

A IMPORTÂNCIA DA ENGENHARIA DE MANUTENÇÃO ELETROELETRÔNICA NA SEGURANÇA OPERACIONAL FERROVIÁRIA - THE IMPORTANCE OF ELECTRO-ELECTRONIC MAINTENANCE ENGINEERING IN RAILWAY OPERATIONAL SAFETY

Autor: Leonardo Tannus Rotatori

RESUMO

A operação ferroviária foi implementada no Brasil no ano de 1854, um marco histórico, com o passar dos anos se tornou uma potência no que diz respeito à entrega de alimentos/cargas gerais/peças de forma rápida, segura e eficiente. Quando se trata de ferrovias que cruzam cidades, que englobam a população em geral, deve-se ter uma segurança confiável para proteger e evitar a ocorrência de acidentes e incidentes. A Engenharia de Manutenção Eletroeletrônica se torna crucial para esse objetivo, visando entregar uma segurança na circulação de trens, dando suporte com ativos necessários para o andamento do processo e tudo isso com 3 pilares principais: confiabilidade, segurança e custo. Se trata de um sistema estratégico de manutenção dos equipamentos eletroeletrônicos de Sinalização, Telecomunicações, alimentação e distribuição de energia, sistemas de controle de Bordo e Equipamentos de monitoramento (Waysides).

Palavras-chave: Confiabilidade, Segurança, custo, Manutenção, operação ferroviária, estratégica.

ABSTRACT

Railway operations were implemented in Brazil in 1854, a historic milestone, over the years it has become a powerhouse when it comes to delivering food/general cargo/parts quickly, safely and efficiently. When it comes to railways that cross cities, which include the general population, reliable security must be in place to protect and prevent accidents and incidents from occurring. Electronic Maintenance Engineering becomes crucial to this objective, aiming to deliver safety in the circulation of trains, providing support with assets necessary for the progress of the process and all this with 3 main pillars: reliability, safety and cost. It is a strategic maintenance system for electrical and electronic equipment for Signaling, Telecommunications, power supply and distribution, Onboard control systems and Monitoring equipment (Waysides).

Keywords: Reliability, Safety, cost, Maintenance, railway operation, strategic.

1- Introdução

A história das ferrovias no Brasil teve seu início em 30 de abril de 1854, quando o primeiro trecho de linha, a Estrada de Ferro Petrópolis, foi inaugurado por D. Pedro II, conectando Porto Mauá à Fragoso, no Rio de Janeiro, com uma extensão de 14 km. No entanto, a chegada da ferrovia à Petrópolis, atravessando a Serra do Mar, só aconteceu em 1886.

Em São João del Rei (MG), o Museu Ferroviário preserva a memória da antiga Estrada de Ferro Oeste de Minas, estabelecida em 1872. Esta ferrovia ligava a cidade de Sítio (agora Antônio Carlos) à Estrada de Ferro D. Pedro II (mais tarde conhecida como Central do Brasil), seguindo então para São João del Rei. Com concessões adicionais, a ferrovia Oeste de Minas foi expandida para outras cidades e ramais, totalizando 684 km em 1894, sendo reconhecida como a primeira ferrovia brasileira de pequena escala.

A implantação de estradas de ferro no Brasil enfrentou diversos desafios e dificuldades. Para atrair investidores, o governo adotou um sistema de concessões que se tornou característico da política de infraestrutura do período imperial. Entre o final do século XIX e o início do século XX, os recursos, principalmente de investidores britânicos, impulsionaram a construção das linhas férreas.

Além de facilitar a entrada de capital estrangeiro, a expansão das ferrovias tinha como objetivo estimular a economia voltada para a exportação. Inicialmente, as linhas ferroviárias conectavam os centros de produção agrícola e mineral aos portos, seja diretamente ou superando obstáculos à navegação fluvial. Vários planos de expansão foram elaborados na tentativa de integrar a malha ferroviária e coordenar a construção de novos trechos. No entanto, nenhum deles teve sucesso devido à política de concessões estabelecida pelo governo brasileiro. Em síntese, a trajetória das ferrovias no Brasil espelha os obstáculos e as vantagens enfrentadas por uma nação em transformação. Desde os primeiros passos das linhas férreas até o ressurgimento das ferrovias no século atual, elas mantêm uma relevância fundamental na economia e na vida em sociedade do Brasil, unindo áreas geográficas, fomentando o comércio e influenciando o progresso do país.

O tema do trabalho também relaciona a Engenharia de Manutenção, que é uma gerência geral da empresa citada, uma gerência de suma importância para a companhia. Seu referencial estratégico se baseia em 4 pilares:

Crença: As melhores soluções de gestão de ativos passam pela Engenharia da Manutenção. O conhecimento aplicado ao negócio é essencial para a excelência.

Propósito: Conectar o conhecimento à transformação, trazendo soluções sustentáveis de Engenharia.

Aspiração: Ser referência mundial em práticas de Engenharia de manutenção e gestão de ativos.

Princípios: Cultura de Segurança, inovação/criatividade, responsabilidade, colaboração, superação, integridade, sustentabilidade, produtividade.

Indo um pouco mais a fundo e chegando no ponto principal do nosso trabalho, a estratégia de eletroeletrônica, que garante a segurança ferroviária operacional com seus ativos, princípios e estratégias. A missão da EE é “Promover através do conhecimento uma estratégia de manutenção que garanta a disponibilidade dos ativos e instalações eletroeletrônicas focado na operação ferroviária, com confiabilidade e segurança fomentando a criatividade e inovação com custos adequados.”

Trabalha-se com 6 principais disciplinas na EE: Sinalização, Energia, Telecomunicações, Equipamentos de Apoio Operacional (waysides) e o sistema CBTC.

2- Sinalização

Os sistemas da Eletroeletrônica são bem aparentes e segmentados, dando cada setor a sua devida análise e atenção. Os tópicos abaixo serão subdivididos em 6 para embasar todo o contexto do trabalho. Os temas serão abordados os itens principais, mostrando a importância para a segurança.

2.1. O Transporte Ferroviário

O transporte ferroviário é com certeza o meio de transporte mais seguro, eficiente e barato dos tempos atuais e vem se aprimorando e evoluindo desde a revolução industrial.

Desde que George Stephenson construiu a primeira locomotiva em 1814, constantes transformações e aperfeiçoamentos proporcionou chegar-se ao fim do século 20 com máquinas verdadeiramente fantásticas cada vez mais potentes e velozes. Tal evolução permitiu que a necessidade de transporte de um volume maior de cargas sempre seja cumprida, mas para isto tornou-se necessário um número cada vez maior de trens circulando e conseqüentemente, o controle desta circulação, torna-se extremamente complexo exigindo tecnologias cada vez mais avançadas.

2.1.1 Conceitos da Circulação de Trens

Durante a circulação dos trens as ordens são emitidas pelo órgão central que comanda o movimento no trecho, determinando, por exemplo, o prosseguimento de um trem. Estas instruções são transmitidas aos operadores de trens, podendo o seu controle ser efetuado por qualquer um dos métodos de licenciamento existente. Ao conjunto de normas utilizadas, para que um determinado trem possa percorrer um determinado trecho, é denominado de LICENCIAMENTO. A autorização dada ao operador de trens, direta ou indiretamente, denomina-se LICENÇA. Esta pode efetivar-se através de um bastão, de uma ordem escrita, de um comando de voz ou através de sinais.

É importante ressaltar que a segurança na circulação baseia-se em dois princípios:

- 1) Exata aplicação das normas sobre a circulação dos trens;
- 2) Cumprimento rigoroso destas normas pelo pessoal envolvido no movimento de trens.

2.2 Sinalização por Sinaleiros

A segurança foi indubitavelmente o propósito original para o qual os sinaleiros foram instalados e os princípios fundamentais da sinalização ferroviária centrados.

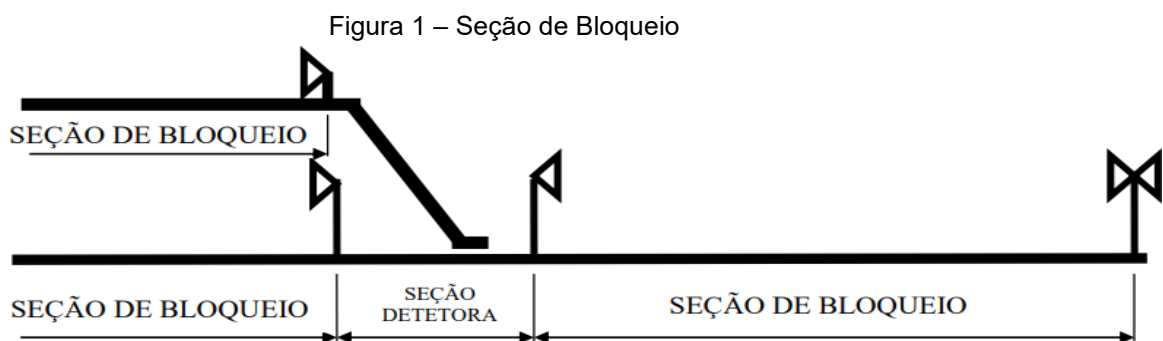
Porém, nas aplicações atuais, não é possível separar os princípios relacionados à segurança, daqueles pertencentes às facilidades introduzidas para agilização da circulação de trens e o conseqüente aumento da eficiência

da ferrovia. Assim sendo, a utilização da via permanente, do material rodante e das pessoas responsáveis pela circulação de trens pode ser melhorada, permitindo a circulação de um número maior de trens com regularidade, segurança e economia.

Os sistemas de sinalização dividem-se basicamente em duas partes: Centro de Controle e Campo. O conceito de licenciamento por sinaleiros constitui o Sistema de Bloqueio Automático (SBA). Neste sistema, o licenciamento dos trens é feito automaticamente pelos equipamentos de sinalização que ficam encarregados de verificar a segurança na movimentação ao longo da ferrovia. No SBA a ferrovia é dividida em regiões que poderão conter apenas um trem em um determinado instante. Estas regiões são delimitadas por sinaleiros que irão controlar a entrada dos trens nestas regiões. Elas são chamadas de blocos (seção de bloqueio) e os sinaleiros que governam a entrada dos trens nestas são chamados de sinaleiros de bloqueio. Um bloco pode conter um ou mais circuitos de via.

2.3 Seção de Bloqueio

Trecho de linha com limites bem definidos, cuja utilização por trens é governada por um ou mais sistemas de licenciamento. Na figura 1 temos a representação de uma seção de bloqueio.



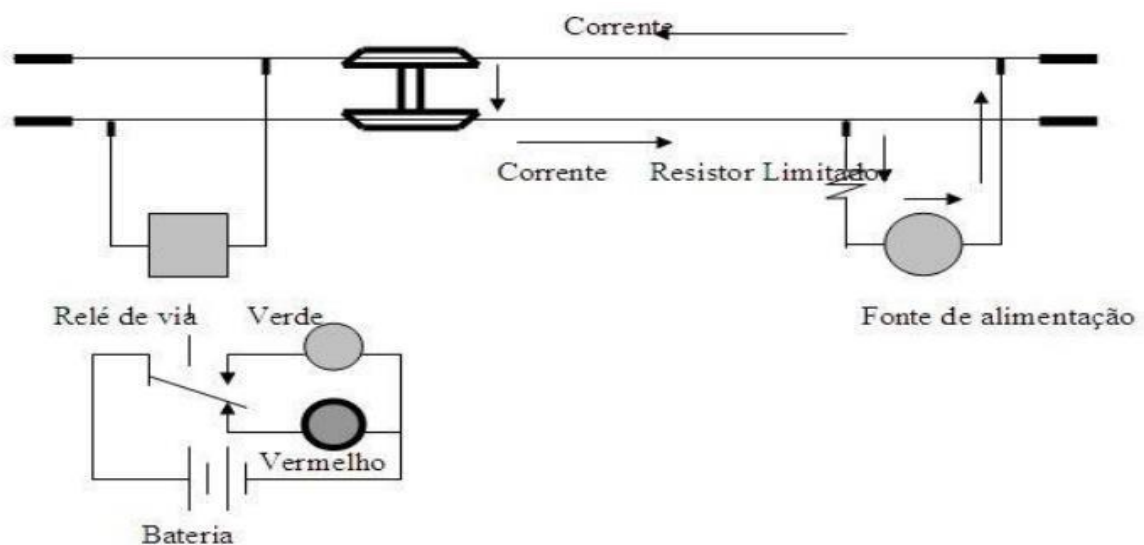
Fonte: Apostila de Eletroeletrônica – sistema ferroviário (Sinalização)

2.4 Circuito de Via

O conceito que será explicado é um dos mais importantes para o sistema de Sinalização, que fornece uma segurança e integridade do trem.

O circuito de via é um circuito elétrico que tem os trilhos da ferrovia como condutores. É utilizado para detectar a presença do trem na via, a partir do curto-circuito provocado pelos rodeiros deste trem nos trilhos. Como os trilhos são os condutores elétricos entre a transmissão e a recepção do circuito de via, um trilho quebrado será imediatamente detectado quando interromper o circuito. Uma seção de bloqueio, dependendo da sua extensão, pode ter um ou mais circuitos de via. As principais funções do circuito de via são: Detectar a presença de um trem, detectar a presença de um auto de linha, veículo rodo ferroviário e também detectar trilho partido. Na figura 2 ilustra-se um trem passando com seu rodeiro, mostrando o fechamento do circuito e indicando a presença de um trem no circuito de via (CDV).

Figura 2 – CDV operando com a presença do rodeiro de um trem



Fonte: Apostila de Eletroeletrônica – sistema ferroviário (Sinalização)

2.5 Máquina de Chave

As Máquinas de Chave (MCH) são equipamentos que possibilitam comutar as chaves do Aparelho de Mudança de via (AMV) para normal ou reversa. O seu acionamento pode ser manual, através de uma fonte de energia ou pelo próprio

trem. O modelo de MCH mais utilizada é a elétrica. Na figura 3, mostra-se tal modelo.

Figura 3 – MCH elétrica



Fonte: Apostila de Eletroeletrônica – sistema ferroviário

2.6 Segurança nas Passagens de Nível

Nos cruzamentos rodoferroviários, duas importantes modalidades de transporte se superpõem. Conflitos gerados por pontos comuns de travessia representam potencialidades de perigo, cuja gravidade é documentada nas manchetes. Embora a frequência dos acidentes rodoferroviários seja bem menor que a dos outros tipos de acidentes viários, o índice de gravidade é mais elevado e os prejuízos com a perda de vidas, sofrimentos e danos materiais, são bem mais altos que nas outras categorias de acidentes, devido principalmente a desigualdade entre os veículos envolvidos na colisão.

Vários fatores provavelmente contribuem para elevar os índices dos acidentes rodoferroviários, como por exemplo: Imprudência dos motoristas, falta de visibilidade, proteção inadequada, operação insegura.

O último fator, operação insegura, diz respeito aos aspectos ferroviários. Os circuitos de via, que são os elementos responsáveis pela percepção de trens, muitas vezes, não detectam a presença dos veículos leves.

Como veículos leves, segundo o aspecto ferroviário, entenda-se aquele que pesa menos de 50 toneladas, ou seja, auto de linha, locomotivas leves, máquinas de serviços da via permanente, caminhões, veículos rodoferroviários

e outros. Assim, todo responsável pela condução destes veículos ao aproximar-se de uma passagem de nível, deve cercar-se de alguns cuidados básicos: Reduzir velocidade, apitar ou buzinar e observar se o tráfego rodoviário está bloqueado. Na figura 4, mostramos uma passagem em nível (PN).

Figura 4 – Passagem em nível



Fonte: Apostila de Eletroeletrônica – sistema ferroviário (Sinalização)

2.7 Conclusão dos conceitos de Sinalização

Portanto, citou-se os principais ativos e temas dentro da Sinalização Ferroviária. Viu-se que, são componentes de extrema importância para a segurança ferroviária, uma vez que a falta dos mesmos ocasionaria um acidente grave. A junção de todos esses itens, forma-se uma sinalização segura e podendo circular os trens da melhor maneira possível, sem riscos.

3 Telecomunicações

As comunicações entre os ativos de campo e um centro de controle, a troca de informações entre equipamentos, a chegada de informação na locomotiva, todos esses aspectos são vinculados ao sistema de Telecomunicações.

Telecom é a disciplina que compreende a arquitetura necessária para permitir integração entre o campo e um centro de controle da operação, através da transmissão de dados e voz. Têm-se duas linhas principais para entendimento, a rede de voz e a rede de Fibra Óptica.

3.1 Rede de Voz

Para o funcionamento de sistemas envolvendo telecomunicações, como a rede de voz, a utilização de radiofrequências da maneira correta e licenciadas é essencial. As radiofrequências (RF) são ondas eletromagnéticas (OEM) que são irradiadas através do meio físico, como o ar.

O intuito da rede de voz é permitir a comunicação entre um centro de controle da operação, um da manutenção, equipes de campo, segurança e demais colaboradores que necessitam do acesso via rádio de voz ao ambiente do trecho. A finalidade do sistema de voz é realizar o controle da circulação de trens, de manobras e de manutenções realizadas em trechos da via férrea. Com esse sistema citado, pode-se ter uma comunicação de longas distâncias.

Para que isso aconteça, a mensagem de voz é transmitida utilizando o rádio ICOM como interface e suas respectivas repetidoras, que em conjunto com a rede de fibra óptica (MPLS), alcançam os servidores da rede localizados no CPD (Centro de Processamento de Dados), todas estas comunicações são gravadas para permitir a análise em caso de situações de emergência. A figura 5 mostra figura do rádio ICOM.

Figura 5 – rádio ICOM



Fonte: Apostila de Eletroeletrônica – sistema ferroviário (Telecomunicações)

3.2 Rede de Fibra Óptica

Se tratando de transmissão de dados que são de suma importância, a fibra óptica é o meio que facilita e melhora a chegada de todas as informações, visto que a velocidade é prioridade para a atualização do status de ativos, equipamentos, sistemas no geral, entre outros.

As fibras ópticas são filamentos flexíveis fabricados em material transparente como fibras de vidro ou plástico e que são utilizadas como meio de propagação da luz. As fibras ópticas são geralmente muito finas, com

alguns micrômetros de espessura (10^{-6} m), mas podem ter vários quilômetros de comprimento. Fibras ópticas tem diversas aplicações, sendo a transmissão de dados, umas das mais comuns. Padrão construtivo da fibra óptica de uso em comunicações em ferrovias: cabo com 12 condutores ópticos monomodo. A infraestrutura que abriga os cabos de fibra óptica é em sua maioria subterrânea, com alguns pequenos trechos aéreos.

Aplicações de responsabilidade da Engenharia de Manutenção que utilizam a rede de fibra óptica: Sinalização ferroviária, automação de energia, sistema de comunicação por rádio de voz, HotBox e HotWheel (equipamentos de apoio operacional), balanças ferroviárias, link de rádio de dados, dentre outros. Os equipamentos de acesso e o sistema virtual de fibra óptica não são de responsabilidade da gestão da EE, são da tecnologia da informação (TI) da empresa específica. O sistema de alimentação de energia que é fornecido a essa rede é de responsabilidade da EE. As fontes de alimentação que estão distribuídas no campo são as responsáveis, garantindo energia ininterrupta e com redundância com baterias para garantir que todos esses equipamentos e essa rede fique acionada a maior parte do tempo. Suas principais vantagens são: Velocidade de transmissão, a maior parte dos cabos de fibra óptica usados no mundo são capazes de transmitir 40 Gbit/s (Gigabits por segundo), entretanto, atualmente existem tecnologias capazes de transferir até 1 Pbits/s (Petabits por segundo), resistência a interferências eletromagnéticas, os cabos de fibra óptica são feitos de materiais dielétricos, a propagação da luz no interior desses materiais não sofre interferência por ondas eletromagnéticas externas, baixa atenuação de sinal diferentemente dos cabos condutores, as fibras ópticas conseguem transmitir informações com pequenas perdas: cerca de 0,2 dB/Km (0,2 decibéis por Km – unidade de intensidade da energia carregada pela onda). Sua desvantagem principal é a fragilidade, os cabos de fibra óptica são sensíveis e podem se romper mais facilmente que os cabos de cobre, além disso, não são tão maleáveis quanto cabos metálicos. Na figura 6, mostra-se uma ilustração de um cabo de rede fibra óptica.

Figura 6 – cabo de rede Fibra Óptica



Fonte: Apostila de Eletroeletrônica – sistema ferroviário (Telecomunicações)

3.2 Conclusão dos conceitos de Telecomunicações

Portanto, mostrou-se os dois principais conceitos chaves de Telecom, enfatizando a importância do sistema para a chegada de informações para o maquinista, para o Centro de controle e para as comunicações entre equipamentos. Dito isso, a falta do mesmo, acarreta uma falta de comunicação, dificulta a visualização dos ativos e a passagem de informação, sendo então um sistema da Eletroeletrônica de suma importância para a segurança ferroviária.

4 Energia

O sistema de Energia tem como principal pilar o Sistema Auxiliar de Energia (SAE). A partir disso, têm-se algumas ramificações importantíssimas do processo, que são as subestações, as chaves seccionadoras e o SPDA e aterramento.

4.1 SAE

A principal função do SAE é fornecer energia elétrica para os equipamentos do sistema ferroviário instalados as margens da ferrovia, que são eles: sistemas de sinalização, monitoramento, controle e comunicação.

O sistema de alimentação das redes ferroviárias são bifásicos e isolados (não possuem o condutor neutro e não são aterrados). Esta característica é para que não haja interferências no sistema de sinalização ferroviária através da corrente de retorno que poderia ocorrer em um sistema de distribuição comum (aterrado). O sistema Auxiliar de Energia é subdividido em: entrada de energia (concessionária), subestações, rede de distribuição de energia e

pontos de alimentação (campo). Em linhas gerais, o sistema possui redundância que é garantida através de um GMG (Grupo Motor Gerador), em casos de falta de energia, o equipamento assume a carga e supre a demanda. Na figura 7 pode-se observar o sistema bifásico.

Figura 7 – SAE sistema bifásico



Fonte: Apostila de Eletroeletrônica – sistema ferroviário (Energia)

As cargas utilizadas ao longo da ferrovia são de baixa tensão – 110/220 Volts, porém para transmissão é mais utilizada a alta tensão – 13800 Volts, devido as longas distâncias. Os sistemas que necessitam do SAE são: sinais luminosos, cancelas, aparelhos de mudança de via (AMV), HotBox, HotWeel, Detectores de Descarrilamento, equipamentos do sistema CBTC e de telecomunicações, dentre outros.

4.2 Subestações

Uma subestação é uma instalação elétrica formada por um conjunto de equipamentos responsáveis pela transmissão e distribuição da energia elétrica, além de equipamentos de proteção e controle. A eletricidade percorre um sistema de transmissão que começa nas usinas e passa por estações, onde equipamentos chamados transformadores fazem o aumento ou a diminuição da tensão. Quando elevam a tensão elétrica, os transformadores evitam a perda excessiva de energia ao longo do percurso.

O Sistema Auxiliar de Energia (SAE), destina-se a alimentar os equipamentos de segurança de sinalização ferroviária, bem como os equipamentos de telecomunicações, através dos circuitos secundários de distribuição. Este sistema será composto por subestações instaladas ao longo da

linha férrea que proverão a energia elétrica para a rede de distribuição. Na figura 8 têm-se uma subestação com seus equipamentos.

Figura 8 - Subestação



Fonte: Apostila de Eletroeletrônica – sistema ferroviário (Energia)

Nas subestações, a energia da concessionária é baixada a tensão através do transformador, para ser trabalhada nestas subestações e em caso da falta dela, é acionado o grupo motor gerador (GMG), sistema redundante para que este alimente o sistema de energia. Em caso de falha total de uma subestação, é possível alimentar as cargas através de outra subestação de seus trechos adjacentes, através de chaves seccionadoras telecomandadas ou manuais que deverão ser instaladas entre cada dois trechos da rede de distribuição alimentados por subestações distintas. Na figura 9 mostra-se uma representação de como se divide a subestação.

Figura 9 – representação de divisão da subestação



Fonte: Apostila de Eletroeletrônica – sistema ferroviário (Energia)

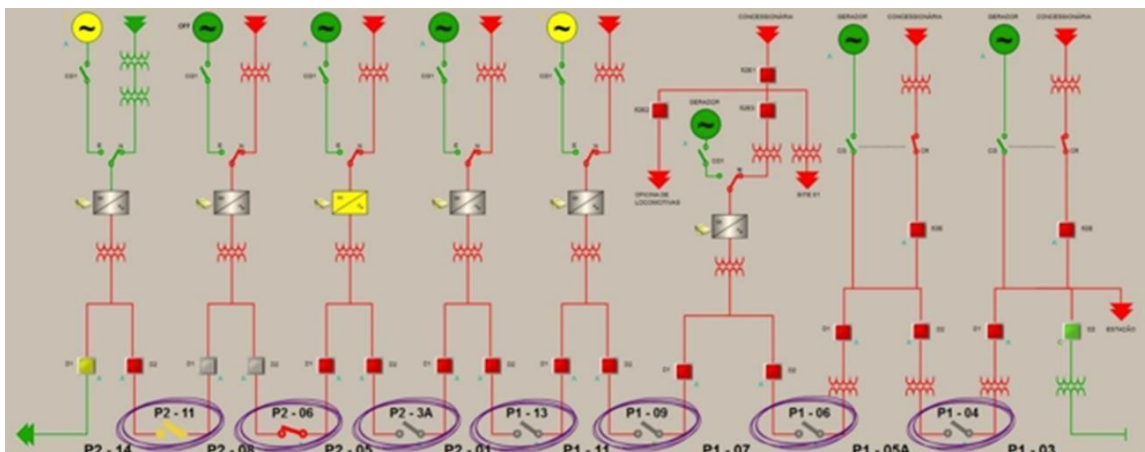
O diagrama unifilar simplificado das SEs (subestações) consiste em: Alimentação concessionária, transformador abaixador, chaves comutadoras, barramentos, sistemas de proteção, sistema de redundância (GMG) e o transformador elevador.

4.3 Chaves Seccionadoras

É um dispositivo eletromecânico que em sua posição fechada mantém a continuidade do circuito elétrico e em sua posição aberta assegura uma distância de isolamento. Permite seccionar os circuitos durante os trabalhos de manutenção ou realizar manobras diversas previstas pela operação, sendo operadas com bastão (ou vara) de manobra.

Com o intuito de facilitar a manobra e operação, têm-se as chaves seccionadoras telecomandadas trifásicas, que podem ser controladas remotamente através do sistema supervisório de controle da empresa ferroviária, manipulando estas chaves a distância. A figura 10 ilustra várias chaves seccionadoras telecomandadas em um sistema, podendo ser comandada remotamente, de acordo com a falta de energia em uma subestação, suprimindo assim a falta de energia através dessa manobra remota.

Figura 10 – Representação sistêmica de chaves telecomandadas



Fonte: Apostila de Eletroeletrônica – sistema ferroviário (Energia)

Seu gerenciamento pode ser realizado por um centro de controle da empresa, podendo de forma remota comandar as chaves motorizadas, visando suprir algum trecho com falta de energia da concessionária ou por alguma demanda de manutenção. Tais comandos são enviados via Fibra Óptica para o campo.

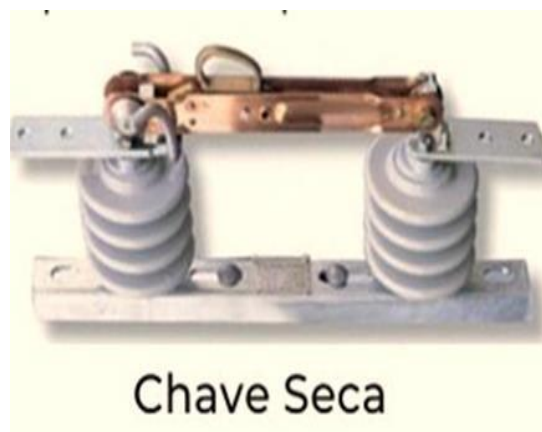
Ao longo de toda a ferrovia, são instaladas as chaves seccionadoras tipo faca, comumente chamada também de “chaves secas” ou “chave Matheus”, que é um modelo de chave não motorizada. Esta chave realiza apenas a função do seccionamento, e como padrão atual, tem-se uma chave seccionadora seca instalada a cada 1000 metros na ferrovia. Nas figuras 11 e 12 têm-se a representação das chaves citadas anteriormente.

Figura 11 – Chave telecomandada



Fonte: Apostila de Eletroeletrônica – sistema ferroviário (Energia)

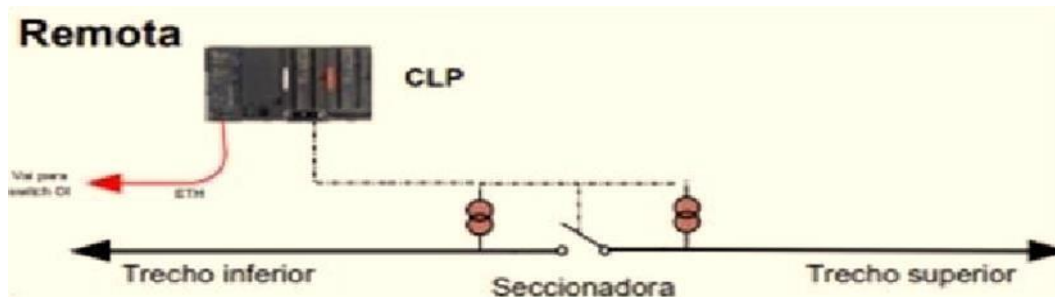
Figura 12 – Chave seca não motorizada



Fonte: Apostila de Eletroeletrônica – sistema ferroviário (Energia)

Na figura 13, têm-se o circuito esquemático do intertravamento da chave com as subestações adjacentes, onde os transformadores de potencial (TPs) estão ligados fase-fase e existe um TP em cada lado da chave objetivando monitorar a tensão em ambos os lados da chave, cujos dados são transmitidos pelo CLP através da fibra óptica para o sistema supervisório.

Figura 13 – Esquemático intertravamento da chave seccionadora



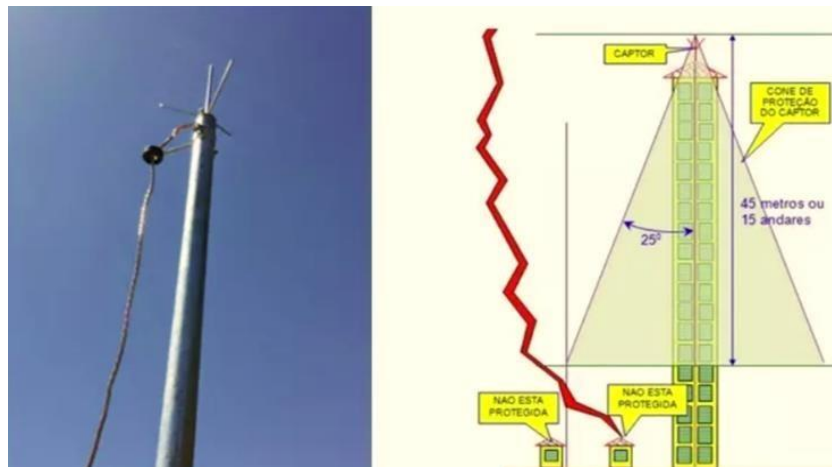
Fonte: Apostila de Eletroeletrônica – sistema ferroviário (Energia)

Em emergências, caso ocorra a falha total de uma subestação adjacente é possível alimentar as cargas transferidas para outra subestação de seus trechos adjacentes, através de manobras das chaves seccionadoras telecomandadas ou manuais que deverão ser instaladas entre cada dois trechos da rede de distribuição, alimentados por subestações distintas. É uma chave tripolar sob carga automatizada, permitindo isolar um trecho em falta, com rapidez e segurança.

4.4 SPDA e Aterramento

O SPDA (Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas) consiste em um sistema de captação e direcionamento de raios, através de um conjunto de estruturas e soluções, cuja função consiste na proteção das construções e pessoas das ações dos raios. As correntes elétricas de alta intensidade podem produzir danos severos para o ser humano (ferimentos por choque elétrico), incluindo a morte. De igual forma, os raios podem causar incêndios, provocar trincas e deterioração nas edificações, por esta razão, é de suma importância que as edificações possuam um SPDA, pois ele está atrelado a prevenção de acidentes, redução de incêndios, perdas materiais e dos riscos à vida das pessoas. Na figura 14, têm-se o esquemático da estrutura de montagem de um SPDA.

Figura 14 – Esquemático SPDA



Fonte: Apostila de Eletroeletrônica – sistema ferroviário (Energia)

O SPDA é composto por 3 componentes (subsistemas de captação, descida e aterramento) que juntos, conseguem captar e desviar dos raios, protegendo as pessoas e as edificações dos efeitos das descargas atmosféricas.

Na ferrovia, o principal objetivo do SPDA é estabelecer as diretrizes mínimas para execução correta do aterramento elétrico para que todos os tipos de proteções necessárias (choque elétrico, descargas atmosféricas diretas, sobretensões, equipamentos eletrônicos, descargas eletrostáticas) se junte em um único ponto de aterramento, garantindo assim a equipotencialidade da instalação elétrica em caixas de locação com equipamentos de sinalização de campo, equipamentos de waysides, telecomunicações e energia.

O aterramento é um sistema que consiste no direcionamento de possíveis correntes de fuga para a terra. Tal direcionamento é feito através da conexão das instalações elétricas a um componente condutor. Este por sua vez, é responsável por dispersar a corrente para a Terra. Na prática, como a terra apresenta um potencial sendo igual a 0 (zero), caso ocorra fuga de corrente elétrica, a corrente tende a seguir o menor potencial. Assim é escoada para a terra e impedindo que tal corrente fique na superfície de equipamentos.

Em síntese, as funções desempenhadas pelo aterramento e pelos sistemas de SPDA, são de suma importância para evitar falhas e reduzir/eliminar os potenciais danos causados pelas descargas atmosféricas nos sistemas eletroeletrônicos (equipamento de telecomunicações, sinalização, waysides e energia).

O DPS (dispositivo de proteção contra surtos) e o DR (disjuntor residual) são dois disjuntores termomagnéticos que garantem a segurança contra curtos-circuitos e sobrecargas. Os DR's protegem as pessoas contra o risco de choques elétricos com a função de detectar correntes de fugas (correntes que ultrapassam o valor nominal permitido). Essas correntes de fugas na maioria dos casos são causadas pelo contato acidental das pessoas em instalações ou em contato superficial. Sua atuação sobre as detecções de correntes de fuga ocasiona o desligamento automático do DR. Os DPS são protetores contra surtos elétricos, detectando sobretensões transitórias na rede elétrica ocasionadas normalmente por Descargas Atmosféricas, ou seja, por raios, esses surtos normalmente são imediatos e não constantes. Por fim, os DPS evitam que os equipamentos eletrônicos queimem nessas descargas.

Conclusão dos conceitos de Energia

Entretanto, ao analisar toda a estrutura do sistema auxiliar de Energia (SAE), entender todos os conceitos principais das subestações, chaves seccionadoras e as proteções, vimos que estão extremamente ligadas à segurança ferroviária da ferrovia. A energia elétrica que chega para os ativos é essencial para o funcionamento, a falta gera um impacto grande para a empresa, consequentemente o risco eminente de um acidente. Portanto, o sistema de Energia de uma ferrovia é de suma importância para a segurança e confiabilidade do sistema e da circulação ferroviária.

5 Equipamentos de Apoio Operacional (Waysides)

Os equipamentos de apoio operacional são componentes instalados ao longo da via férrea para captar possíveis discontinuidades e anomalias de rodios e componentes da composição no geral. Os principais equipamentos utilizados nesse sistema são: Hot Box e Hot Wheel, Balança Ferroviária e Detetor de Descarrilamento.

5.1 Hot Box e Hot Wheel

A Eletroeletrônica está sempre em busca dos melhores equipamentos e tecnologias para prevenir os acidentes ferroviários. Com o objetivo de evitar fraturas de rodas, calejamento, degola de manga de eixo, descarrilamentos e acidentes, foi-se implementado componentes capazes de detectar um

rolamento/roda aquecida. O Hot Box é o equipamento que detecta a elevação de temperatura em decorrência de falhas de rolamento no material rodante. O aquecimento é provocado pela grimpagem dos rolamentos devido a fadiga do material e pelos impactos sofridos pelos componentes. Já o Hot Wheel detecta a elevação da temperatura das rodas causadas pelo sistema de freio no material rodante. A energia térmica gerada pela frenagem atinge valores que podem provocar a inversão de tensões residuais de compressão, podendo resultar em uma fratura de roda. A figura 15 e 16 mostra um Hot Box e um Hot Wheel.

Figura 15 – Hot Box



Fonte: Apostila de Eletroeletrônica – sistema ferroviário (Wayside)

Figura 16 – Hot Wheel



Fonte: Apostila de Eletroeletrônica – sistema ferroviário (Wayside)

O sistema é baseado em dispositivos colocados ao longo da via que medem a radiação infravermelha emitida pelas rodas e rolamentos. Alguns dos componentes serão listados: Pirômetro: sistema óptico que focaliza energia infravermelha e converte em sinal elétrico); Circuito de Via EPIC III: sinaliza a presença do trem, indicando sua aproximação para a coleta de dados); MicroHBD/MicroHWD: Hardwares que processam as informações geradas pelos

sensores durante as passagens dos trens e aponta se há defeito nos rolamentos e/ou rodas.

Quando o trem passa, é feita uma análise das condições de temperatura das rodas/rolamentos. Caso exista algum problema, é acionado um alarme que avisa tanto o maquinista quanto o Centro de Controle Operacional e, dependendo do caso, a composição é parada imediatamente para que as correções sejam feitas.

5.2 Balança Ferroviária Dinâmica

A Balança Ferroviária dinâmica tem por função realizar a medição da massa de cada vagão e composição em movimento. Verificar se a carga está em conformidade com as especificações da Engenharia e avaliar se a carga está bem distribuída, identificando possíveis perdas no processo de transporte. Sua principal vantagem é a economia de tempo, evitando a parada da composição. Todas as informações de pesagem são enviadas para o CCO. Seu princípio de funcionamento é baseado em sensores instalados (totalmente isolados e protegidos) no corpo do trilho. Na figura 17, têm-se uma balança instalada no trilho. A figura 18 mostra um dos sensores que são compostos na balança.

Figura 17 – Balança ferroviária



Fonte: Apostila de Eletroeletrônica – sistema ferroviário (Wayside)

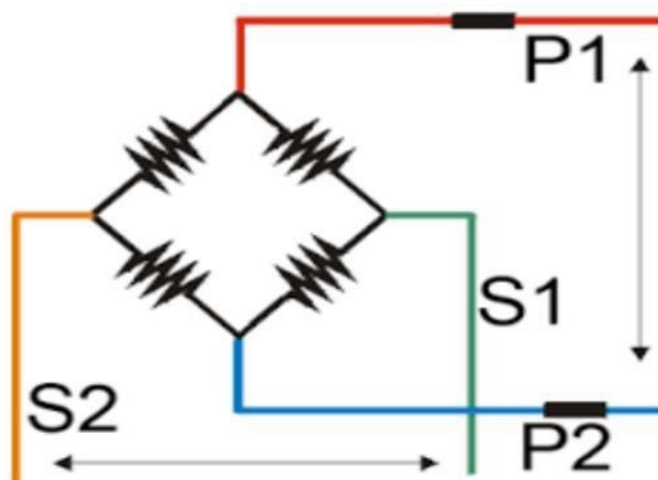
Figura 18 – Sensor da balança ferroviária



Fonte: Apostila de Eletroeletrônica – sistema ferroviário (Wayside)

Cada sensor funciona baseado na ponte de Wheatstone (circuito utilizado para realizar medidas precisas de resistências). Cada Strain Gauge (extensômetro de resistência) realiza o papel de uma resistência elétrica dentro da ponte. Os Strains Gauges são responsáveis por converter “deformação ou contração da superfície do trilho” em “variação de resistência elétrica”. Assim, é possível determinar a deformação, pois a resistência do Gauge aumenta ou diminui quando há uma contração no trilho onde o sensor está instalado. Tal resistência tem sua variação como sendo diretamente proporcional à variação do peso. As medidas de tensão na saída de cada sensor são enviadas para o circuito de controle, que fará o tratamento dos sinais. A balança pesa uma roda por vez. A soma dos pesos das rodas é feita por um microcontrolador que, por meio de uma programação pré-estabelecida, fornece na sua saída o peso total do vagão. Na figura 19 mostra-se uma ponte de Wheatstone, um conceito que aprendemos ao longo de nosso curso.

Figura 19 – Ponte de Wheatstone



Fonte: Apostila de Eletroeletrônica – sistema ferroviário (Wayside)

Fatores que influenciam o resultado da pesagem: Via e condução do trem. Na sequência estão listados alguns fatores ideais para a instalação da balança, dando a eficiência ideal e esperada: Via estável (sem curvas, nivelado), aterramento no local, condições de via no geral (lastros e dormentes bons, inexistência de talas, etc.) e conservação ideal do Painel Eletrônico (fonte, bateria, DPS – dispositivo de proteção contra surtos).

5.3 Detetor de Descarrilamento

O detetor de descarrilamento (DD) é um equipamento instalado ao longo da ferrovia, tendo como finalidade a detecção de descarrilamento de veículos ferroviários, alertando via rádio ou sinalização o maquinista e/ou o Centro de Controle de Operação (CCO). É um equipamento formado por uma barra (espécie de fusível) instalada entre os trilhos, ligada fisicamente a um sistema de controle, que ficam dentro de uma caixa de locação própria para rádios e baterias. Sua alimentação é via Sistema de Alimentação de Energia (SAE) e em algumas localidades utilizam-se Painel Solar.

Seu princípio de funcionamento se baseia na quebra da barra, quando ela é atingida por um veículo ferroviário descarrilado. Resultando na interrupção de corrente no equipamento, gerando assim o alarme. A figura 20 mostra a barra do DD instalado na via.

Figura 20 – barra do Detetor de Descarrilamento



Fonte: Apostila de Eletroeletrônica – sistema ferroviário (Wayside)

Na figura 21 mostra como é o DD via rádio, que é instalado em um abrigo de Sinalização próximo ao DD físico.

Figura 21 – Detetor de Descarrilamento via rádio



Fonte: Apostila de Eletroeletrônica – sistema ferroviário (Wayside)

5.4 Conclusão dos conceitos de Waysides

Contudo, os equipamentos instalados ao longo da via são de suma importância para a segurança ferroviária, uma vez que monitoram e mostram a saúde de um componente do trem ou composição, ou até mesmo se há um vagão descarrilado na composição. Seu papel é fundamental e essencial para a operação ferroviária fluir da melhor maneira possível.

6 Controle de trens baseado em comunicações (CBTC)

6.1 Sistema CBTC

Sabe-se que a MRS atua fortemente buscando cada vez mais o aumento de segurança operacional (maquinistas, comunidades, equipes de manutenção e meio ambiente). Com isso foi implementado o sistema CBTC (Controle de trens baseado em comunicações), com o principal objetivo de aumentar expressivamente a segurança, além do aumento significativo de produção em todas as linhas. A figura 22 ilustra uma representação de uma distância de alerta do trem correlacionado com a licença.

Figura 22 – Distância de alerta e frenagem automática



Fonte: Apostila de Eletroeletrônica – sistema ferroviário (CBTC)

O sistema consiste no controle e monitoramento do movimento dos trens através de uma rede dedicada de dados, interligada com a solução de intertravamento de campo. O CBTC é um modelo de operação onde um computador de bordo, em cada veículo ferroviário, troca continuamente informações sobre sua posição, velocidade e licenciamento, informando ao

maquinista sobre manutenções na via e restrições de velocidade, consistindo em uma solução totalmente integrada à sinalização em campo. O computador de bordo indica a velocidade máxima autorizada para o trecho, tipo de trem e a condição da sinalização. O sistema evita excessos de velocidade e, nos casos em que o maquinista não atuar, o sistema coloca o trem e sua vizinhança em condição segura, reduzindo velocidade (corte de tração) ou parando composições (aplicação de freio por penalidade). Resultados alcançados com a implantação do sistema CBTC na ferrovia: Agilidade, segurança e qualidade na circulação dos trens, maior fluidez e capacidade de acumulação de trens na malha (headway), benefícios em cruzamentos e confiabilidade do sistema, economia de combustível, melhorias para a manutenção: Diminuição do tempo de pesquisa em caso de falhas, log dos eventos para análise de incidente/acidente, sistema com maior disponibilidade e confiabilidade dos seus componentes.

No bordo da locomotiva temos informações sobre: Velocidade atual e permitida, posição do trem, inclinação da via, curvas, áreas em manutenção, informações sobre o próximo alvo e fins de licença. Estas informações chegam no Bordo por uma rede de dados dedicada regulamentada pela Anatel. Isso garante todo o recebimento de informações durante a circulação. Na figura 23 temos a representação de um bordo da locomotiva.

Figura 23 – Bordo da locomotiva (CBTC)



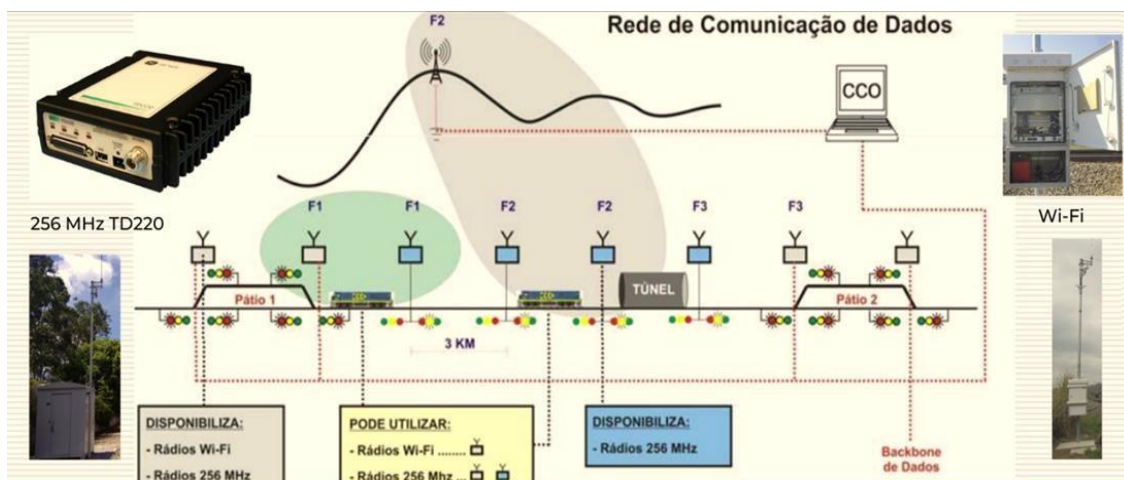
Fonte: Apostila de Eletroeletrônica – sistema ferroviário (CBTC)

6.2 Rede de dados CBTC

A rede de Telecom do CBTC é composta por uma sofisticada rede de dados VHF cujos rádios estão conectados diretamente à sinalização, levando as informações vitais de aspectos de sinal aos trens, além de permitir a comunicação entre CCO e sistema de bordo. A estas estações se somam outras que estão colocadas com a nova rede de voz digital.

O objetivo destas estações é permitir redundância de comunicação entre trens e CCO, aumentando a confiabilidade do sistema. Finalmente, em cada início e fim de pátio existem Access Points Wi-Fi. O objetivo da rede Wi-Fi é permitir a comunicação em alta velocidade com os trens para leitura de dados de telemetria, download de logs e registradores de eventos, além de permitir a rápida atualização dos softwares do sistema de bordo. Na figura 24 temos a configuração

Figura 24 – Rede de comunicação de dados



Fonte: Apostila de Eletroeletrônica – sistema ferroviário (CBTC)

O elemento central desta rede de dados é o OCM (Office Communication Manager). Ele é responsável por coletar todas as informações oriundas da sinalização (WIUs) e encaminhá-las aos trens através do rádio de dados existentes nas houses de sinalização e estações de voz digital. O serviço de encaminhamento de mensagens das WIUs é realizado pelo software WSRS (Wayside Status Relay Service) parte integrante de OCM. O OCM é também capaz de identificar em qual estação de rádio base se encontra cada um dos

trens, além de identificar se a locomotiva se encontra dentro da cobertura de Wi-Fi, estando assim acessível para comunicações de alta velocidade. Finalmente, o COM tem interface direta com o BOS (Back Office Server) e com o MDM (Mobile Data Manager). A segmentação de tráfego é destaque no sistema de Telecom. A rede de dados em VHF foi projetada para realizar comunicações que exigem baixa latência e que demandam baixas taxas de transmissão de dados, sendo utilizada para entrega de mensagens das WIUs e de licenças vindas do CCO.

Já a rede Wi-Fi tem função oposta e complementar: realizar grandes transferências de dados em altas velocidades, permitindo a troca de informações para apoio a operação, como telemetria e downloads de registradores de eventos. Para permitir, esta segmentação, o sistema de bordo conta com um moderno gerenciador de comunicações – MCM (Mobile Communication Manager) – capaz de realizar a escolha da rede de comunicação mais adequada para cada tipo de informação. Outro ponto marcante da rede de dados é que ela opera em frequência VHF já regulamentada pela ANATEL – Resolução 555, 20/12/2010 – atribuindo caráter primário para quem possui outorga nas frequências definidas nesta resolução. Naturalmente, sistemas que operam em VHF possuem grande abrangência de cobertura, fato que é de extrema relevância se observarmos que as ferrovias brasileiras, especialmente a MRS, operam em trechos onde a geografia é composta por várias montanhas, cortes e vales. Rádio GE MDS TD220: Licenciamento de trens e informações operacionais. Sincronizando por GPS ou entre rádios (OTA). Wi-Fi (rede local sem fio): Telemetria, download/upload de logs e registradores de eventos, permite a rápida atualização dos softwares do sistema de bordo.

Através da rede de dados CBTC, trafegam informações:

Recebidas do CCO: Licenças de circulação, restrições de velocidade, limites da zona de trabalho e de interdição de trecho, boletins de advertência, status do ponto de controle, informação da composição do trem, alertas críticos, eventos de invasão, relatórios de proximidade, zonas de manobra.

Enviadas para o CCO: Atualizações da composição do trem, relatórios de posição, relatórios de violação de licença, eventos de condução do trem, status do sistema.

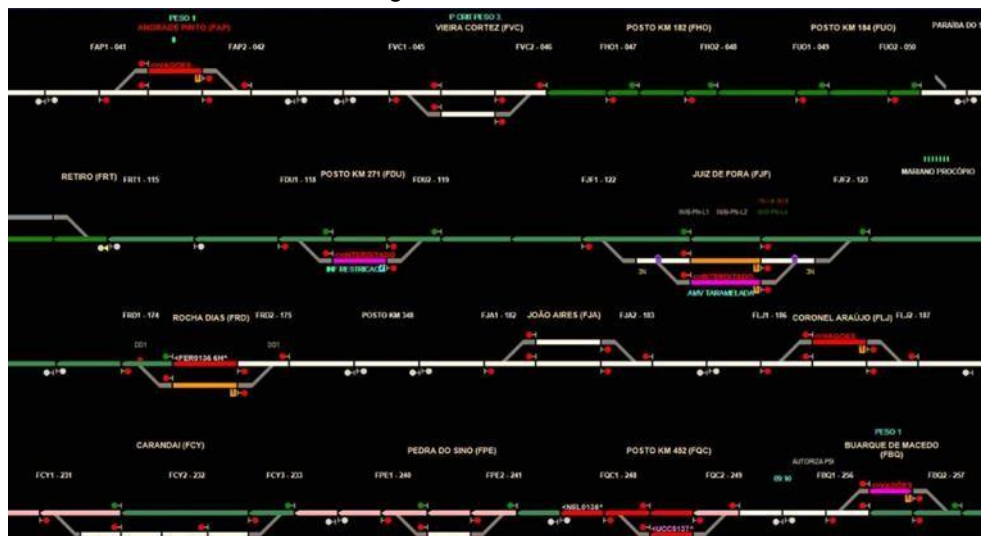
Recebidas da via: Status da máquina de chave, status dos sinaleiros e posição do trem (bloco(s) ocupado(s)).

Todas as faixas de frequência a serem utilizadas por empresas, devem ser homologadas e outorgadas pela ANATEL (Agência Nacional das Telecomunicações).

6.3 Painel TMDS

TMDS (Train Management and Dispatch System) é o sistema de gerenciamento e despacho de trens. Responsável pelo controle de tráfego ferroviário através dos painéis localizados em um Centro de Controle Operacional. O sistema fornece todas as ferramentas essenciais para a operação, onde o controlador recebe indicações e controla dispositivos em campo como sinais e chaves, além de realizar o licenciamento dos trens com o CBTC. Na figura 25 ilustra um painel TMDS.

Figura 25 – Painel TMDS

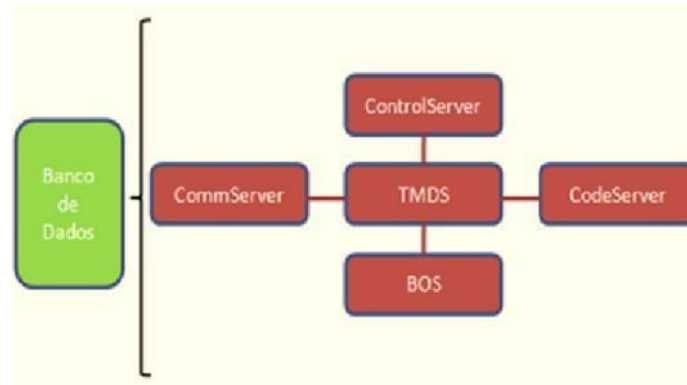


Fonte: Apostila de Eletroeletrônica – sistema ferroviário (CBTC)

A arquitetura do sistema TMDS se divide em: Code Server: responsável por enviar os comandos do CCO para os equipamentos de sinalização em campo e exibir as indicações recebidas. Dividido em code lines; Comm Server: Realiza a interface do TMDS com outros sistemas utilizados na MRS: GHT e ficha dos trens e demais integrações – MQ Series; BOS Serve-Back Office Server: Responsável por fazer a interface entre o painel TMDS e o bordo TMC; BOS Serve-Back Office Server: Responsável por fazer a interface entre o painel TMDS e o bordo TMC;

As principais funcionalidades do TMDS são: criação de rotas CTC; criação de licenças CBTC/TWE e não sinalizado; restrições de velocidade temporárias; e licenças/rotas memorizadas. A figura 26 mostra a arquitetura do banco de dados.

Figura 26 – Banco de dados



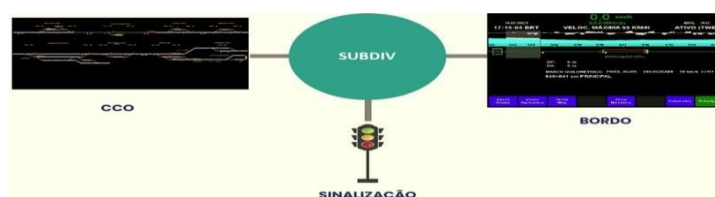
Fonte: Apostila de Eletroeletrônica – sistema ferroviário (CBTC)

Nos antigos Painéis Sinóticos, os controladores precisavam executar em torno de 200 comandos para criar rotas em campo durante a circulação de trens. Com a implantação do TMDS, essa atividade foi reduzida para apenas 2 cliques.

6.4 SUBDIV

O termo SUBDIV vem da palavra subdivision e significa subdivisão ou território. O SUBDIV é um dos pilares do sistema CBTC. É uma modelagem da ferrovia real, inserida no bordo do locomotiva. Ou seja, uma ferrovia virtual que é utilizada como base para o sistema de licenciamento. No SUBDIV, constam informações sobre: marcos quilométricos, perfil da via, passagem em nível, túneis, sinais, AMV, velocidade máxima autorizada (VMA), traçados da ferrovia e outros elementos vitais que auxiliam o maquinista durante toda a condução do trem. Além dessas informações, uma outra camada de segurança integra o SUBDIV com o sistema de sinalização, garantindo que aspectos de sinais e posições de AMVs serão transmitidas diretamente ao equipamento de bordo, assegurando que o trem circulará apenas com condição segura. Na figura 27, mostra-se uma representação do sistema.

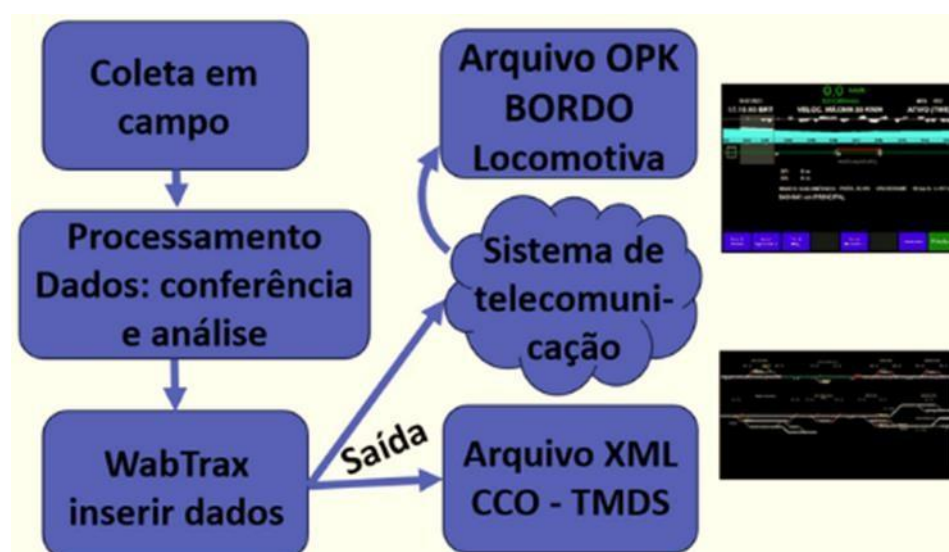
Figura 27 – Representação SUBDIV



Fonte: Apostila de Eletroeletrônica – sistema ferroviário (CBTC)

O marco inicial para a criação do SUBDIV é a coleta das coordenadas geográficas dos elementos que irão compor o mapa do bordo. É necessário analisar o projeto da ferrovia e decidir quais informações serão pertinentes para constar na tela de navegação. A coleta de dados é feita através de equipamentos de GPS de alta precisão. Finalizada essa etapa, os dados são processados e inseridos no sistema para serem compilados através da ferramenta WabTrax, que irá gerar dois arquivos, sendo o tipo XML para ser aplicado ao painel do CCO e o tipo OPK para as locomotivas. Na figura 28, temos uma representação do fluxograma do SUBDIV.

Figura 28 – Fluxograma do SUBDIV



Fonte: Apostila de Eletroeletrônica – sistema ferroviário (CBTC)

Uma vez gerado, é necessário distribuir o arquivo OPK para todas as locomotivas. Esse processo de download é realizado através do sistema de Telecom, de forma automatizada sem a necessidade de parar o trem ou qualquer outro impacto operacional. Porém, mapeamentos, informações inseridas no pacote serão refletidas no bordo do CBTC apenas ao realizar uma nova atualização da versão do SUBDIV. Essa atualização precisa seguir alguns procedimentos para acontecer. Mostra-se a seguir alguns passos a serem seguidos para a realização do procedimento: Programação do intervalo com o CCO; Desativar todo o sistema CBTC da malha ferroviária, que também deve ser planejado e programado; Neste intervalo, ocorre a atualização da nova versão

SUBDIV em todos os painéis TMDS e em todos os ativos que possuem o sistema embarcado.

Ao fim do último passo, o bordo da locomotiva, a sinalização e o CCO, estão com a nova versão do SUBDIV e com todas estas informações inseridas anteriormente através de pacotes, compiladas no sistema CBTC, e pronto para trilhar novos caminhos.

7 Conclusões

O surgimento dos primeiros meios de transporte favoreceu o desenvolvimento das regiões, facilitando e aumentando a movimentação de mercadorias. O desenvolvimento desses modais de transporte foi a grande alavanca do comércio mundial, pois tornou possível a comercialização de mercadorias não só entre países vizinhos, como também entre os mais distantes.

A segurança operacional ferroviária se torna essencial a partir disso, portanto, enfatiza-se nesse trabalho a importância da Engenharia de Manutenção Eletroeletrônica nesse processo. Os segmentos citados, Sinalização, Telecomunicações, Energia, Waysides e CBTC, são de suma importância nessa atuação. A sinergia entre esses sistemas, a integração e a funcionalidade tornam a meta (segurança operacional) real e alcançada. São inúmeros ativos, equipamentos e sistemas inseridos no processo para realizar essa segurança, seja de algo instalado as margens da via ou até mesmo dentro de uma locomotiva. É importante frisar que os segmentos precisam estar acordados entre si de tal maneira a cada especialidade suportar e ajudar a outra.

Os ativos e equipamentos mostrados nesse trabalho esclarecem e mostram de forma clara a complexidade e importância de cada um dentro de uma empresa de ferrovia, desde um manobrador de vagão até um técnico dentro do centro de controle operacional. São papéis importantes e que exigem tomadas de decisões cruciais dependendo da situação. É preciso profissionais qualificados para conduzirem esse processo, pois são responsabilidades que exigem preparo, treinamento e qualificação para tratar e conduzir.

Contudo, pode-se concluir que a Engenharia de Manutenção Eletroeletrônica é de suma importância para a segurança da operação ferroviária, as ações e tomadas de decisão da área refletem diretamente na condução segura de um trem. A sinergia entre as especialidades citadas torna um processo

robusto, complexo e alto grau de confiabilidade. Por fim, pode-se ter confiabilidade e segurança atrelada a Engenharia de Manutenção Eletroeletrônica na operação ferroviária.

Referências

AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES TERRESTRES. Dados sobre os transportes, 2008. Disponível em: <<http://www.antt.gov.br>>. Acessado em 20 junho 2024.

RICCI ELETRÔNICA. Dados sobre Eletroeletrônica na ferrovia. Disponível em <<https://www.riccieletronica.com.br/eletronica-ferroviaria-2/>> . Acessado em 20 de junho de 2024

Apostila de Eletroeletrônica – sistema ferroviário

FARIA, Sérgio F. S. Fragmentos da história dos transportes. São Paulo: Aduaneiras, 2001.

FERROVIAS. Dados sobre as ferrovias, 2015. Disponível em <<https://proauto-electric.com/solucao/ferrovias/>>

BENCHMARKING FERROVIAS. Dados sobre as ferrovias, 2019. Disponível em <https://www.antf.org.br/_uploads/2017/08/Benchmarking-Ferrovias-Modo-de-Compatibilidade.pdf>

FERROVIA TERESA CRISTINA. Dados Históricos, 2008. Disponível em: <<https://www.ftc.com.br/>>.

ELETROELETRÔNICA. Dados sobre a EE, 2016. Disponível em <<https://www.senaipr.org.br/como-funciona-a-area-de-eletroeletronica-2-31193-366022.shtml>>

EE. Dados sobre a eletro, 2020. Disponível em <<https://www.makehero.com/guia/componentes-eletronicos/conceitos-basicos-de-eletronica/>>

NOVAES, Antônio Galvão. Logística e gerenciamento da cadeia de distribuição: estratégia, operações e avaliação. Rio de Janeiro: Campus, 2001.

MRS. Dados sobre a empresa MRS Logística. Disponível em <<https://www.mrs.com.br/>>