

**Análise de viabilidade da implementação do controle de trem baseado em comunicação – CBTC: Um estudo de caso da empresa MRS Logística do setor ferroviário do Sudeste Brasileiro.<sup>1</sup>**

*JUNIOR, Claudio Lopes Pereira<sup>2</sup>*  
*Centro Universitário Academia - UniAcademia*  
*MAGRI, Luiz Paulo<sup>3</sup>*  
*Centro Universitário Academia - UniAcademia*

Linha de pesquisa: Automação

**RESUMO**

No Brasil, devido a vasta extensão territorial, o modal ferroviário é o meio mais efetivo no que se refere ao transporte de carga e serviços. Como forma de aumentar a efetividade desse modal foi proposto a implantação do sistema de controle CBTC que visa maior gerenciamento ferroviário proporcionando maior segurança e otimizando o transporte. Este trabalho pretende analisar os impactos da implantação do sistema de controle CBTC no gerenciamento ferroviário por meio de um estudo de caso da empresa MRS Logística do setor ferroviário do Sudeste Brasileiro mostrando os principais benefícios da implementação desse sistema para empresa. Desse modo, o CBTC automatiza o sistema transformando uma série de comandos complexos em um sistema mais simples e de monitoramento constante. Essa medida oportuniza maior segurança do modal além de garantir a otimização das operações no modal ferroviário. Após a implantação do sistema CBTC houve uma redução de 90% no nível de ruído da comunicação além do aumento de cerca de 20% na confiabilidade de sistemas de sinalização e controle.

**Palavras-chave:** CBTC. Sistema de Controle. Setor ferroviário.

---

<sup>1</sup> Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Centro Universitário Academia - UniAcademia, como requisito parcial para a conclusão do Curso de Graduação em Engenharia Elétrica.

<sup>2</sup> Graduando em Engenharia Elétrica pelo Centro Universitário Academia - UniAcademia.

<sup>3</sup> Professor do curso de Engenharia Elétrica do Centro Universitário Academia - UniAcademia.

## 1 INTRODUÇÃO

Na contemporaneidade, a relevância de uma maior participação do modal ferroviário na matriz de transporte brasileira tem sido amplamente discutido no país. Neste contexto, torna-se crucial aumento dos investimentos em pesquisa e inovação e a criação de políticas públicas como a expansão da malha ferroviária por meio do Programa de Aceleração do Crescimento (PAC).

Ainda, pode-se mencionar a criação de projetos de incentivos fiscais como o Projeto de Lei 5232/19 que propôs a suspensão de impostos por um período de cinco anos e isenção da energia elétrica utilizada por redes e terminais de transporte de passageiros e cargas sobre trilhos de forma a incentivar o crescimento desse modal no país<sup>4</sup> (VALLE, 2019).

De acordo com o Instituto Nacional de Pesquisas Ferroviárias, em 2020 no Brasil, o custo de logística corresponde a 20% do PIB o que representa um gasto bastante elevado se comparado aos EUA, por exemplo, que possuem um gasto de logística equivalente a 10,5% do PIB. Isso evidencia urgência no desenvolvimento do sistema ferroviário brasileiro que hoje corresponde a apenas 20% na matriz de transporte do país que opera por intermédio de concessões à iniciativa privada (ROCHA, 2015).

Visando garantir a modernização do setor ferroviário, o processo de privatização das ferrovias, retomado pelo governo em 2019, prevê um investimento cerca de R\$ 25 bilhões, direcionados para expansão da capacidade da malha, por meio das duplicações de vias, contornos, construção e ampliação de pátios e terminais, e o conseqüente aumento do volume de carga transportada e a elevação das exportações (CNT, 2018). Segundo o Plano de Logística Nacional, estima-se que até 2025 haverá um aumento de 10% da participação das ferrovias na matriz de transporte de cargas.

Empresas privadas especializadas no modal ferroviário como, por exemplo, a empresa MRS Logística tem investido em confiabilidade do sistema de transporte ferroviário de modo a potencializar uso desse modal. Uma das alternativas mais

---

<sup>4</sup> Fonte: <https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/fichadetramitacao?idProposicao=2221906>

eficientes foi a implantação do conceito de controle de tráfego ferroviário por meio do Controle de Trens Baseado em Comunicação (CBTC) que pretende aumentar substancialmente a segurança da ferrovia e circulação de trens evitando invasões de trens em zonas interditadas para manutenção, colisões entre trens, descarrilamentos causados por excessos de velocidade além de impedir a circulação de trens que apresente problemas técnicos contribuindo para máxima eficácia do sistema (SILVA, 2012).

Neste trabalho, pretende-se analisar a viabilidade da implementação do CBTC no transporte ferroviário por meio de um estudo de caso de uma empresa do setor ferroviário do sudeste brasileiro. Como o modal ferroviário é o mais indicado para um país de grande extensão territorial, faz-se necessário investir em novas tecnologias de forma a tornar o mercado mais competitivo e viabilizar a expansão desse modal no Brasil.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

Para o desenvolvimento deste trabalho foi realizada uma revisão de literatura abordando os conceitos e a importância de transporte ferroviário além de abordar os aspectos dos sistemas de sinalização, controle e a arquitetura do CBTC.

### **2.1. CONCEITO E IMPORTÂNCIA DO TRANSPORTE FERROVIÁRIO**

Devido a vasta extensão demográfica brasileira, o modal ferroviário se torna indispensável para o transporte de matérias prima e insumos do país. Apesar do modal rodoviário ser amplamente utilizado no Brasil, de acordo com a Confederação Nacional do Transporte (CNT), em 2019, a malha rodoviária não pavimentada representava 78,5% da malha nacional. Como reflexo da falta de pavimentação na maioria das rodovias há um aumento significativo da distância percorrida ou a depreciação dos veículos de transporte o que impacta diretamente no preço do produto ou do serviço oferecido no Brasil (NUNES, 2012).

Nesse contexto, a modernização do modal ferroviário, a criação de incentivos fiscais e políticas públicas que promovam a expansão desse modal são cruciais para

matriz de transporte do país uma vez que as ferrovias possuem grande capacidade de carga podendo suportar até 30 toneladas por eixo. Ainda, pode-se mencionar como vantagens da utilização do transporte ferroviário a elevada eficiência energética desse tipo de transporte, baixo custo de transporte e manutenção além de proporcionar maior segurança e maior vida útil dos componentes (CORREA, 2011).

Outro aspecto importante do transporte ferroviário é a promoção de redução significativa do uso de combustíveis fósseis, se comparado ao transporte rodoviário dominante na matriz de modal do país, o que minimiza os problemas ambientais tanto durante a construção de infraestrutura quanto na utilização contínua desse modal o que oportuniza maior sustentabilidade para o Brasil (MENELAU, 2012).

O transporte ferroviário pode ser definido como sistemas leves e pesados operando em intervalos curtos, em direitos de passagens dedicados, muitas vezes em túneis, transportando até 80 mil passageiros por hora em cada direção (DIAS, 2020). Em adição ao sistema ATP (*Automatic Train Protection*), ferrovias tipicamente possuem ATO (*Automatic Train Operation*) e vários níveis de ATS (*Automatic Train Supervision*). Também há uma tendência da implementação de trens sem condutores (DTO – *Driveless Train Operation* ou *Unattended Train Operation*) (MRS, 2021).

A criação de uma infraestrutura para o transporte ferroviário requer grande investimento além deste tipo de modal apresentar elevados custos de manutenção e operação. Cabe ressaltar, também que, o movimento seguro de passageiros só é possível com a implementação de um sistema de sinalização da via férrea e controle dos trens. Ao mesmo tempo que o sistema de controle de trens possibilita a operação, também pode impor uma restrição (MORAR, 2010).

Limitando a operação em função de alcance, condições climáticas que podem interferir no sistema, reduzindo a capacidade de operação da linha. Dessa forma, fica evidente que um sistema de controle moderno tem como objetivo, além de garantir a operação segura, otimizar a utilização das linhas de transporte ferroviário. Assim, se maximiza a capacidade da linha, permitindo o movimento do trem com segurança. Dentro deste contexto, os sistemas de controle de trem devem ser projetados para suportar modos degradados de operação que ocorrem na incidência de uma falha (MORAR, 2010).

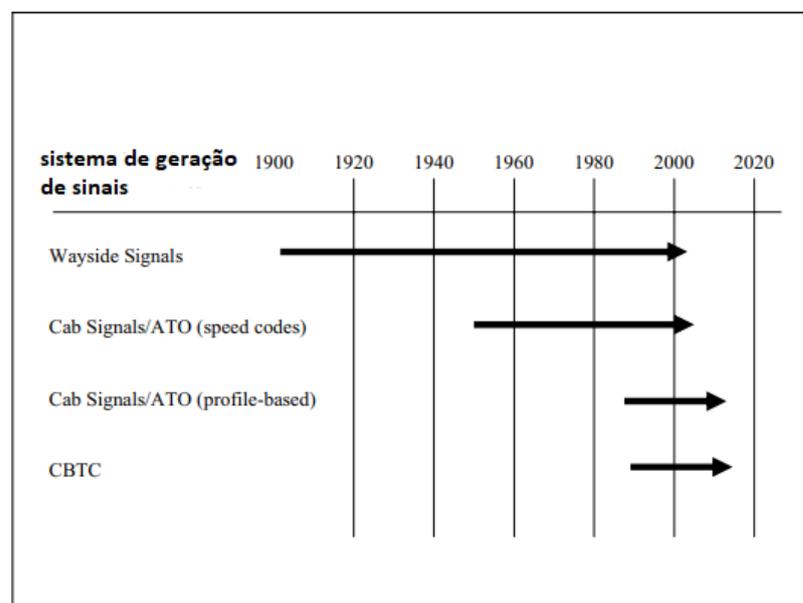
## 2.2. SISTEMAS DE SINALIZAÇÃO E CONTROLE

O nível de controle que um sistema de sinalização e controle de trens pode exercer em uma ferrovia é coordenado por um sistema de comunicação e processamento de dados. O princípio fundamental deste sistema de controle é evitar que os trens entrem em rota de colisão. No início do transporte ferroviário, um sistema de sinalização luminosa era empregado para orientar o maquinista (RUIZ-PADILLO, 2020).

Apesar desses sistemas ainda serem empregados, os controles para determinar a ocupação da linha obtiveram grandes avanços a partir do século XIX. De modo similar, a maioria das ferrovias implementadas no século XX empregam sinais eletromagnéticos para enviar dados de bordo, alertas automáticos e quaisquer outras funções relacionadas com a operação (RUMSEY e GHALY, 2014).

Embora grandes avanços tenham sido obtidos no século XX, o sistema de comunicação de trens pode ser resumido em quatro gerações básicas, conforme ilustrado na Figura 1. Em que cada geração fornece uma melhoria incremental na segurança operacional e desempenho em relação à categoria anterior (RUMSEY e GHALY, 2014).

**Figura 1** – Evolução dos Sistemas de Controle de Trem.



Fonte – Morar, 2010.

## 2.3 SISTEMAS DE CONTROLE DE TRENS

A primeira geração de arquitetura de sistemas para controle de trens inclui circuitos de detecção de locomotivas, sinais e sinalização nas margens da rodovia e treinamento de operadores. Os trens operam estritamente manual, e o fluxo na ferrovia é limitado por sinais visuais e condições meteorológicas (MORAR, 2010).

Já a segunda geração de sistemas de controle é baseada em circuitos de identificação de locomotivas, e sinais à beira da ferrovia por sinais sonoros na cabine. Este tipo de arquitetura consiste em uma mudança significativa, pois partes dos equipamentos são transferidos para o trem. Esses equipamentos exibem informações relevantes para o condutor, e permite modos de condução automática (GODDARD, 2003).

Uma evolução mais significativa nos sistemas de controles de trens passou a oferecer sistemas mais precisos empregados no controle das locomotivas, incrementando significativamente a quantidade de dados transmitidos para o trem. Isso permitiu que os trens pudessem ser supervisionados para seguir um perfil de velocidade e distância. Essa geração de sistemas de controle é conhecida como tecnologia DTG (Distance-to-go), e pode suportar modos de condução automático (JÚNIOR, 2015).

## 2.4 ARQUITETURA DO SISTEMA CBTC

O Controle de trem baseado em comunicação é um sistema embarcado que realiza a comunicação entre o trem e os equipamentos da via para o gerenciamento do tráfego e controle da infraestrutura. Nesse tipo de sistema é possível determinar com mais precisão do que em outros sistemas tradicionais a posição exata de um trem o que promove maior confiabilidade desse modal evidenciando a eficiente e segura no gerenciamento do tráfego ferroviário (CHEN et al., 2018).

De acordo com o IEEEE1474.1, o CBTC atua de forma a evitar invasões de trens em zonas interdidas para manutenção, colisões entre trens, descarrilamentos causados por excessos de velocidade além de impedir a circulação de trens dentro

de uma seção não autorizada devido a um mau alinhamento da chave e impedir o avanço de sinal. Caso o trem esteja operando em condições não seguras, o CBTC aciona o freio total de serviço e corte de aceleração da locomotiva de modo a parar o trem por meio da aplicação de frenagem preventiva e reativa garantindo a confiabilidade desse modal (MRS, 2012).

No Sistema de Controle de Bordo, o GPS é a principal forma de determinar a velocidade das locomotivas e as demais informações de localização e viagem. Como reflexo da utilidade do GPS nesse sistema, há um mapeamento da posição das linhas principais quanto ao “grau, curvatura, marcos quilométricos, passagens de nível, chaves e posição de sinaleiros para criar uma base de dados da rede ferroviária que será utilizada pelos Equipamentos de Bordo da locomotiva” (MRS, 2012).

A localização do trem será calculada dentro dos limites da linha principal do GIS utilizando a entrada do sistema GPS da locomotiva para determinar a localização, sentido da viagem e velocidade. Este sistema combinado com o monitoramento dos equipamentos de via e o monitoramento das condições operacionais da locomotiva permitirá respeitar as regras operacionais que fornecerão uma rede de segurança para as operações diárias da ferrovia (MRS, 2012).

Para garantir a confiabilidade da operação do sistema, faz-se necessário a comunicação eficaz entre os quatro subsistemas que compõe o CBTC: o Subsistema CCO, Subsistema de Sinalização de Via, Subsistema da Bordo e Subsistema de Comunicações. O subsistema CCO fornece licenças de rotas ao subsistema de bordo por meio do Sistema de Gerenciamento de Despachos do Trem (TMDS) que é um sistema construído a partir de conceitos de programação orientada a objeto, responsável pelo controle de trens através dos Painéis localizados no CCO.

O Subsistema CCO fornece garantia de segurança das operações, circulação de trens e concessão de intervalos de manutenção, eficiência operacional e nível de atendimento ao cliente além de permitir sinalização e controle de novas linhas e Estações de controle com abrangência flexível. O sistema de telecomunicação, no CBTC, interconecta os demais subsistemas, possibilitando a transmissão de dados referentes a sinalização, downloads de informações de equipamentos e atualização de software. Geralmente são empregados rádios operando na frequência de 256 MHz

para troca de informações. Sinais wireless de 2,4 GHz também são empregados a bordo das locomotivas (MRS, 2012).

### **3 METODOLOGIA**

Nesse capítulo foi apresentado a metodologia de pesquisa e os métodos de pesquisa do referencial, coleta de dados, e análise dos dados para geração dos resultados pertinentes a esse trabalho. A pesquisa teve abordagem qualitativa sendo baseada na estratégia de estudo de caso.

Este trabalho apresenta um estudo de caso longitudinal de caso único. Possui natureza qualitativa de caráter exploratório visando analisar os benefícios decorrentes da implementação do CBTC no transporte ferroviário. Ainda, pode-se mencionar a necessidade de automação desse tipo de transporte para arrefecer problemas de segurança e otimização do sistema o que gera um incremento no método de investigação para estudo de caso.

#### **3.1 PROCEDIMENTO DE PESQUISA DO REFERENCIAL**

Para este estudo, considerou-se a literatura publicada de 2011 a 2021, relacionada ao tema de pesquisa. As palavras chaves usadas para coletar os artigos foram Controle de Trens Baseado em Comunicação, transporte ferroviário, *Communications-Based Train Control*, *railroad transportation*. As bases de dados consultadas foi a EBSCO, sendo usados, em caráter adicional para acesso a publicações, também, o site Google Acadêmico. Artigos repetidos foram encontrados, porém não foram contabilizados. Na pesquisa acima descrita foram coletados diversos artigos que estavam alinhados diretamente com o assunto pesquisado. Outros artigos e livros foram encontrados através do referencial daqueles que estavam alinhados com o assunto pesquisado.

### 3.2 ESTUDO DE CASO DA IMPLANTAÇÃO DO CBTC NA EMPRESA MRS LOGÍSTICA

Devido a ocorrência de graves acidentes de trem na Califórnia, entre setembro e outubro de 2008, o governo norte-americano determinou um modelo intitulado PTC (*positive train control*) como padrão a ser adotado pelas ferrovias Classe 1. Em busca de uma operação segura, a MRS Logística, analisada nesse estudo de caso, adotou um modelo denominado CBTC, que utiliza o mesmo princípio de funcionamento do PTC, permitindo redução de custos e riscos tanto no desenvolvimento quanto no ciclo de vida da solução no longo prazo (MRS, 2012).

A MRS é a primeira ferrovia de carga, no mundo a implementar em sua malha o sistema CBTC. Por meio dos dados coletados foi possível comparar e inferir sobre os benefícios da implementação do CBTC e os impactos gerados na confiabilidade do sistema. Estima-se que com o CBTC a capacidade de transporte de carga da empresa tenha um aumento de até 10% o que representa um grande avanço para o modal ferroviário. O escopo total da implantação do CBTC foi dividido em fases e fragmentado em diversos projetos menores de forma que todos estejam interligados para cumprir o objetivo de geral do projeto de forma eficiente cumprindo os prazos estabelecidos no gerenciamento de projetos (MRS, 2012).

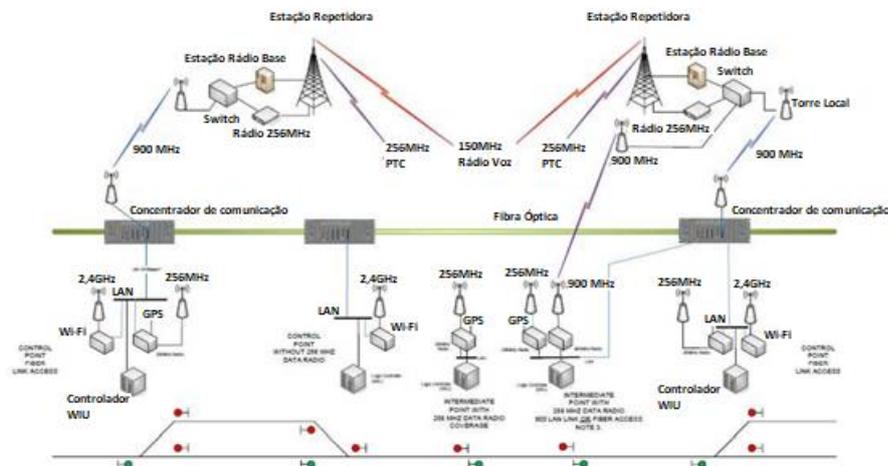
O Controle de Trens Baseado em Comunicações é um sistema de licenciamento de trens baseado em comunicação de rádio de dados, projetado para garantir a segurança na operação de trens. O sistema monitora e controla a velocidade do trem baseado nas velocidades estabelecidas pelas licenças e atuando em dois tipos de controle da locomotiva corte de tração e aplicação de freios de serviço (GOMES, 2017).

O sistema CBTC não isenta o operador do trem de suas responsabilidades em controlar o trem em conformidade com as regras de operação da empresa, limites de velocidade e licença. O projeto do CBTC analisado neste estudo foi implantado com o objetivo de garantir a segurança e eficiência do modal ferroviário e possui as seguintes premissas:

- Taxa de disponibilidade acima de 99%;

- Taxa de erro na transmissão de mensagens inferior a 0,1%;
- Indicador da Potência de Sinal Recebido (RSSI) acima de 100 dBm;
- Retransmissão dos dados no nível das aplicações;
- Latência inferior a 1 segundo.

**Figura 2 – Topologia de Rede CBTC.**



Fonte – Preto, 2018.

Os critérios básicos empregados para implementação do CBTC consistem em dois anos de operação comprovada em serviço, capacidade de operação sem condutor além da transição sem interrupção com sistema existente. As manutenção e diagnósticos de falhas exigem um alto nível de especificação exigindo conhecimento da lógica digital intermediária e princípios de design de software e hardware de computadores. Em diversos diagnósticos os modos exigiam a interpretação de dados hexadecimais e o uso de laptops (DANTAS NETO, 2017).

Um projeto de transporte típico CBA sintetiza tantas influências de um projeto no meio ambiente, sociedade e contribuinte quanto possível. Este tipo de análise é usado por partes interessadas para determinar se um projeto é um investimento inteligente e para comparar um projeto para soluções alternativas. A metodologia custo-benefício depende da capacidade de monetizar todos os custos e benefícios ao longo do ciclo de vida de um projeto de transporte.

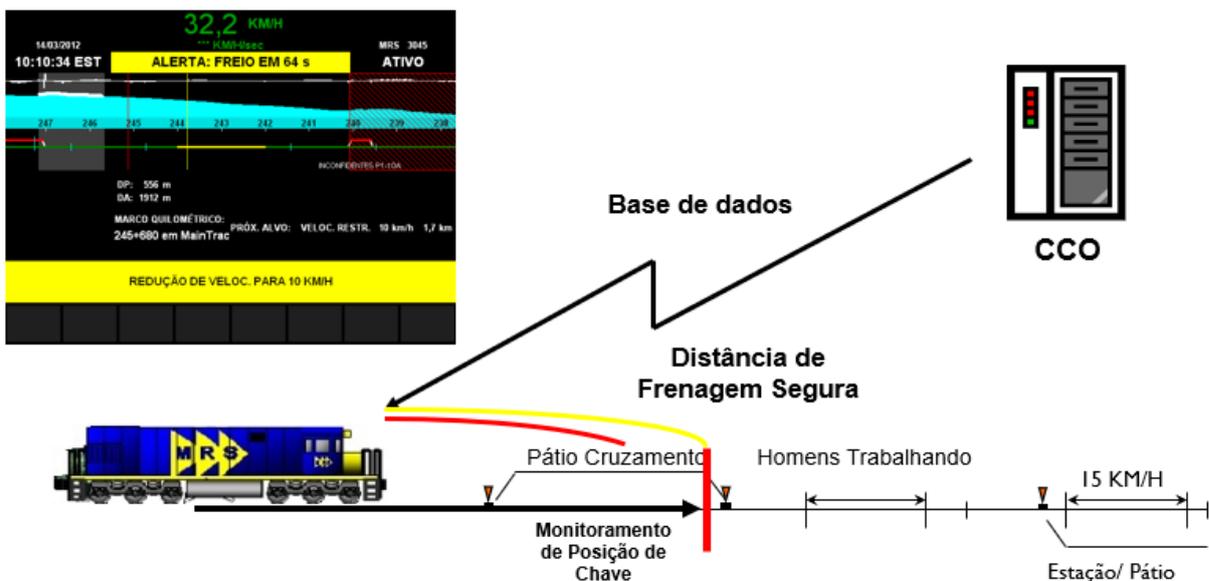
A análise neste projeto foca nos impactos primários ao longo do ciclo de vida de 30 anos. Os valores de todos os custos e benefícios ao longo da vida de um projeto

são sintetizados e somados usando o valor em reais de um único ano, normalmente o ano atual. Este valor monetário único e atual de uma série temporal de custos e benefícios é conhecido como o valor presente líquido (VPL), sendo a base para uma comparação das alternativas.

Uma grande variedade de critérios pode ser empregue para avaliar os impactos de um meio de transporte de bens e pessoas. Os impactos primários são o custo de investimento, operação, acidentes e colisões, central de controle, estoques de peças e manutenção da via. Bem como a comparação com meios de transporte rodoviários no que se refere aos custos, tempo e segurança. Já os principais impactos secundários são o aumento na atividade econômica em função do aumento da mobilidade, redução na poluição em função do menor consumo de combustíveis fósseis, redução no ruído.

A Figura 3 mostra o sistema de monitoramento de trem utilizado pela empresa que monitora as condições operacionais incluindo posição de chave, restrições de velocidade e licenças, fornecendo para o maquinista os pontos de mudança das condições de via sinalizada.

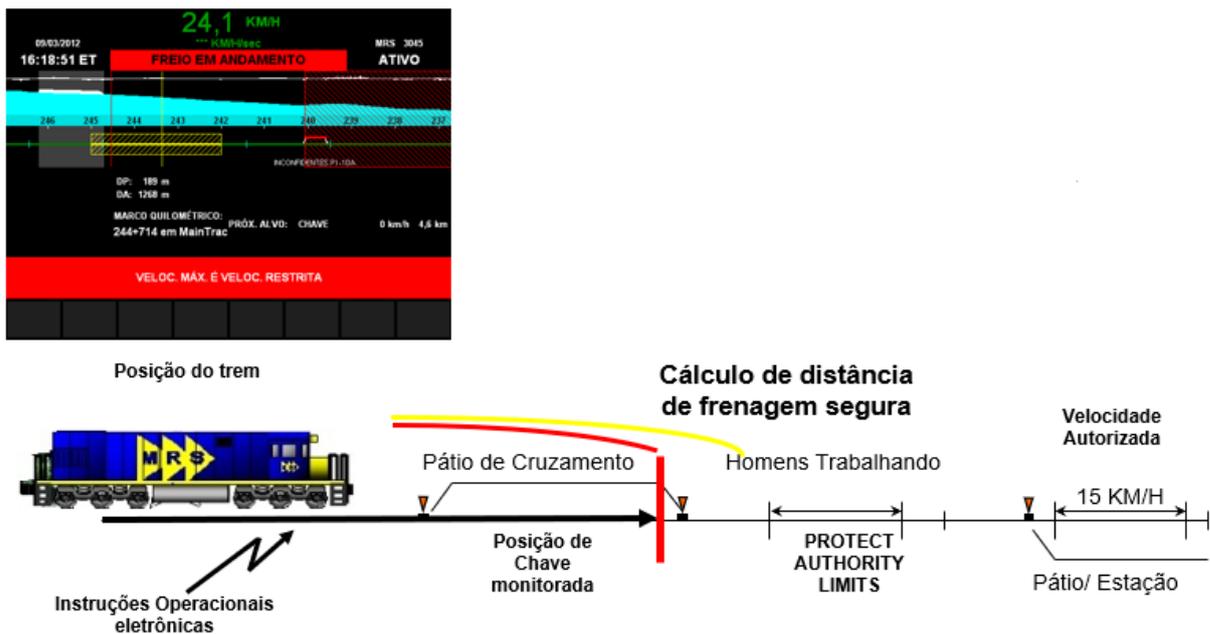
**Figura 3 – Sistema de monitoramento de trem.**



**Fonte – MRS Logística**

Caso o maquinista não tome nenhuma ação de modo a garantir uma segurança operacional, o sistema de bordo irá cortar a tração e aplicar freio de forma automática para evitar a violação das condições restritivas da Licença ou condições de via. Quando a locomotiva estiver se aproximando da restrição, numa velocidade acima da permitida, um alerta aparecerá para avisar o condutor para reduzir a velocidade do trem. A Supervisão do trem ocorre por meio de um aviso, quando a Distância de Alerta atingir o trecho em restrição e/ou a velocidade do trem for maior que VMA (velocidade máxima autorizada) + 1 km/h ou pela Penalidade Freio, quando a curva de Distância de Parada atingir o início do Trecho com Restrição e a velocidade do trem for superior a VMA + 3 km/h.

**Figura 4 – Esquemático de operação.**



Outro aspecto que garante a confiabilidade do sistema é a distância segura de frenagem. Uma distância segura de frenagem é continuamente calculada baseada na ficha do trem, velocidade, perfil da linha a frente do trem. Se a velocidade máxima permitida for excedida, pode haver um Aviso que é iniciado quando a velocidade atingir VMA+1 km/h, um Corte de Tração normalmente aplicado quando a velocidade

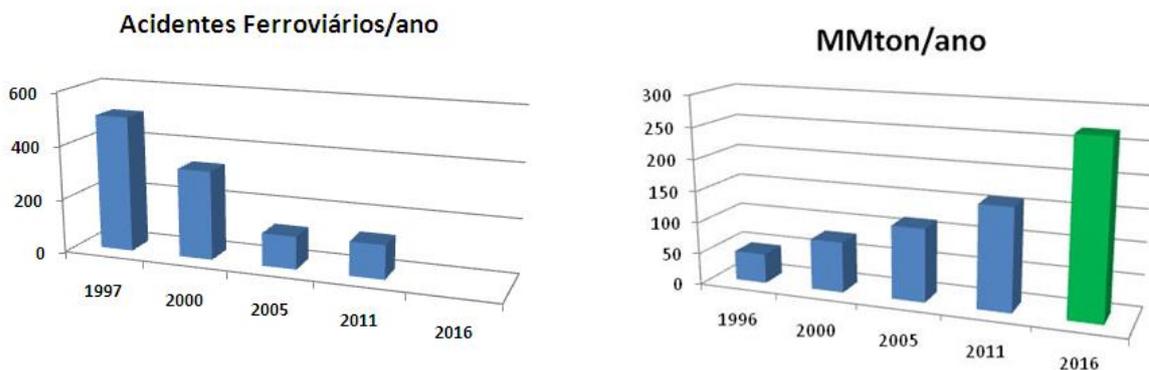
atingir o valor da VMA+2 km/h e a locomotiva estiver em modo de aceleração ou ainda a Penalidade Freio que é aplicada quando a velocidade atingir VMA+3 km/h.

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a implantação do sistema houve uma redução de 90% no nível de ruído da comunicação estática por voz, devido à implementação do rádio digital, e de até 80% da cobertura por rádios dos pontos de sombra (túneis e trechos entre montanhas), além do aumento de cerca de 20% na confiabilidade de sistemas de sinalização e controle. Viabiliza também a operação remota em emergências, através do CCO de contingência, e elimina as ocorrências de avanço de sinais (MRS, 2012).

A busca por sustentabilidade e segurança tem sido uma política da empresa ao longo dos anos. Na Figura 5, pode-se observar que o número de acidentes ferroviário reduziu nos últimos anos. Enquanto a capacidade de cargas transportadas aumentou. Entretanto, a instalação do sistema CBTC no ano de 2016 reduziu a zero o número de acidentes e aumentou consideravelmente a capacidade de transporte de cargas.

**Figura 5 – Acidentes Ferroviários e MM Toneladas por Ano.**

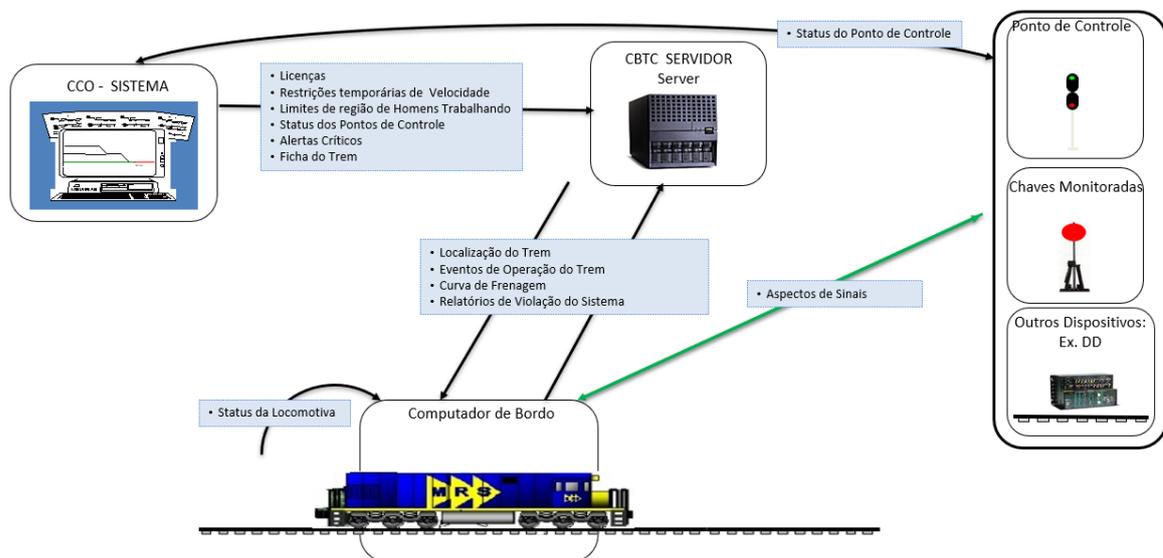


**Fonte – MRS Logística.**

A metodologia empregada no projeto CBTC segue um padrão denominado PTC (*Positive Train Control*). Esse modelo foi desenvolvido como resposta a um grave acidente entre um trem de cargas e um trem de passageiros nos EUA. A base tecnológica e filosofia de funcionamento permite a redução dos custos, tanto no desenvolvimento quanto no ciclo de vida da solução no longo prazo.

O modelo de operação emprega um CCT (Centro de Controle de Trens), em que profissionais atuam em um CCO (Centro de Controle e Operação) autorizam a movimentação dos trens, aciona as chaves e sinais em pontos fixos. O centro de controle também é responsável pela comunicação com maquinistas, equipes de manutenção. O cumprimento das regras operacionais é totalmente dependente da ação humana. Se trata de um sistema que possui fluidez e capacidade de acúmulo de trens limitada.

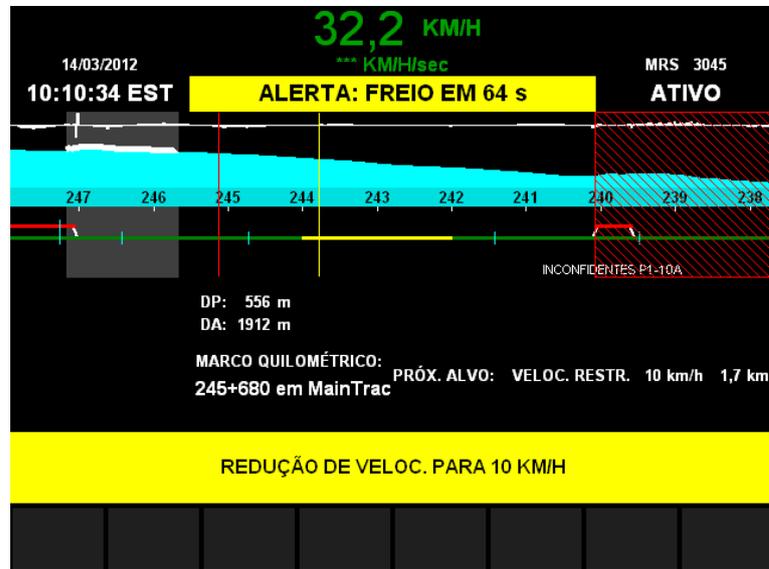
**Figura 6 – Arquitetura do Sistema CBTC.**



**Fonte – MRS Logística.**

Já o modelo CBTC consiste em um sistema computadorizado, em que cada veículo possui um computador de bordo, efetuando trocas contínuas de informações sobre velocidade, posição e licenciamento. Tais informações são compartilhadas entre as locomotivas, equipes de manutenção e sistema de controle de velocidade. Possui a capacidade de reduzir a velocidade em casos que o maquinista não atua, colocando o trem e a vizinhança em condição segura. Todos os parâmetros de operação são monitorados, sendo enviados para um sistema de tratamento de dados.

Figura 7 – Interface Homem-Máquina.



Fonte – MRS Logística

A implementação do sistema CBTC foi efetuada em fases, em que cada um com benefícios próprios. Tais fases são:

- Modernização do sistema de transmissão e distribuição de energia elétrica;
- Ampliação do sistema de fibra ótica;
- Modernização do sistema de telecomunicações, permitindo transmissão de dados e voz com download automático;
- Modernização das cabines das locomotivas com instalação de computadores de bordo;
- Modernização do Centro de Controle e Operação (CCO);
- Modernização da sinalização das vias;
- Emprego de juntas isolantes para dividir a via férrea em seções eletricamente isoladas.

Figura 8 – Escopo do Projeto.



Fonte – MRS Logística.

O CCO inaugurado na década de 80 do século XX possuía baixa flexibilidade para mudanças, limites de informação por operação, tecnologia obsoleta e de difícil manutenção e dezenas de comandos para permitir a viagem de um único trem em cada trecho. Já no início do século XXI efetuou-se a introdução de painéis de controle mais modernos, que ofereciam maior disponibilidade de informações para operação, tais como prefixo e sentido do trem e indicação. Bem como simuladores para treinamento, foco na otimização do tráfego, maior flexibilidade de manutenção e flexibilidade para atualizações. A Figura 9 apresenta uma comparação entre as instalações do CCO antes e depois da modernização. Observa-se que o sistema modernizado possui menor demanda de pessoal.

**Figura 9 – Modernização do Centro de Controle e Operação.**

Antes – 1984



Depois – Abril 2012

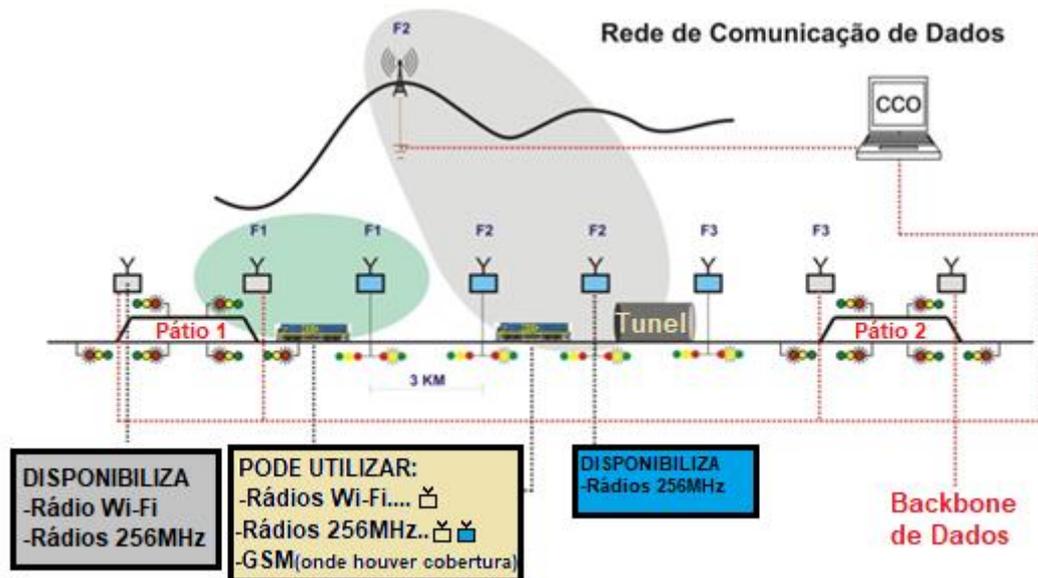


Fonte – MRS Logística.

A nova sinalização traz benefícios em cruzamentos, acumulação de trens e na confiabilidade do sistema. Os sinaleiros possuem lâmpadas de LED com alta intensidade que possuem modo degradado de operação. Com a queima do sinal verde, o sinal amarelo atua. Queimando o sinal amarelo, o sinal vermelho opera piscando. No que se refere a manutenção, o sistema possui menor número de peças susceptível a defeitos e há um tempo reduzido nos procedimentos de diagnóstico de defeitos. E as melhorias no sistema de energia disponibiliza maior número de unidades auxiliares de potência (*no-breaks*) para o sistema de sinalização.

O novo sistema de sinalização garante maior segurança operacional, permitindo operação remota de emergência, não ocorrência de avanço de sinal e o aumento em 21% na confiabilidade de sistemas de sinalização e controle. Essas melhorias possibilitaram um aumento de fluidez de tráfego com segurança operacional, possibilitam a programação prévia de rotas.

**Figura 10 – Rede de Comunicação de Dados.**



Fonte – MRS Logística.

O sistema de arquitetura de dados emprega rádios 256 MHz, sinal GSM em regiões com cobertura e redes Wi-Fi em pontos de maior concentração de máquinas e operadores. Os consoles de voz analógicos foram substituídos por modelos digitais, com interface configurável.

**Figura 11 – Modernização do Centro de Controle e Operação.**



Analógico



Digital

Fonte – MRS Logística.

## 5 CONCLUSÃO

O sistema de comunicação CBTC se mostra crucial como garantia de segurança operacional e maior otimização do sistema. A utilização de rádios digitais reduziu em 90% o nível de ruído, com uma redução de 80% nos locais sem alcance de sinal, também denominados pontos de sombra. Tais implementações possibilitaram a operação remota em emergências. As melhorias aumentaram a confiabilidade dos sistemas de sinalização e controle. Todos esses aspectos convergem para um aumento na segurança e conseqüentemente, na redução de acidentes além de garantirem maior efetividade desse modal seja no transporte de cargas ou de pessoas.

Desse modo, pode-se afirmar que a modernização dos sistemas de comandos oferece maior eficiência na operação, em que alguns cliques substituíram uma complexa série de comandos. Gráficos manuais foram substituídos por uma interface gráfica, possibilitando a programação prévia de rotas. Neste processo de modernização efetuou-se a integração entre as equipes de logísticas, pátios, manutenção o que reduz as perdas operacionais e potencializa a aplicabilidade do sistema.

### **ABSTRACT**

In Brazil, due to its vast territorial extension, the rail modal is the most effective means of transporting cargo and services. To increase the effectiveness of this modal, the implementation of the CBTC control system was proposed, which aims at greater rail management, providing greater safety and optimizing transport. This work intends to analyze the impacts of the implementation of the CBTC control system in the railway management through a case study of the company MRS Logistics in the railway sector in the Southeast of Brazil, showing the main benefits of implementing this system for the company. In this way, CBTC automates the system, transforming a series of complex commands into a simpler system with constant monitoring. This measure provides

greater safety in the modal in addition to ensuring the optimization of operations in the railway modal. After the implementation of the CBTC system, there was a 90% reduction in the communication noise level, in addition to an increase of about 20% in the reliability of signaling and control systems.

**Keywords:** CBTC. Control system. Railway sector.

## REFERÊNCIAS

CAUCHICK MIGUEL, Paulo Augusto et al. **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010.

CNT. **Plano CNT de transporte e logística 2018**. – Brasília: CNT, 2018. Disponível em:  
<https://planotransporte.cnt.org.br/Content/docs/Plano%20CNT%20Transporte%20-%20Pesquisa%20Completa.pdf>>. Acessado em: 01 jul. 2021.

CORBAGE, Claudio de Oliveira. **LOGÍSTICA BRASILEIRA: um estudo teórico do modal ferroviário**. 73 p. Monografia (Tecnólogo em Gestão Pública). João Pessoa/PB - Campus I da UFPB, 2015.

CORREA, Vivian Helena Capacle. RAMOS, Pedro. A precariedade do transporte rodoviário brasileiro para o escoamento da produção de soja do Centro-Oeste: situação e perspectivas. **Revista de Economia e Sociologia Rural**. Volume: 48, Número. 2011.

DANTAS NETO, Diocleciano. **Uma análise da implantação de sistemas inteligentes de transporte na Região Metropolitana do Recife: enfoque em arquitetura de redes veiculares**. 2017. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2017.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Dados Históricos**, 2020. Disponível em:  
<<http://www.dnit.gov.br/menu/ferrovias/historico>>. Acessado em: 01 mar. 2021.

DIAS, Marco Aurélio. **Logística, Transporte e Infraestrutura: Armazenagem, Operador Logístico, Gestão via TI, Multimodal.** São Paulo: Atlas, 2012.

GODDARD, E. (Editor), 2003, **Metro Railway Signalling**, Institute of Railway Signal Engineers.

GOMES, Francisco Moraes. **A influência da modernização do sistema de controle de trens no consumo de energia no metrô de São Paulo.** 2017. Dissertação (Mestrado). Universidade Nova de Julho – UNINOVE. São Paulo.

JÚNIOR, Jorge Ubirajara Pedreira. **Modelagem, simulação e otimização do transporte de cargas na Ferrovia de Integração Oeste Leste (FIOL).** 2015. 151 p.: il. color. Dissertação (Mestre em Engenharia Industrial). Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia – Salvador, 2015.

MENELAU, Bruno Gomes de Sá. **Infraestrutura do Transporte: Impactos Sobre o Setor Produtivo, Com Ênfase nos Modais Rodoviário e Ferroviário.** 2012. Dissertação (Mestrado Profissionalizante). Universidade Federal de Pernambuco-UFPE.

MRS, Logística SA. **Treinamento do Sistema de Controle de Bordo.** Abr. 2012

NUNES, Conrado. **Utilização de Métodos de Análise de Falhas em um Sistema de Sinalização Ferroviária.** 2012. Monografia (Pós-Graduação) – Especialização em Transporte Ferroviário de Cargas, Departamento de Engenharia de transportes, Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, 2012.

PRETO, Gerson. Rede MPLS, **Tecnologias e Tendências de Evoluções Tecnológicas.** 37 p. Trabalho de conclusão de curso de Especialização. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2018.

ROCHA, Cristine Fursel. **O transporte de cargas no brasil e sua importância para a economia.** 2015. Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul – UNIJUI.

RUIZ-PADILLO, Alejandro. **Sistemas de transporte: introdução, conceitos e panorama: Cachoeira do Sul.** Rio Grande do Sul, Brasil. 2020. 162 p. Cachoeira do Sul, RS: UFSM-CS.

Rumsey, A.F. and Ghaly, N., 2014, “**Resignalling with communications-based train control – NYCT’s recipe for success**”, Proceedings. of the Ninth International Conference on Computers in Railways.

SCHARF, Francisco. **Transporte Ferroviário de cargas: Panorama e Perspectivas para Ferrovia**. 2014. Florianópolis, SC, 65 p. Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Santa Catarina, Campus Joinville.

SILVA, Thiago Silveira Figueiredo. **Os impactos da implantação do CBTC no backbone da MRS**. 2015. Trabalho Final de Curso (Programa de Especialização em Engenharia de Transporte Ferroviário de Carga). Instituto Militar de Engenharia - IME.

VALLE, Rosana. **Câmara dos Deputados PL 5232/2019**. São Paulo. 2019.  
Disponível em:  
<https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/fichadetramitacao?idProposicao=2221906>. Acesso em: 03 mar. 2021.