

METRÔDETECTA: INTELIGÊNCIA COLETIVA QUE TRANSFORMA RUÍDO EM DIAGNÓSTICO NO METRÔ DE SÃO PAULO

METRÔDETECTA: COLLECTIVE INTELLIGENCE THAT TRANSFORMS NOISE INTO DIAGNOSIS AT SÃO PAULO METRO

Alessandro Lins Alves

Mestre em Automação e Controle de Processos. Instituto Federal de São Paulo (IFSP) – Brasil.

alealves@metrosp.com.br

Diego Silva Rocha

Engenheiro Eletricista. Universidade Anhembi Morumbi (UAM) – Brasil.

dsrocha@metrosp.com.br

Jackson de Carvalho Galocha

Especialização em Tecnologia Metroferroviária. Escola Politécnica (USP) – Brasil.

jgalocha@metrosp.com.br

Ronaldo Pereira Lacerda

MBA Executivo em Gestão de Metrô e Transporte Ferroviário. Faculdade Iguaçu (FI) - Brasil.

rplacerda@metrosp.com.br

Viviane Ricarda Lima Veiga

Especialização em Plataforma BIM. Instituto Brasileiro de Educação Continuada (INBEC) – Brasil.

vrveiga@metrosp.com.br

RESUMO

Este artigo tem como objetivo apresentar o Projeto MetrôDetecta sob o enfoque da Gestão do Conhecimento aplicada à manutenção preditiva de ativos metroferroviários. Desenvolvido no contexto da Linha 15-Prata do Metrô de São Paulo, o projeto responde à limitação dos métodos tradicionais de inspeção visual dos Finger Plates, componentes críticos distribuídos ao longo de aproximadamente 29 km de infraestrutura operacional. A originalidade do trabalho está em demonstrar que a solução não se restringe a um sistema de monitoramento acústico, mas constitui um modelo de conversão de conhecimento tácito, experiência de campo e dados operacionais em inteligência estruturada para decisão. A metodologia consistiu em estudo de caso aplicado, com análise documental, diagnóstico de lacunas, estruturação de requisitos, desenvolvimento tecnológico, validações em ambiente operacional, governança pelo Programa de Inovação Tecnológica (PLIM), Mapa Estratégico e utilização de Objetivos e Resultados

Chave (OKR) para execução do projeto, além de articulação de 45 profissionais, engenheiros e técnicos, de diferentes áreas da Companhia e parcerias técnicas com instituições. Os resultados incluem a utilização dos próprios trens como plataformas móveis de monitoramento, identificação individual dos ativos por RFID, histórico por Finger Plate, centralização de informações em dashboards, apoio à manutenção baseada na condição e depósito do pedido de patente BR102023022933. Como implicação prática, o artigo apresenta um modelo replicável de Gestão do Conhecimento para transformar sinais acústicos operacionais, conhecimento especializado e colaboração multidisciplinar em rastreabilidade, confiabilidade, redução de riscos e inovação pública.

Palavras-chave: Gestão do Conhecimento, MetrôDetecta, Manutenção Preditiva, Rastreabilidade de Ativos, Inovação Metroferroviária.

ABSTRACT

This paper aims to present the MetrôDetecta Project from the perspective of Knowledge Management applied to predictive maintenance of metro-rail assets. Developed in the context of São Paulo Metro's Line 15-Silver, the project addresses the limitations of traditional visual inspection methods for Finger Plates — critical components distributed along approximately 29 km of operational infrastructure. The originality of this work lies in demonstrating that the solution is not limited to an acoustic monitoring system, but rather constitutes a model for converting tacit knowledge, field experience, and operational data into structured intelligence for decision-making. The methodology consisted of an applied case study, encompassing document analysis, gap diagnosis, requirements structuring, technology development, operational environment validations, governance through the Technological Innovation Program (PLIM), Strategic Map, and the use of Objectives and Key Results (OKRs) for project execution, as well as the coordination of 45 professionals, engineers, and technicians from different areas of the Company and technical partnerships with institutions. Results include the use of the trains themselves as mobile monitoring platforms, individual asset identification via RFID, per-Finger Plate historical records, centralized information on dashboards, support for condition-based maintenance, and the filing of patent application BR102023022933. As a practical implication, this paper presents a replicable Knowledge Management model for transforming operational acoustic signals, specialized knowledge, and multidisciplinary collaboration into traceability, reliability, risk reduction, and public innovation.

Keywords: *Knowledge Management, MetrôDetecta, Predictive Maintenance, Asset Traceability, Metro-Rail Innovation.*

1. INTRODUÇÃO

Em sistemas metroferroviários de alta demanda, a confiabilidade operacional depende da capacidade de compreender, antecipar e responder a fenômenos técnicos que muitas vezes se desenvolvem de forma silenciosa antes de se converterem em falhas perceptíveis. A indisponibilidade de um componente crítico da infraestrutura pode afetar a regularidade da circulação, os intervalos entre trens, a capacidade de transporte e a percepção pública sobre a qualidade do serviço. Nesse cenário, a manutenção deixa de ser apenas uma atividade técnica e passa a constituir um processo intensivo em conhecimento.

A Linha 15-Prata do Metrô de São Paulo constitui um ambiente particularmente relevante para essa discussão por operar com tecnologia de monotrilho, na qual a interação entre trem, pneus, vigas-guia e componentes de via permanente difere substancialmente dos sistemas ferroviários convencionais. Entre esses componentes, os Finger Plates (figura 1) exercem papel crítico ao garantir continuidade para a passagem dos pneus do monotrilho nas juntas de dilatação das vigas-guia. Existem 337 Finger Plates distribuídos em 11 estações e aproximadamente 29 km de extensão operacional, com previsão de expansão para 600 Finger Plates.

O projeto surgiu da necessidade de superar as limitações dos métodos tradicionais de inspeção visual, que não conseguem identificar, de forma antecipada, mecanismos de degradação antes que sinais evidentes se manifestem. Essa fragilidade ficou clara em um evento crítico que gerou impactos significativos, incluindo o cancelamento de 393 viagens, a redução de até 82% no volume de passageiros durante o período mais grave e o consumo de mais de 700 Hxh em ações emergenciais de recuperação.

No caso analisado, foram identificados modos de falha relacionados à fadiga de parafusos, formação de vazios estruturais, desalinhamentos progressivos, perdas localizadas de rigidez e deformações permanentes.

A partir desse evento, surgiu o MetrôDetecta, concebido como sistema de monitoramento acústico inteligente para ampliar a capacidade de acompanhamento dos Finger Plates durante a operação comercial. A solução utiliza os próprios trens como plataformas móveis de aquisição de dados, associa eventos a ativos específicos por meio de RFID,

centraliza informações em dashboards e cria históricos individualizados para apoiar decisões de manutenção.

O MetrôDetecta não é apenas uma solução tecnológica de monitoramento, mas um ecossistema de conversão de conhecimento. Ele transforma experiência de campo, percepção acústica, dados operacionais, hipóteses de engenharia, registros históricos, validações em ambiente real e colaboração multidisciplinar em conhecimento estruturado, rastreável e aplicável à tomada de decisão.

A relevância dessa abordagem está no fato de que a solução envolveu 45 profissionais, engenheiros e técnicos, atuando em uma estrutura matricial com participação de áreas como operação, via permanente, material rodante, monitoramento de ativos, equipamentos eletrônicos, sinalização, oficinas, engenharia, suprimentos e tecnologia aplicada. O Centro Universitário FEI também contribui nas discussões técnicas realizadas nas fases iniciais de avaliação do problema e exploração de alternativas de monitoramento. Essa articulação demonstra que a inovação não nasceu apenas da tecnologia, mas da capacidade organizacional de mobilizar e integrar conhecimentos distribuídos.

O MetrôDetecta demonstra que a Gestão do Conhecimento pode transformar um problema operacional crítico em inteligência coletiva aplicada, reunindo dados, experiência, especialistas, governança e tecnologia para antecipar falhas, orientar decisões e preservar conhecimento institucional.



Figura 1 – Finger Plate e Monotrilho da Linha 15

Fonte: Foto Metrô de São Paulo (2026)

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Gestão do Conhecimento como fundamento da inovação operacional

A Gestão do Conhecimento pode ser definida como a disciplina que sistematiza os processos organizacionais voltados à identificação, criação, compartilhamento, preservação e aplicação de conhecimentos relevantes para a consecução da estratégia institucional e para a obtenção de resultados sustentáveis. Trata-se, portanto, de uma prática explícita, intencional e estruturada de gestão do conhecimento, em consonância com o ambiente organizacional e com os objetivos estratégicos da instituição (Davenport & Prusak, 1998; Nonaka & Takeuchi, 1997).

Tal entendimento também converge com o Modelo de Referência em Gestão do Conhecimento proposto pela Sociedade Brasileira de Gestão do Conhecimento (SBGC, 2024), que enfatiza a criação, compartilhamento, preservação e aplicação sistemática do conhecimento como elementos centrais para a geração de valor organizacional.

Na dimensão prática, essa abordagem se materializou em três movimentos complementares:

1. Conversão da experiência em método, mediante a transformação do saber tácito em ativo organizacional reutilizável, em linha com o modelo SECI de criação do conhecimento (Nonaka & Takeuchi, 1997);
2. Transposição de sinais fracos e imperceptíveis em evidências estruturadas, aptas a subsidiar diagnósticos e análises, reforçando a capacidade de antecipação e resposta organizacional;
3. Articulação de especialistas em torno da construção de bases de conhecimento, capazes de sustentar decisões técnicas e gerenciais com rastreabilidade e confiabilidade, fortalecendo a memória organizacional e a legitimidade dos processos decisórios.

Assim, a Gestão do Conhecimento transcende a mera acumulação de informações, configurando-se como um processo dinâmico de criação e utilização de saberes que assegura vantagem competitiva e resiliência organizacional.

No contexto do MetrôDetecta, o conhecimento crítico estava inicialmente distribuído entre diferentes áreas e formatos. Parte dele era tácita, presente na experiência das equipes de via permanente, material rodante e manutenção. Outra parte estava registrada em ocorrências, inspeções, relatórios, sons percebidos em campo, hipóteses sobre modos de falha e dados operacionais.

A inovação consistiu em criar uma arquitetura capaz de reunir esses conhecimentos e convertê-los em uma solução tecnológica aplicada.

Essa leitura aproxima o case de uma visão contemporânea de Gestão do Conhecimento, na qual conhecimento não é apenas estoque de informação, mas fluxo aplicado de aprendizagem, validação e uso. O MetrôDetecta criou um ciclo no qual a observação do problema gerou hipóteses, as hipóteses orientaram a coleta de dados, os dados produziram registros, os registros alimentaram dashboards e os dashboards passaram a apoiar decisões de manutenção.

2.2 Conhecimento tácito, conhecimento explícito e inteligência coletiva

Grande parte dos problemas de manutenção em infraestrutura crítica depende de conhecimento tácito. Técnicos e engenheiros experientes reconhecem padrões, ruídos, comportamentos, alterações sutis e sinais fracos que muitas vezes não estão plenamente documentados. Esse conhecimento é valioso, mas apresenta riscos: pode se perder com a saída de especialistas, variar conforme a interpretação individual e ser difícil de escalar para toda a organização.

O MetrôDetecta atua exatamente nesse ponto. A experiência auditiva e operacional dos especialistas foi utilizada como ponto de partida, mas precisou ser traduzida em requisitos técnicos, variáveis mensuráveis, arquitetura de aquisição, identificação automática e visualização estruturada. A tecnologia não substitui o especialista; ela torna a capacidade de observação mais escalável, auditável e disponível para diferentes níveis da organização.

A integração entre áreas e o uso de uma estrutura multidisciplinar é evidência da inteligência coletiva necessária ao projeto. A solução exigiu conhecimento estrutural, mecânico, operacional, eletrônico, computacional, analítico e de suprimentos. Nenhuma área isolada teria repertório suficiente para resolver o problema completo; a inovação emergiu da integração entre perspectivas complementares.

2.3 Gestão de ativos, manutenção baseada na condição e dados operacionais

A gestão de ativos em sistemas críticos demanda informações confiáveis sobre a condição dos componentes ao longo de seu ciclo de vida. Modelos tradicionais de manutenção preventiva e inspeção periódica continuam necessários, mas podem ser insuficientes quando a degradação evolui internamente ou se manifesta inicialmente por alterações dinâmicas, acústicas ou vibracionais.

Os princípios da manutenção baseada na condição destacam a utilização de informações sobre o estado dos ativos como suporte à tomada de decisão de manutenção, buscando maior disponibilidade, confiabilidade e eficiência operacional (Jardine, Lin & Banjevic, 2006). Além disso, a identificação de alterações dinâmicas, vibracionais ou acústicas como indicadores

precoces de degradação encontra ampla aplicação na área de Structural Health Monitoring (Worden & Duijze, 2004; Farrar & Worden, 2012).

O MetrôDetecta relaciona o problema aos princípios da manutenção baseada na condição, destacando que alterações em componentes mecânicos e estruturais podem se manifestar por mudanças no comportamento dinâmico antes do aparecimento de sinais visíveis.

Sob a ótica da Gestão do Conhecimento, essa constatação representa uma lacuna: os sinais existem, mas ainda não estavam sendo capturados, estruturados, interpretados e incorporados ao processo decisório. O MetrôDetecta responde a essa lacuna ao transformar a própria operação comercial em fonte contínua de dados. Ao utilizar os trens como plataformas móveis de inspeção, o sistema converte a circulação diária em oportunidade de aprendizagem sobre a infraestrutura. Cada passagem pode gerar registros associados ao ativo monitorado, criando uma base histórica que amplia a capacidade de análise e planejamento.

Os conceitos de gestão de ativos apresentados neste trabalho também estão alinhados aos princípios estabelecidos pela ABNT NBR ISO 55001 (ABNT, 2014), especialmente no que se refere à utilização de informações confiáveis para apoiar decisões ao longo do ciclo de vida dos ativos

2.4 Governança da inovação e ambiente PLIM

O desenvolvimento do MetrôDetecta ocorreu no âmbito do Programa Laboratório de Ideias, PLIM, que é uma iniciativa corporativa voltada à geração de soluções tecnológicas para desafios concretos enfrentados pela Companhia. Esse ambiente permitiu transformar uma necessidade operacional em oportunidade de inovação, com compartilhamento de conhecimentos complementares e estruturação de uma resposta aplicável à realidade metroferroviária.

A Engenharia da Operação exerceu a governança do projeto por meio de uma estrutura de planejamento e execução orientada a resultados, utilizando instrumentos modernos de gestão, como Mapa Estratégico específico e a metodologia de Objetivos e Resultados-Chave, OKR. Esses mecanismos permitiram traduzir o desafio técnico em objetivos claros, alinhar prioridades entre áreas, definir responsabilidades, acompanhar entregas, monitorar marcos de evolução e assegurar maior rastreabilidade às decisões tomadas ao longo do desenvolvimento da solução. Esses instrumentos contribuíram para alinhar diferentes áreas em torno de metas compartilhadas, acompanhar o progresso das frentes de trabalho e garantir transparência e rastreabilidade nas decisões técnicas.

No enfoque de Gestão do Conhecimento, o PLIM funcionou como ambiente de criação e integração do conhecimento.

O Mapa Estratégico e os OKRs atuaram como mecanismos de governança da aprendizagem coletiva, conectando problema, metas, responsabilidades, entregas, validação e resultados.

Quadro 1 - Referenciais conceituais aplicados ao MetrôDetecta

Referencial	Aplicação no projeto	Contribuição para a Gestão do Conhecimento
Gestão do Conhecimento	Identificação, captura, organização, compartilhamento e aplicação do conhecimento técnico-operacional sobre Finger Plates.	Transforma conhecimento disperso em inteligência coletiva, rastreável e aplicável à manutenção.
Conhecimento tácito e explícito	Conversão da experiência das equipes em requisitos, dados, registros, dashboards e históricos por ativo.	Reduz dependência de percepção individual e preserva conhecimento crítico.
Gestão de ativos e manutenção baseada na condição	Acompanhamento do comportamento dos Finger Plates durante a operação comercial.	Apoia decisões baseadas em evidências e histórico operacional.
PLIM, Mapa Estratégico e OKR	Ambiente de inovação, execução com metas compartilhadas e governança matricial do projeto.	Organiza a criação do conhecimento e sustenta a colaboração entre áreas.

Fonte: Elaborado a partir de registros internos sobre o projeto.

3. METODOLOGIA

Este artigo adota a abordagem de estudo de caso aplicado, tendo como unidade de análise o desenvolvimento do MetrôDetecta e sua releitura sob o enfoque da Gestão do Conhecimento. A escolha dessa abordagem se justifica porque o fenômeno analisado ocorreu em ambiente real de operação, envolveu múltiplas áreas da Companhia e demandou integração entre conhecimento técnico, experiência operacional, dados, inovação e governança. A metodologia não busca reavaliar tecnicamente a acurácia do sistema, mas evidenciar como o projeto materializa processos de conhecimento em uma solução de manutenção preditiva. A foi conduzida em seis etapas:

Quadro 2 - Etapas metodológicas da releitura do MetrôDetecta pela Gestão do Conhecimento

Etapas	Descrição	Produto Analítico
1. Diagnóstico do problema	Análise das limitações da inspeção visual, criticidade dos Finger Plates e impactos de falhas.	Problema de conhecimento e decisão estruturado.
2. Mapeamento dos conhecimentos críticos	Identificação dos saberes técnicos, operacionais, acústicos, estruturais e de manutenção envolvidos.	Mapa conceitual de conhecimentos necessários.
3. Conversão de conhecimento em arquitetura	Análise da transformação de experiência de campo e hipóteses técnicas em sensores, RFID, dados, dashboards e históricos.	Modelo de conversão de conhecimento tácito e dados em inteligência operacional.
4. Governança e colaboração	Exame do PLIM, Mapa Estratégico, OKR e estrutura matricial multidisciplinar.	Modelo de governança do conhecimento e inovação.
5. Resultados de GC	Sistematização da rastreabilidade, centralização, histórico por ativo, apoio à manutenção e patente.	Evidências de aplicação prática da GC.
6. Replicabilidade	Formulação de passos para aplicar o modelo em outros ativos e linhas.	Modelo replicável de GC aplicada à manutenção preditiva.

Fonte: Elaborado pelos autores com base no estudo de caso MetrôDetecta.

4. O METRÔDETECTA COMO SISTEMA DE GESTÃO DO CONHECIMENTO

4.1 Do problema técnico ao problema de conhecimento

O problema inicial era técnico: detectar antecipadamente alterações nos Finger Plates que não eram suficientemente percebidas por inspeções visuais convencionais. Entretanto, a análise revela que o problema também era de conhecimento. Havia sinais operacionais que podiam estar presentes antes da falha, mas não existia uma estrutura capaz de captá-los, associá-los ao ativo correto, organizar seu histórico e transformá-los em informação utilizável pela manutenção.

Essa constatação muda o enquadramento do projeto. O desafio não era apenas instalar sensores, mas criar um ecossistema de conhecimento aplicado. Para isso, foi necessário traduzir

a percepção dos especialistas em requisitos, definir que tipo de sinal deveria ser observado, identificar corretamente cada Finger Plate, construir mecanismos de armazenamento, desenvolver dashboards e integrar as informações ao processo de decisão.

Dessa forma, o MetrôDetecta nasceu como resposta a uma lacuna entre experiência técnica e ação preditiva. A solução reduziu essa lacuna ao criar meios para que a organização pudesse ouvir, registrar, comparar, aprender e agir com base no comportamento real dos ativos.

4.2 Trens como plataformas móveis de conhecimento operacional

A principal inovação conceitual do MetrôDetecta foi utilizar os próprios trens como plataformas móveis de monitoramento. Em vez de instalar sensores distribuídos em cada ponto da via, a solução concentrou os recursos de aquisição de dados no veículo que percorre diariamente toda a linha. Essa inversão de lógica é relevante tanto do ponto de vista tecnológico quanto do ponto de vista da Gestão do Conhecimento.

Quando o trem passa repetidamente sobre os Finger Plates, sua circulação natural transforma-se em processo contínuo de coleta de dados. A operação comercial deixa de ser apenas atividade-fim e passa a atuar como fonte de conhecimento sobre a infraestrutura. Cada passagem pode gerar informação sobre o comportamento de um ativo, criando condições para histórico individualizado, comparação longitudinal e priorização de inspeções.

Sob a perspectiva de Gestão do Conhecimento, essa abordagem amplia a capacidade de aprendizagem organizacional. O sistema aprende com a operação real, em ambiente real, com dados produzidos pelo próprio serviço prestado.

Essa característica aproxima o MetrôDetecta de um modelo de organização que aprende em tempo real.

4.3 RFID, rastreabilidade e memória individual dos ativos

A identificação automática por RFID foi um dos elementos centrais da solução. Sem associar corretamente cada evento ao respectivo Finger Plate, o dado acústico perderia utilidade operacional, pois a equipe de manutenção não teria como direcionar a inspeção ao componente correto. A instalação de tags RFID individualmente nos Finger Plates permitiu identificar o ativo monitorado durante a passagem do trem e vincular a medição ao histórico correspondente.

Esse mecanismo representa uma prática de Gestão do Conhecimento aplicada à gestão de ativos. Cada Finger Plate deixa de ser apenas um componente físico distribuído na via e passa a possuir uma memória digital própria, composta por registros acumulados ao longo do tempo.

Essa memória do ativo reduz a dependência de registros dispersos, facilita consultas históricas e cria base para comparação entre diferentes regiões da infraestrutura.

A rastreabilidade também aumenta a qualidade da tomada de decisão, pois permite direcionar recursos, equipes e janelas de manutenção para pontos que demandam maior atenção. Em uma infraestrutura com centenas de componentes, essa capacidade tem impacto direto sobre a eficiência e a priorização das atividades.

4.4 Dashboards e transformação de dados em conhecimento acionável

O desenvolvimento de dashboards foi essencial para transformar registros técnicos em informações acessíveis às equipes de manutenção e engenharia. Essas interfaces foram concebidas para apoiar atividades de monitoramento e tomada de decisão, permitindo visualização estruturada dos Finger Plates monitorados e de seus registros históricos.

Na perspectiva da Gestão do Conhecimento, dashboards não são apenas interfaces visuais, eles são dispositivos de mediação do conhecimento. Ao reunir dados, histórico, localização e informação operacional em ambiente centralizado, os painéis reduzem a dispersão informacional e criam uma base comum para discussão técnica, planejamento e priorização.

A centralização das informações e a disponibilização dos dados em tempo real na Central de Monitoramento, também favorece a gestão da memória organizacional. Antes da implantação do sistema, parte do conhecimento sobre os ativos dependia de inspeções presenciais, relatos e registros pontuais.

Com o MetrôDetecta, os registros passam a ser organizados em uma estrutura consultável, comparável e reutilizável em análises futuras.

4.5 Estrutura matricial: 45 profissionais como infraestrutura humana de conhecimento

A participação de 45 profissionais, entre engenheiros e técnicos, é um dos elementos mais fortes do case sob a ótica de Gestão do Conhecimento.

Esse número demonstra que o MetrôDetecta não foi o resultado de uma solução isolada, mas de um ecossistema de inteligência coletiva aplicada.

A natureza complexa do problema demandou uma articulação transversal entre diferentes áreas organizacionais. Essa diversidade de competências possibilitou a construção de uma abordagem integrada, na qual cada área técnica aportou conhecimentos especializados que se revelaram indispensáveis para a consolidação dos resultados.

A sinergia multidisciplinar não apenas ampliou a robustez técnica do projeto, mas também evidenciou a relevância da cooperação intersetorial como fator determinante para a

geração de soluções confiáveis e sustentáveis no contexto da gestão do conhecimento aplicada à operação.

A execução do projeto contou com a participação integrada de diversas áreas técnicas, cada uma aportando conhecimentos especializados que se mostraram fundamentais para a consolidação dos resultados:

- Equipes de Operação: contribuíram com análises aprofundadas sobre o comportamento da linha e os impactos diretos na circulação dos trens, oferecendo subsídios essenciais para a compreensão da dinâmica operacional e para a definição de parâmetros de desempenho.
- Equipes de Via Permanente: trouxeram expertise relativa aos Finger Plates, aos mecanismos de degradação e às condições reais de intervenção, permitindo que o projeto incorporasse elementos técnicos de manutenção e confiabilidade da infraestrutura.
- Equipes de Material Rodante e Monitoramento: desempenharam papel decisivo na viabilização da instrumentação embarcada, assegurando que os sistemas de coleta de dados fossem integrados de forma eficiente aos veículos e possibilitando a geração de informações em tempo real.
- Áreas de Eletrônica, Sinalização e Tecnologia: foram responsáveis pela concepção e implementação dos processos de aquisição, transmissão, organização e visualização dos dados, garantindo que as informações coletadas fossem tratadas de maneira estruturada e disponibilizadas em formatos adequados para análise técnica e gerencial.
- Área de Suprimentos: apoiou o processo de aquisição e viabilização dos materiais necessários, assegurando condições logísticas e contratuais que permitiram a execução das atividades dentro dos prazos e requisitos estabelecidos.

Essa articulação multidisciplinar não apenas fortaleceu a qualidade técnica do projeto, mas também evidenciou a relevância da integração entre diferentes áreas do conhecimento para a construção de soluções robustas e sustentáveis.

A estrutura matricial é, em si, uma prática de Gestão do Conhecimento. Ao reunir especialistas de diferentes domínios em torno de um problema comum, o projeto criou um espaço de troca, combinação e criação de conhecimento.

O resultado foi um conhecimento novo, que não existia integralmente em nenhuma área isolada.

Quadro 3 - Conversão de conhecimento no MetrôDetecta

Fonte de Conhecimento	Forma Inicial	Conversão Realizada	Produto de Gestão do Conhecimento
Experiência das equipes de campo	Conhecimento tácito sobre ruídos, falhas e condições dos Finger Plates.	Tradução em hipóteses técnicas, requisitos de monitoramento e critérios de observação.	Conhecimento explícito sobre modos de falha e sinais observáveis.
Operação comercial dos trens	Passagens recorrentes sobre os ativos na operação real.	Transformação do trem em plataforma móvel de aquisição de dados.	Fluxo contínuo de registros operacionais.
Identificação dos ativos	Finger Plates distribuídos ao longo da via.	Instalação de tags RFID para associação automática evento-ativo.	Rastreabilidade individual e histórico por componente.
Dados acústicos e operacionais	Sinais coletados durante a circulação.	Registro, organização, centralização e disponibilização em dashboards.	Conhecimento acionável para apoio à manutenção.
Equipe multidisciplinar	Conhecimentos distribuídos em áreas distintas.	Integração por estrutura matricial, PLIM, Mapa Estratégico e OKR.	Inteligência coletiva aplicada à inovação.

Fonte: Elaborado a partir do estudo de caso MetrôDetecta e registros internos sobre o projeto.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Resultados tecnológicos e operacionais

A implantação do MetrôDetecta resultou em uma arquitetura operacional capaz de monitorar Finger Plates utilizando os próprios trens da Linha 15-Prata como plataformas móveis de aquisição de dados. O sistema permite associar eventos registrados a ativos específicos, armazenar informações, disponibilizar registros para equipes de manutenção e criar uma nova camada de observação da infraestrutura.

Entre os resultados destacam-se: utilização dos trens como plataformas móveis de monitoramento, identificação automática dos Finger Plates, rastreabilidade individual dos ativos, criação de históricos de acompanhamento por componente, centralização das informações coletadas em operação, disponibilização de registros para as equipes de manutenção, arquitetura escalável e depósito do pedido de patente BR102023022933.

O sistema também rompe com a lógica de monitoramento exclusivamente presencial. Ele não substitui a inspeção de campo, mas qualifica essa inspeção ao fornecer uma nova fonte de informação, complementar à experiência técnica das equipes. Essa é uma distinção importante para evitar a falsa oposição entre tecnologia e conhecimento humano. O MetrôDetecta amplia a capacidade dos especialistas, tornando sua atuação mais orientada por evidências.

5.2 Resultados de Gestão do Conhecimento

Sob a perspectiva de Gestão do Conhecimento, os resultados mais relevantes são a preservação do conhecimento crítico, a transformação de experiência em informação estruturada, a criação de memória digital por ativo, a integração de especialistas e a institucionalização de uma nova forma de aprender com a operação. A solução permitiu transformar dados acústicos brutos em registros associados a ativos específicos.

Esse processo é uma forma de externalização do conhecimento: aquilo que antes dependia da percepção, do julgamento e da experiência de especialistas passa a ser registrado, comparado e disponibilizado em uma base estruturada.

O projeto também gerou conhecimento institucional protegido por propriedade intelectual, materializado no pedido de patente BR102023022933.

A patente representa mais do que proteção jurídica; ela formaliza conhecimento desenvolvido internamente, demonstra capacidade técnica da Companhia e cria base para possível exploração futura da solução em novos contextos.

5.3 O papel da colaboração multidisciplinar e das parcerias

A mobilização de dezenas de profissionais demonstra que a inovação em infraestrutura crítica depende de colaboração estruturada. O MetrôDetecta exigiu a combinação de conhecimentos que normalmente estão distribuídos em diferentes áreas organizacionais.

Reunir esses conhecimentos em torno de um problema concreto foi condição essencial para transformar uma percepção operacional em uma solução tecnológica implantável.

O Centro Universitário FEI participou nas discussões técnicas realizadas nas fases iniciais de avaliação do problema e exploração de alternativas de monitoramento.

Essa parceria reforça a importância da abertura organizacional para diálogos técnicos externos, especialmente quando o desafio envolve processamento de sinais, validação de hipóteses e rigor metodológico.

5.4 Replicabilidade do modelo

A principal contribuição prática do MetrôDetecta não está limitada ao monitoramento de Finger Plates. O modelo demonstra uma lógica replicável para transformar problemas operacionais complexos em sistemas de conhecimento aplicados à manutenção preditiva. Essa lógica pode ser utilizada em outros ativos cuja condição operacional possa ser inferida por sinais, eventos, vibração, som, comportamento térmico, consumo ou indicadores de desempenho.

A replicabilidade do modelo proposto fundamenta-se em seis princípios estruturantes: identificação do ativo crítico, como condição para priorização e gestão estratégica, compreensão aprofundada dos modos de falha, permitindo antecipação de riscos e mitigação de impactos, mapeamento sistemático do conhecimento tácito das equipes, assegurando a captura de saberes práticos acumulados, transformação desse conhecimento em requisitos objetivos de monitoramento, viabilizando sua operacionalização, criação de mecanismos de rastreabilidade individual dos ativos, garantindo confiabilidade e transparência nos processos de análise e disponibilização do conhecimento resultante em interfaces de apoio à decisão, ampliando a capacidade técnica e gerencial da organização.

Esses princípios apresentam caráter transversal e podem ser aplicados a diferentes áreas da operação metroviária, incluindo via permanente, material rodante, sistemas de energia, sinalização, telecomunicações e sistemas auxiliares. Além disso, o modelo demonstra potencial de integração com as Ferramentas de Suporte ao Desempenho do Metrô, tais como MetrôTUBE, MetrôManuais, MetrôEaD, MetrôFlash, MetrôSimuladores, MetrôLições Aprendidas, MetrôMelhoresPráticas, MetrôNetWorkLearning e MetrôMétricas.

Essa articulação ampliaria significativamente o alcance dos resultados, ao transformar o conhecimento gerado pelo MetrôDetecta em trilhas de aprendizagem, práticas consolidadas, lições aprendidas, indicadores de desempenho e programas de capacitação contínua.

O modelo transcende a função instrumental de monitoramento e diagnóstico, consolidando-se como uma arquitetura estruturada de institucionalização do conhecimento organizacional. Ao integrar captura sistemática de sinais operacionais, rastreabilidade individual dos ativos, formação de históricos técnicos, análise especializada, compartilhamento de informações e apoio à tomada de decisão, a solução transforma dados dispersos e experiências de campo em conhecimento explícito, auditável e reutilizável. Esse processo fortalece a aprendizagem organizacional, reduz a dependência exclusiva do conhecimento individual, amplia a capacidade de antecipação de falhas, qualifica a priorização das

intervenções e sustenta ciclos permanentes de melhoria contínua. Com isso, o MetrôDetecta passa a representar não apenas uma tecnologia aplicada à manutenção preditiva, mas um modelo de governança do conhecimento capaz de elevar a prontidão operacional da empresa, aumentar a confiabilidade dos ativos críticos e apoiar a replicação da abordagem em outros sistemas de infraestrutura metroferroviária.

Quadro 4 - Resultados do MetrôDetecta sob a ótica da Gestão do Conhecimento

Resultado	Descrição	Valor para GC	Valor para a operação
Rastreabilidade individual	Associação automática de eventos a cada Finger Plate por RFID.	Criação de memória digital por ativo.	Direcionamento de inspeções e priorização de manutenção.
Histórico por componente	Acúmulo de registros associados ao ativo ao longo do tempo.	Preservação e reutilização do conhecimento operacional.	Análise de evolução e apoio à manutenção baseada na condição.
Dashboards centralizados	Disponibilização estruturada das informações para equipes técnicas.	Conhecimento acessível, compartilhável e auditável.	Melhor planejamento e comunicação entre áreas.
Equipe multidisciplinar	Participação de 45 profissionais, engenheiros e técnicos, de diferentes áreas.	Criação de inteligência coletiva e combinação de saberes.	Solução mais aderente à realidade operacional.
Pedido de patente	Depósito BR102023022933 para sistema de monitoramento de elementos de via em mon trilhos.	Proteção e formalização do conhecimento criado.	Potencial de inovação institucional e novos negócios.

Fonte: Elaborado a partir do artigo MetrôDetecta

6. MODELO REPLICÁVEL DE GC APLICADA À MANUTENÇÃO PREDITIVA

A arquitetura do MetrôDetecta foi desenvolvida para transformar eventos observados durante a circulação dos trens em informações estruturadas para acompanhamento pelas equipes de manutenção. O fluxo operacional do sistema pode ser representado conforme figura 2.

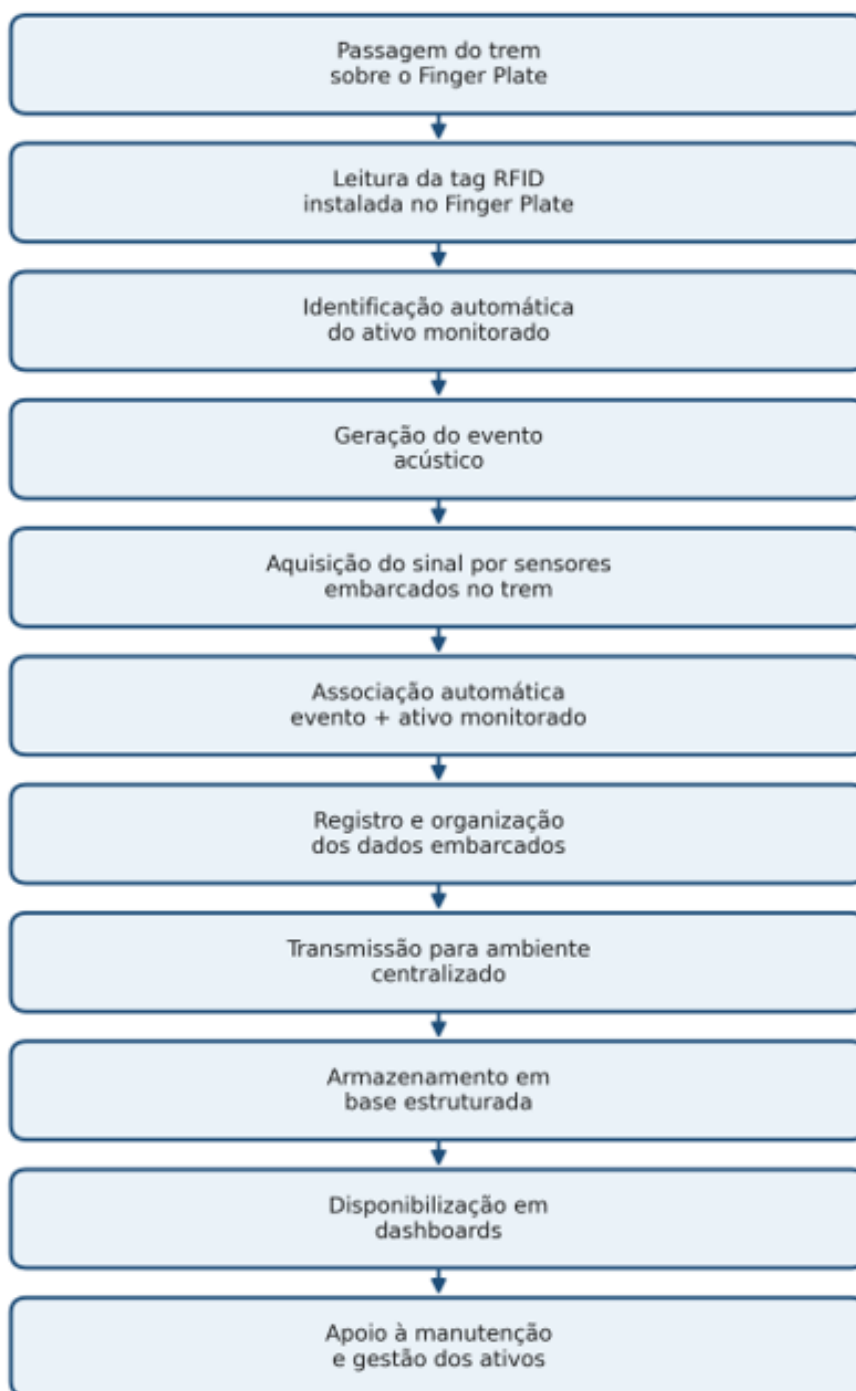


Figura 2 – Fluxo operacional da arquitetura do MetrôDetecta

Fonte: Metrô de São Paulo (2026)

Com base no caso MetrôDetecta, é possível propor um modelo replicável de Gestão do Conhecimento aplicada à manutenção preditiva. O modelo parte da premissa de que falhas operacionais complexas raramente são apenas problemas técnicos, elas envolvem lacunas de conhecimento, sinais não capturados, registros dispersos, baixa rastreabilidade, dependência de especialistas e dificuldade de transformar experiência em decisão.

O modelo organiza-se em oito etapas metodológicas:

1. Formulação do problema como lacuna de conhecimento, exemplificada no caso dos Finger Plates, em que se identificou a ausência de mecanismos sistematizados para captar e interpretar sinais acústicos;
2. Mapeamento dos conhecimentos críticos, incluindo modos de falha, histórico de ocorrências, experiência acumulada dos especialistas e requisitos operacionais;
3. Conversão dos conhecimentos em arquitetura de observação, definindo sensores, protocolos de identificação, coleta, armazenamento e visualização;
4. Criação de mecanismos de rastreabilidade individual, assegurando que os dados coletados mantenham valor analítico e possam ser correlacionados com ativos específicos;
5. Estruturação da memória do ativo, mediante a construção de históricos técnicos por componente, consolidando evidências para análises futuras;
6. Disponibilização do conhecimento em formato acionável, por meio de dashboards, procedimentos operacionais e rotinas de apoio à decisão;
7. Retroalimentação contínua do sistema, incorporando lições aprendidas, validações empíricas e novas hipóteses de investigação;
8. Proteção e disseminação do conhecimento gerado, por meio de patentes, manuais técnicos, programas de capacitação, comunidades de prática e ferramentas de suporte ao desempenho.

Esse encadeamento metodológico confere ao modelo caráter sistêmico e replicável, permitindo não apenas a institucionalização do conhecimento organizacional, mas também a criação de um ciclo virtuoso de aprendizagem contínua.

Ao integrar captura, análise, rastreabilidade e disseminação, o modelo fortalece a confiabilidade dos processos de manutenção preditiva e contribui para a prontidão operacional da organização.

Quadro 5 - Modelo replicável de GC para manutenção preditiva

Etapa	Pergunta Orientadora	Aplicação Inspirada no MetrôDetecta
1. Problematicar como lacuna de conhecimento	Que sinal existe, mas ainda não está sendo capturado ou interpretado?	Alterações acústicas nos Finger Plates antes da falha funcional.
2. Mapear conhecimento crítico	Que conhecimentos técnicos e tácitos explicam o fenômeno?	Modos de falha, ruídos, vibração, histórico de ocorrências e experiência de campo.
3. Converter em requisitos	Como transformar experiência em critério técnico observável?	Sensores, RFID, trem instrumentado, registro e dashboard.
4. Garantir rastreabilidade	Como associar cada dado ao ativo correto?	Identificação individual por RFID.
5. Criar memória do ativo	Como registrar a evolução do componente?	Histórico individual por Finger Plate.
6. Tornar acionável	Como transformar dado em decisão?	Dashboards e apoio à programação da manutenção.
7. Aprender e retroalimentar	Como melhorar o modelo com a experiência real?	Validações em campo, comparação de registros e lições aprendidas.
8. Proteger e disseminar	Como preservar e escalar o conhecimento criado?	Patente, documentação, ferramentas de suporte e comunidades de prática.

Fonte: Proposição dos autores a partir do estudo de caso MetrôDetecta.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS E IMPLICAÇÕES

O MetrôDetecta evidencia que a Gestão do Conhecimento pode desempenhar papel decisivo na modernização da manutenção metroferroviária. O projeto demonstra que a confiabilidade dos ativos não depende apenas de sensores, algoritmos ou dashboards, mas da capacidade organizacional de transformar conhecimento tácito, experiência de campo, sinais operacionais e colaboração multidisciplinar em inteligência aplicada à decisão.

A principal contribuição do trabalho está em reposicionar o MetrôDetecta como um caso de Gestão do Conhecimento aplicada. A solução não apenas monitora Finger Plates; ela estrutura um fluxo de conhecimento que começa na observação do problema, passa pela articulação de especialistas, transforma hipóteses em dados, converte dados em registros rastreáveis, organiza histórico por ativo e disponibiliza informação para ação da manutenção.

Como implicação teórica, o artigo aproxima Gestão do Conhecimento, gestão de ativos, manutenção baseada na condição, inovação pública e aprendizagem organizacional. Como implicação prática, apresenta um modelo replicável para outros ativos e sistemas críticos. Como implicação gerencial, demonstra que projetos de inovação em infraestrutura devem ser concebidos como sistemas de conhecimento, com governança, papéis, rastreabilidade, indicadores, proteção intelectual e mecanismos de disseminação.

O MetrôDetecta mostra que a inovação não nasce apenas da tecnologia, mas da inteligência coletiva de pessoas capazes de formular boas perguntas, interpretar fenômenos reais, testar hipóteses, integrar áreas e transformar conhecimento em solução. A tecnologia ampliou a capacidade de observação; a Gestão do Conhecimento tornou possível organizar, validar, preservar e aplicar essa observação em favor da operação.

As principais limitações deste artigo referem-se ao uso de um estudo de caso aplicado e à dependência de registros documentais internos. Estudos futuros podem aprofundar a análise de impacto por meio de indicadores longitudinais, entrevistas com participantes, avaliação da maturidade do conhecimento gerado, mensuração da efetividade dos dashboards e estudo de replicação em outros ativos da infraestrutura metroferroviária.

Conclui-se que o MetrôDetecta representa mais do que um sistema de monitoramento acústico inteligente. Ele materializa uma nova lógica de Gestão do Conhecimento aplicada à infraestrutura crítica: ouvir sinais fracos, integrar especialistas, registrar evidências, construir memória dos ativos e transformar conhecimento em decisão. Ao fazer isso, o Metrô de São Paulo demonstra que a inovação pública de alto impacto nasce quando dados, pessoas, método

e propósito se combinam para proteger a operação, reduzir riscos e entregar um serviço mais seguro e confiável à população.

O MetrôDetecta mostra que o melhor incidente operacional é aquele que nunca acontece porque foi percebido antes: conhecimento capturado, estruturado e aplicado no momento certo transforma sinais invisíveis em decisão, risco em prevenção e experiência coletiva em inovação pública.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR ISO 55001:2014: gestão de ativos: sistemas de gestão: requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2014.

COMPANHIA DO METROPOLITANO DE SÃO PAULO. MetrôDetecta: Sistema de Monitoramento Acústico Inteligente para Detecção de Falhas em Finger Plates. São Paulo: Metrô-SP, 2026. Documento técnico interno.

COMPANHIA DO METROPOLITANO DE SÃO PAULO. Sistema de monitoramento de elementos de via em mon trilhos. Pedido de patente BR102023022933. Instituto Nacional da Propriedade Industrial, 2023.

DAVENPORT, Thomas H.; PRUSAK, Laurence. Conhecimento empresarial: como as organizações gerenciam o seu capital intelectual. Rio de Janeiro: Campus, 1998.

FARRAR, C. R.; WORDEN, K. Structural health monitoring: a machine learning perspective. Chichester: John Wiley & Sons, 2012.

JARDINE, A. K. S.; LIN, D.; BANJEVIC, D. A review on machinery diagnostics and prognostics implementing condition-based maintenance. Mechanical Systems and Signal Processing, London, v. 20, n. 7, p. 1483-1510, 2006.

NONAKA, Ikujiro; TAKEUCHI, Hirotaka. Criação de conhecimento na empresa: como as empresas japonesas geram a dinâmica da inovação. Rio de Janeiro: Elsevier, 1997.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE GESTÃO DO CONHECIMENTO. Modelo de Referência em Gestão do Conhecimento: guia rápido. São Paulo: SBGC, 2024.

WORDEN, K.; DULIEU-BARTON, J. M. An overview of intelligent fault detection in systems and structures. Structural Health Monitoring, Thousand Oaks, v. 3, n. 1, p. 85-98, 2004.