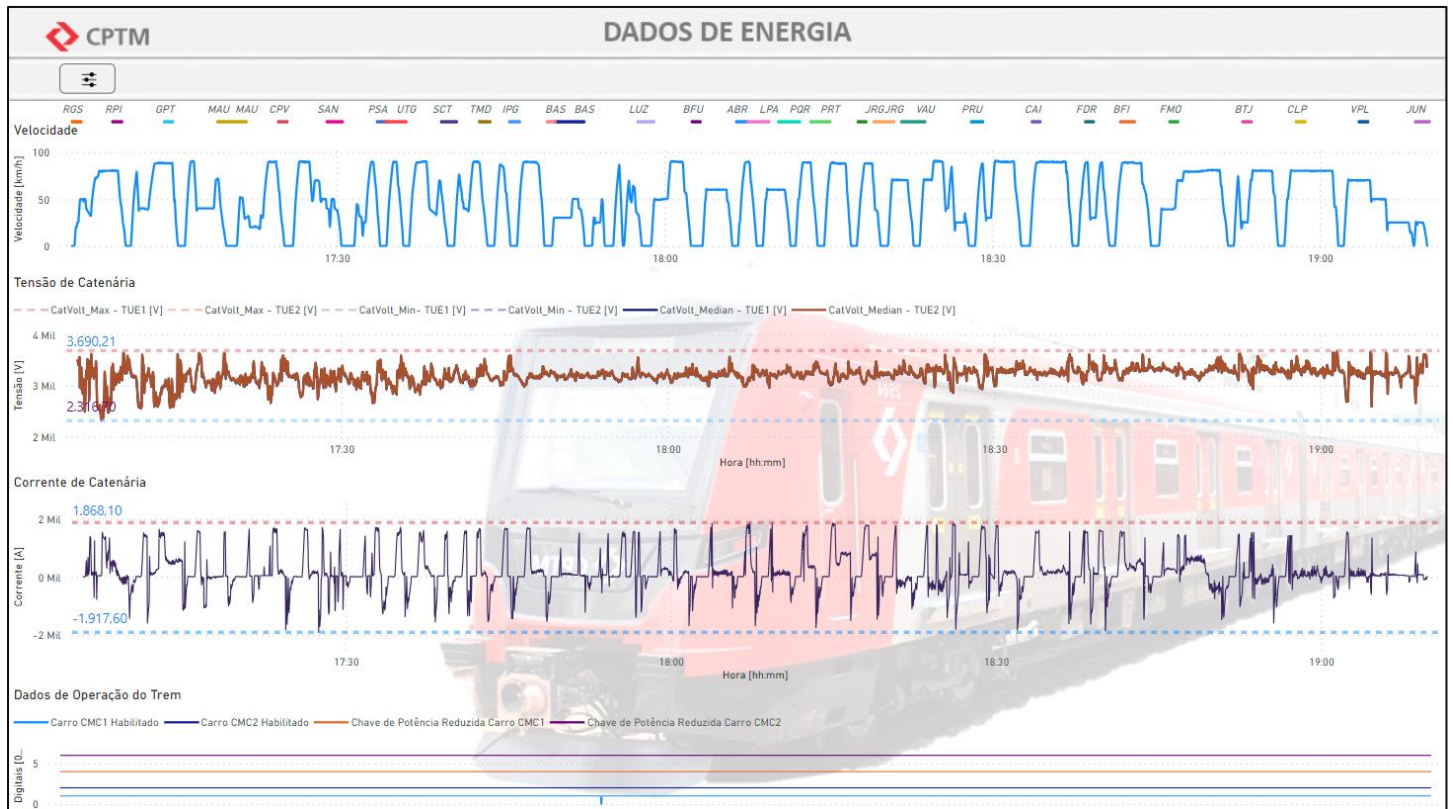


Figura 8: Resumo dos Dados de Energia.

Entretanto, a variação observada no começo da viagem e destacada na Figura 9 pode ser considerada problemática, uma vez que a oscilação ocorre de maneira muito abrupta, apontando uma possível deficiência no fornecimento de energia nessa região indo contra os conceitos estabelecidos em qualidade de energia no que se refere à estabilidade e consistência no fornecimento elétrico em relação aos níveis pré-estabelecidos de operação ($V_{NOMINAL} = 3KV_{cc} \pm 900V_{cc}$) (Oliveira, 2021).

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

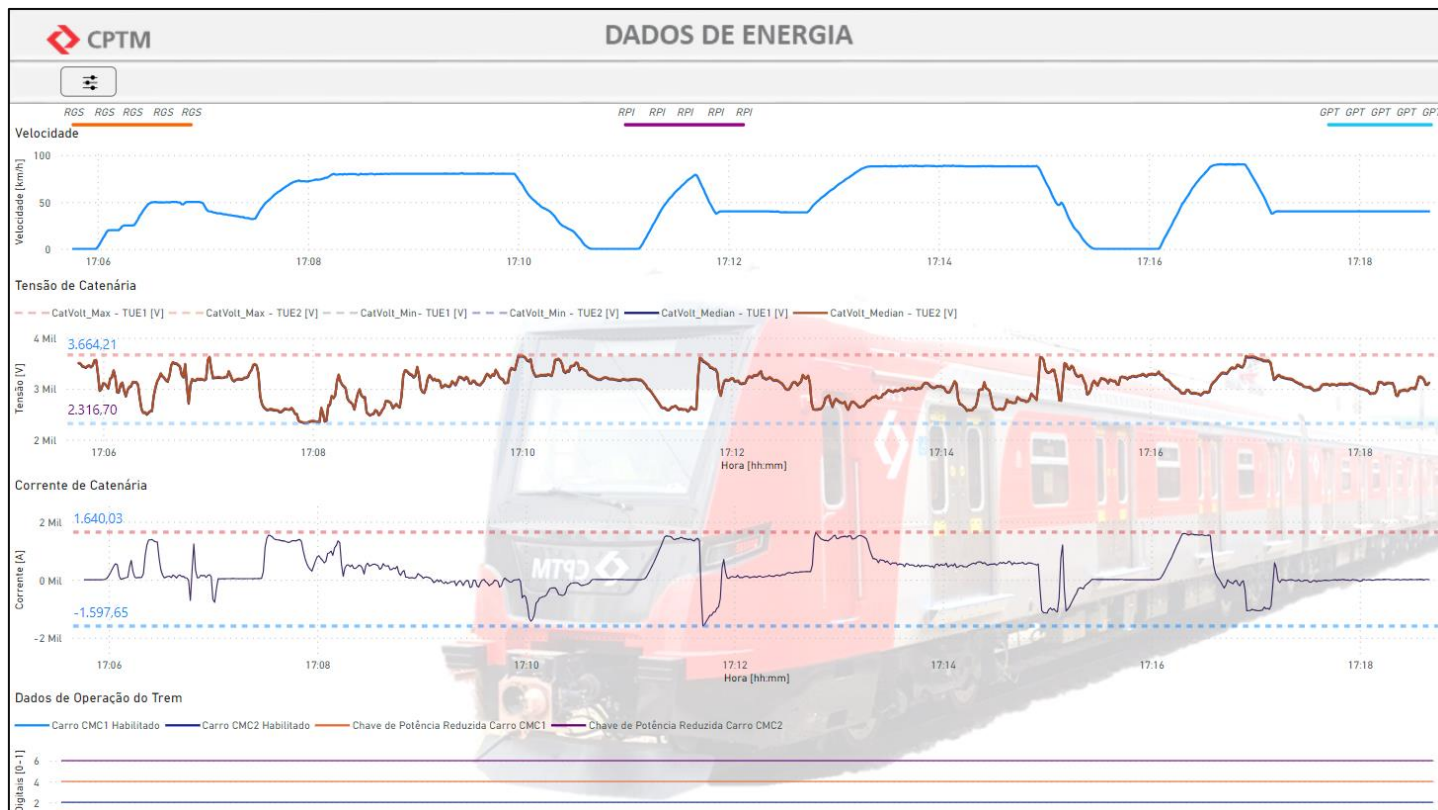


Figura 9: Resumo dos Dados de Energia

Efeitos como o apresentado na Figura 9 podem resultar na ativação de falhas nos equipamentos de tração elétrica e conversor estático dos trens, uma vez que o sistema não está preparado para absorver um afundamento de tensão tão repentino, provocando assim um colapso de corrente nos transformadores dos equipamentos em função do efeito de conservação de energia.

CONCLUSÕES

A possibilidade de se utilizar os equipamentos embarcados do trem para realizar o monitoramento dos ativos e assim realizar estudos como a qualidade de energia se mostrou muito promissora dentro do contexto tecnológico atual. Tal ação se torna um pontapé inicial para o desenvolvimento de uma rotina de manutenção



30ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

11º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

preditiva entre diversas áreas da companhia, utilizando o trem como aquisitor dos dados.

Este trabalho foi importante para monitorar as diversas variações às quais os trens estão expostos. Com isto, foi possível identificar pontos críticos no sistema de energia e sinalização que demandam atenção e que podem representar uma melhoria na dinâmica de trabalho e operação da companhia.

É importante salientar que tais dados não se restringem apenas para definir rotinas de manutenção à equipe de manutenção do material rodante ao qual o departamento DORE pertence. Estas informações poderão ser utilizadas para reavaliar estratégias operacionais e traçar possíveis melhorias no sistema de energia da companhia.

Entretanto há alguns desafios pela frente, como o de desenvolver um dispositivo para realizar a coleta desses dados de forma remota e assim alimentar um banco de dados. Isto irá permitir um monitoramento contínuo de alguns parâmetros do trem e que são fundamentais para o bom funcionamento do sistema como um todo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

MICROSOFT. **AI Skills Challenge**. Portal Documentação Microsoft Power BI, 2024. Disponível em: <<https://learn.microsoft.com/pt-br/power-bi/>>. Acesso em: 16 jul, 2024;

OLIVEIRA, Aline Soares de; ARAÚJO, Francisco José Costa. **Análise da Qualidade da Energia Elétrica no Brasil**. Apresentado no Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agricultura, Pernambuco, 2021. Disponível em: <<https://www.confeca.org.br/midias/uploads->



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

imce/Contecc2021/Eletricista/AN%C3%81LISE%20DA%20QUALIDADE%20DA%20ENERGIA%20EL%C3%89TRICA%20NO%20BRASIL.pdf.>. Acesso em: 12 jul, 2024;

PORTAL CPTM. **A Companhia**. Disponível em: <<https://www.cptm.sp.gov.br/a-companhia/Pages/a-companhia.aspx>>. Acesso em: 22 jul, 2024;

ZAMPOLLI, Marisa. **Gestão de Ativos: Guia Para Aplicação da Norma ABNT NBR ISO 55001**. International Copper Association Latin America, 2021. Disponível em: < <https://ab cobre.org.br/wp-content/uploads/2021/04/gestao-de-ativos-guia-para-aplicacao-da-norma-abnt-nbr-iso-55001.pdf>>. Acesso em: 15 jul, 2024.