



Prêmio
Tecnologia &
Desenvolvimento
Metroferroviários



32ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
13º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS
CATEGORIA 3

GESTÃO DE INTERFACES NA ENGENHARIA DE PROJETOS FERROVIÁRIOS COM
USO DO BIM

INTRODUÇÃO

Os empreendimentos ferroviários figuram entre os projetos de infraestrutura mais complexos da engenharia contemporânea, caracterizando-se pela integração simultânea de diferentes disciplinas técnicas, extensas implantações lineares, elevado número de agentes envolvidos e intensa interação com ambientes urbanos e sistemas operacionais existentes. Diferentemente de empreendimentos convencionais, projetos ferroviários demandam compatibilização contínua entre infraestrutura civil, via permanente, sistemas ferroviários, obras de arte



Prêmio
Tecnologia &
Desenvolvimento
Metroferroviários



32ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

13º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

especiais, edificações operacionais, energia, sinalização, telecomunicações, drenagem e demais componentes indispensáveis ao funcionamento do sistema. Essa complexidade exige elevado nível de coordenação entre os diversos agentes envolvidos, uma vez que alterações em uma disciplina podem impactar diretamente o desempenho e a viabilidade das demais (EASTMAN et al., 2018).

Essa elevada quantidade de interfaces torna a coordenação multidisciplinar um dos principais desafios durante o desenvolvimento dos projetos. Em processos tradicionais, baseados na troca fragmentada de documentos e arquivos isolados, é comum que inconsistências geométricas, incompatibilidades técnicas e divergências de informações sejam identificadas apenas em fases avançadas do empreendimento, ocasionando retrabalhos, atrasos, impactos financeiros e dificuldades na tomada de decisão. Segundo Eastman et al. (2018), a fragmentação da informação é uma das principais causas de ineficiência no setor da construção, comprometendo a integração entre disciplinas e aumentando significativamente os riscos durante a execução dos empreendimentos.

Nesse contexto, a metodologia Building Information Modeling (BIM), associada aos princípios da Engenharia Digital, vem sendo incorporada ao setor ferroviário como instrumento para promover maior integração entre disciplinas, aumentar a rastreabilidade das informações e estruturar processos colaborativos de coordenação. De acordo com a ABNT NBR ISO 19650-1 (2021), o BIM deve ser compreendido como um processo de gestão da informação ao longo de todo o ciclo de vida dos ativos, fundamentado na produção colaborativa de informações confiáveis e estruturadas. Complementarmente, a buildingSMART International (2018)



Prêmio
Tecnologia &
Desenvolvimento
Metroferroviários



32ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

13º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

destaca que a interoperabilidade entre modelos digitais constitui um dos pilares para garantir a integração entre diferentes plataformas e agentes envolvidos nos empreendimentos.

Entre os principais elementos dessa abordagem destaca-se a utilização de um Ambiente Comum de Dados (Common Data Environment – CDE), responsável por centralizar o armazenamento, a revisão, o compartilhamento e a validação das informações produzidas pelas diversas equipes. Conforme estabelece a ABNT NBR ISO 19650-2 (2021), o CDE representa a principal fonte de informação de um empreendimento, assegurando rastreabilidade, controle de versões e governança sobre os dados produzidos ao longo do projeto.

O presente trabalho apresenta a aplicação prática dessa metodologia em um empreendimento ferroviário de grande porte, demonstrando como a utilização de modelos digitais integrados, ambientes comuns de dados (CDE), processos estruturados de coordenação e modelos federados contribuiu para a gestão eficiente das interfaces técnicas ao longo do desenvolvimento dos projetos. Diferentemente de abordagens focadas exclusivamente na modelagem tridimensional, este estudo concentra-se na implantação de uma estratégia de Engenharia Digital voltada à governança da informação, à coordenação multidisciplinar e ao apoio à tomada de decisão.

DIAGNÓSTICO

O desenvolvimento de projetos ferroviários envolve elevada complexidade técnica, organizacional e territorial. Em geral, esses empreendimentos são compostos por múltiplos



Prêmio
Tecnologia &
Desenvolvimento
Metroferroviários

ANP
TRILHOS
TIC TRENS

32ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

13º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

contratos, empresas projetistas, fornecedores de sistemas, construtoras, operadores ferroviários, órgãos públicos, concessionárias de serviços e demais partes interessadas. Cada agente atua sobre um conjunto específico de disciplinas, entregáveis e responsabilidades, embora as soluções desenvolvidas estejam diretamente relacionadas e dependam umas das outras para o funcionamento adequado do sistema ferroviário. Essa característica torna a gestão integrada das informações um fator crítico para o sucesso dos empreendimentos lineares de infraestrutura (EASTMAN et al., 2018).

Nesse contexto, observa-se com frequência no setor uma fragmentação significativa entre as equipes responsáveis pelo desenvolvimento dos projetos. As disciplinas de via permanente, terraplenagem, drenagem, geotecnia, obras de arte especiais, arquitetura, estruturas, energia, sinalização, telecomunicações, rede aérea, sistemas auxiliares e edificações operacionais costumam ser contratadas e desenvolvidas por empresas distintas, com cronogramas, metodologias, ferramentas e níveis de maturidade digital diferentes. Essa diversidade de agentes e processos amplia significativamente a complexidade da coordenação multidisciplinar, exigindo mecanismos estruturados de interoperabilidade, colaboração e governança da informação ao longo de todo o ciclo de desenvolvimento do projeto (RAIL BIM ALLIANCE, 2023; ABNT NBR ISO 19650-2, 2021).

Segundo Succar (2009), a adoção do BIM em grandes empreendimentos não depende apenas da utilização de modelos tridimensionais, mas do alinhamento entre processos, pessoas, tecnologias e níveis de maturidade organizacional. Em projetos ferroviários, onde diferentes empresas atuam simultaneamente sobre partes distintas do empreendimento, a ausência



Prêmio
Tecnologia &
Desenvolvimento
Metroferroviários



32ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

13º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

desse alinhamento tende a intensificar a fragmentação das informações, dificultando a coordenação das interfaces e aumentando os riscos de inconsistências entre disciplinas (SUCCAR, 2009; EASTMAN et al., 2018).

Essa estrutura contratual e organizacional tende a produzir ciclos de desenvolvimento parcialmente independentes. Cada disciplina avança de acordo com seus próprios marcos de entrega, muitas vezes sem acesso contínuo às informações atualizadas das demais especialidades. Como consequência, alterações realizadas por uma equipe podem não ser imediatamente incorporadas pelos outros agentes envolvidos, criando divergências entre desenhos, modelos, memoriais, especificações técnicas e demais documentos do projeto.

A ausência de sincronização entre as informações é especialmente crítica em empreendimentos ferroviários, nos quais uma decisão aparentemente localizada pode gerar impactos ao longo de diferentes subsistemas. Uma alteração na geometria da via, por exemplo, pode interferir na posição de plataformas, passarelas, redes de drenagem, estruturas de contenção, postes de rede aérea, equipamentos de sinalização, acessos de manutenção e edificações operacionais. Da mesma forma, uma modificação arquitetônica em uma estação pode afetar instalações elétricas, sistemas de telecomunicações, áreas técnicas, estruturas, fluxos de passageiros e requisitos de segurança.

Apesar dessa elevada interdependência, ainda é comum que a compatibilização dos projetos ocorra de forma pontual, manual ou concentrada apenas nas etapas finais do desenvolvimento. Em determinados casos, a verificação efetiva das interfaces acontece



Prêmio
Tecnologia &
Desenvolvimento
Metroferroviários



32ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

13º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

somente após o início da obra, quando as soluções projetadas precisam ser materializadas em campo. Nesse momento, as inconsistências deixam de ser apenas problemas documentais e passam a representar impedimentos físicos à execução.

A identificação tardia de conflitos pode ocorrer, por exemplo, durante a execução de fundações em áreas ocupadas por redes existentes não consideradas no projeto, na implantação de equipamentos ferroviários sem o espaço livre necessário, na incompatibilidade entre estruturas e sistemas, na ausência de acessos para manutenção, na sobreposição entre drenagem e infraestrutura de via ou na inadequação das dimensões previstas para salas técnicas. Também podem surgir conflitos entre o projeto e as condições reais do terreno, principalmente quando os levantamentos existentes são incompletos, desatualizados ou não estão devidamente integrados às demais informações.

Quando essas incompatibilidades são identificadas em campo, torna-se necessário interromper determinadas frentes de serviço para análise, revisão e tomada de decisão. A solução pode envolver a elaboração de novos estudos, emissão de solicitações de informação, revisão de projetos, adequação de métodos construtivos, mobilização adicional de equipes ou até mesmo demolição e reconstrução de elementos já executados.

Esse processo gera um ciclo de retrabalho que afeta tanto a engenharia quanto a construção. As equipes de projeto precisam revisar soluções já aprovadas, analisar impactos em outras disciplinas e emitir novas versões dos documentos. Paralelamente, as equipes de obra



Prêmio
Tecnologia &
Desenvolvimento
Metroferroviários



32ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

13º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

precisam reorganizar atividades, equipamentos, mão de obra e frentes de serviço, muitas vezes sem uma previsão clara para a liberação definitiva da solução.

As consequências desse cenário extrapolam a fase de desenvolvimento dos projetos, produzindo impactos diretos sobre a execução das obras, a gestão contratual e o desempenho futuro da infraestrutura ferroviária. Entre os principais efeitos observados destacam-se o aumento dos custos, o comprometimento dos prazos, a redução da produtividade e a perda de previsibilidade do empreendimento. Serviços previamente planejados podem ser adiados, equipes podem permanecer ociosas durante a definição de soluções técnicas e materiais ou equipamentos podem necessitar de substituição em decorrência de alterações identificadas durante a execução. Além disso, decisões tomadas em caráter emergencial tendem a comprometer a padronização das soluções, a qualidade técnica dos projetos e, em alguns casos, gerar impactos sobre a operação e a manutenção dos ativos ao longo de seu ciclo de vida. De acordo com Eastman et al. (2018), a identificação antecipada de incompatibilidades constitui um dos principais benefícios proporcionados pela metodologia BIM, reduzindo retrabalhos e aumentando a confiabilidade das soluções desenvolvidas. Da mesma forma, a ABNT NBR ISO 19650-1 (2021) estabelece que a gestão estruturada da informação tem como objetivo fornecer informações confiáveis para apoiar a tomada de decisão ao longo de todo o ciclo de vida dos ativos, contribuindo para a mitigação de riscos técnicos, operacionais e financeiros. Sob a ótica do gerenciamento de projetos, mudanças implementadas em fases mais avançadas tendem a apresentar maior impacto sobre custo, prazo e desempenho do



Prêmio
Tecnologia &
Desenvolvimento
Metroferroviários



32ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

13º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

empreendimento quando comparadas àquelas tratadas durante as etapas iniciais de desenvolvimento (PMI, 2021).

Outro efeito relevante é o aumento do volume de alterações durante a execução. Quanto mais tarde uma incompatibilidade é identificada, maior tende a ser o número de documentos afetados. Uma única mudança pode exigir a revisão de plantas, cortes, detalhes, memoriais, especificações, planilhas de quantitativos e modelos de diferentes disciplinas. Caso essas alterações não sejam gerenciadas de forma integrada, surgem novas divergências entre os documentos e amplia-se o risco de execução com informações desatualizadas.

A dificuldade de rastrear revisões e decisões também representa um problema recorrente. Quando as informações são compartilhadas por diferentes canais, como e-mails, reuniões, planilhas e diretórios locais, torna-se mais difícil identificar qual é a versão vigente de um documento, quem solicitou determinada alteração, qual agente é responsável pela solução e quais disciplinas foram impactadas. A ausência de uma fonte única e confiável de informação reduz a transparência dos processos e aumenta o risco de que decisões importantes não sejam corretamente comunicadas ou registradas.

Nos projetos ferroviários, as interfaces não se limitam às interferências geométricas. Existem também interfaces funcionais, operacionais, temporais, contratuais e institucionais. Uma solução pode não apresentar conflito físico e, ainda assim, ser inadequada do ponto de vista da operação ferroviária, da manutenção, da segurança ou da sequência construtiva.



Prêmio
Tecnologia &
Desenvolvimento
Metroferroviários



32ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

13º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

As interfaces funcionais estão relacionadas à capacidade dos diferentes componentes de operar como um único sistema. Equipamentos podem estar corretamente posicionados, mas não possuir acessibilidade, alimentação elétrica, ventilação, conectividade, proteção ou condições adequadas de manutenção. Já as interfaces operacionais envolvem requisitos como circulação de trens, movimentação de passageiros, acesso de equipes, evacuação, inspeção e continuidade da operação durante as intervenções.

As interfaces temporais estão associadas ao sequenciamento das atividades. Em obras ferroviárias, muitas intervenções precisam ser realizadas em janelas operacionais reduzidas, durante bloqueios programados ou em condições específicas de segurança. Caso o projeto não esteja compatibilizado com o planejamento executivo, pode haver inviabilidade de acesso, indisponibilidade de áreas, sobreposição de frentes ou incompatibilidade entre a sequência prevista e as condições reais de implantação.

Também existem interfaces institucionais com prefeituras, órgãos licenciadores, empresas de saneamento, distribuidoras de energia, concessionárias rodoviárias, operadores de transporte e demais entidades responsáveis por redes e ativos existentes. A falta de coordenação com esses agentes pode atrasar aprovações, remanejamentos, desapropriações, autorizações e liberações necessárias ao avanço das obras.

Em ambientes urbanos consolidados, os impactos decorrentes de falhas de compatibilização tornam-se ainda mais relevantes. As obras ferroviárias normalmente ocupam áreas com intensa circulação de pessoas, veículos, transporte coletivo e atividades comerciais.



Prêmio
Tecnologia &
Desenvolvimento
Metroferroviários



32ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

13º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

Alterações de projeto realizadas durante a execução podem exigir a ampliação de interdições, mudanças de tráfego, prolongamento de desvios, redução de acessibilidade e extensão de períodos de ocupação de áreas públicas.

Esses impactos podem afetar diretamente a mobilidade urbana. Atrasos em obras de estações, passarelas, viadutos, acessos e sistemas ferroviários podem prolongar restrições viárias, comprometer itinerários de ônibus, aumentar os tempos de deslocamento e gerar dificuldades de acesso para pedestres e moradores das áreas próximas. Em corredores ferroviários existentes, falhas de planejamento também podem interferir na operação dos trens, exigindo restrições de velocidade, interrupções temporárias ou reprogramação de serviços.

A população tende a perceber esses efeitos por meio do aumento dos congestionamentos, da dificuldade de circulação, do ruído, da poeira, da ocupação prolongada de espaços públicos e das mudanças sucessivas nas condições do entorno. Dessa forma, problemas originados na coordenação técnica dos projetos podem ultrapassar os limites do empreendimento e produzir impactos sociais, urbanos e econômicos.

Para os órgãos responsáveis, esse cenário amplia a complexidade da gestão pública e contratual. Atrasos, revisões e alterações de escopo exigem novas análises, aprovações e negociações. Também aumentam a necessidade de fiscalização, acompanhamento de pleitos, controle de custos e avaliação das responsabilidades entre contratantes, projetistas, construtores e fornecedores.



32ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

13º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

Os órgãos gestores e financiadores precisam garantir que os recursos públicos ou privados sejam aplicados de forma eficiente, com qualidade, transparência e previsibilidade. Quando as incompatibilidades são identificadas tardiamente, aumentam os riscos de aditivos contratuais, reprogramações orçamentárias, extensão de prazos e disputas relacionadas à responsabilidade pelas alterações.

Além disso, mudanças frequentes podem dificultar a comunicação institucional do empreendimento. Cronogramas divulgados à sociedade podem deixar de ser cumpridos, etapas previstas podem ser adiadas e intervenções urbanas podem se prolongar além do planejado. Isso afeta a confiança da população, dos órgãos de controle e das demais partes interessadas na capacidade de gestão do projeto.

Em projetos de grande porte, os impactos também podem alcançar o planejamento de políticas públicas de mobilidade. Atrasos na entrega de uma nova estação, linha ou sistema podem comprometer a integração com outros modos de transporte, postergar benefícios previstos e afetar estratégias de desenvolvimento urbano associadas ao empreendimento. Dessa forma, a qualidade da coordenação de projetos possui relação direta com a efetividade dos investimentos em infraestrutura e com a capacidade de entrega dos benefícios esperados para a sociedade.

Outro fator importante é que a fragmentação das informações dificulta a consolidação de uma visão sistêmica do empreendimento. Cada equipe tende a analisar apenas sua própria disciplina, sem compreender integralmente as consequências de suas decisões para os demais



Prêmio
Tecnologia &
Desenvolvimento
Metroferroviários



32ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

13º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

sistemas. Essa abordagem pode produzir soluções tecnicamente adequadas de forma isolada, mas incompatíveis quando avaliadas no conjunto.

A gestão de interfaces exige, portanto, mecanismos que permitam visualizar o empreendimento como um sistema integrado. É necessário conectar informações geométricas, técnicas, funcionais, operacionais e temporais, criando condições para que os agentes avaliem os impactos de suas decisões antes da execução.

Nesse sentido, o diagnóstico demonstrou que os principais problemas não estavam relacionados apenas à ausência de ferramentas digitais, mas principalmente à falta de processos estruturados de integração, governança e colaboração. A simples produção de modelos tridimensionais não seria suficiente para solucionar as dificuldades existentes caso os modelos continuassem sendo desenvolvidos de forma isolada, sem requisitos comuns, critérios padronizados e fluxos claros de validação.

Também foi identificado que a gestão das interfaces dependia da definição de responsabilidades. Era necessário estabelecer quem deveria produzir cada informação, quem seria responsável por sua validação, em qual momento ela deveria ser disponibilizada e como as incompatibilidades seriam registradas e acompanhadas. Sem essa definição, os conflitos poderiam ser identificados, mas permanecer sem tratamento efetivo ou sem um responsável claramente designado.

Outro aspecto observado foi a necessidade de compatibilização contínua. Em projetos ferroviários, os modelos e documentos passam por sucessivos ciclos de evolução. Por esse



Prêmio
Tecnologia &
Desenvolvimento
Metroferroviários



32ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 13º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

motivo, a coordenação não pode ocorrer apenas em marcos isolados ou ao final do desenvolvimento. As interfaces precisam ser verificadas periodicamente, acompanhando a evolução das disciplinas e permitindo que eventuais problemas sejam solucionados antes que se acumulem.

Dessa forma, o diagnóstico apontou para a necessidade de uma estratégia de Engenharia Digital capaz de integrar modelos, documentos, agentes, responsabilidades e decisões em um processo único. Essa estratégia deveria permitir a centralização das informações, o controle de versões, a consolidação dos modelos disciplinares, a identificação antecipada das interferências e o acompanhamento estruturado das pendências.

A implantação dessa abordagem mostrou-se necessária não apenas para melhorar a qualidade dos modelos, mas para reduzir riscos de execução, aumentar a previsibilidade do empreendimento e apoiar uma gestão mais eficiente das interfaces técnicas, operacionais e institucionais. O objetivo central passou a ser deslocar a identificação dos problemas do canteiro de obras para o ambiente digital, onde as alternativas poderiam ser avaliadas com menor custo, menor impacto e maior capacidade de integração entre as equipes.

ANÁLISE DOS RESULTADOS

A implantação da estratégia de Engenharia Digital promoveu uma mudança significativa na forma como a coordenação multidisciplinar passou a ser conduzida ao longo do desenvolvimento do empreendimento. Diferentemente da abordagem tradicional, baseada em documentos isolados e compatibilizações realizadas em momentos específicos do projeto,



Prêmio
Tecnologia &
Desenvolvimento
Metroferroviários



32ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

13º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

a metodologia adotada estabeleceu um processo contínuo de integração das informações, permitindo que a gestão das interfaces passasse a fazer parte da rotina de desenvolvimento dos modelos.

Os resultados observados ultrapassaram os ganhos normalmente associados à utilização do BIM, como a visualização tridimensional ou a identificação automática de interferências. A principal transformação ocorreu na forma de organização da engenharia, criando uma estrutura capaz de integrar simultaneamente centenas de modelos digitais, dezenas de disciplinas e diversas empresas projetistas dentro de um fluxo único de informação.

O empreendimento analisado possui aproximadamente 101 quilômetros de extensão, distribuídos em 164 empreendimentos, compreendendo 20 estações, 15 pátios ferroviários, 19 subestações, 78 Obras de Arte Especiais (OAEs) e diversas edificações operacionais ao longo do corredor ferroviário. O desenvolvimento dos projetos envolve mais de quinze disciplinas técnicas e mais de dez empresas projetistas, caracterizando um dos maiores ambientes colaborativos de engenharia atualmente em desenvolvimento no setor ferroviário brasileiro.

Nesse cenário, tornou-se evidente que a simples utilização de modelos BIM não seria suficiente para garantir a coordenação do empreendimento. Foi necessária a criação de uma estratégia específica de organização dos modelos, da informação e dos processos de compatibilização, permitindo que o ambiente digital acompanhasse a escala e a complexidade do projeto.



Prêmio
Tecnologia &
Desenvolvimento
Metroferroviários



32ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

13º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

1. Estruturação da estratégia de Federação dos modelos

Um dos principais desafios identificados durante o desenvolvimento da Engenharia Digital foi estruturar um processo de federação que permitisse integrar um elevado volume de modelos BIM sem comprometer o desempenho computacional das ferramentas utilizadas e, ao mesmo tempo, manter uma visão sistêmica do empreendimento.

Considerando a dimensão do projeto, composta por aproximadamente 164 empreendimentos distribuídos ao longo de 100 km de ferrovia, verificou-se que a consolidação de todos os modelos disciplinares em um único arquivo tornaria inviável sua utilização para coordenação, análise de interferências e tomada de decisão. Dessa forma, foi desenvolvida uma estratégia hierárquica de federação, baseada na organização dos modelos por grandes grupos funcionais e posteriormente por subtrechos do empreendimento.

O primeiro nível dessa estratégia consistiu na federação dos modelos pertencentes a cada macrodisciplina do empreendimento.

No grupo de Edificações, foram integrados os modelos disciplinares responsáveis pela representação das estações, subestações, pátios e demais edificações operacionais, contemplando disciplinas como arquitetura, estrutura de concreto, estrutura metálica, instalações hidrossanitárias, instalações elétricas e modelagem do entorno imediato das edificações.



Prêmio
Tecnologia &
Desenvolvimento
Metroferroviários



32ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 13º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

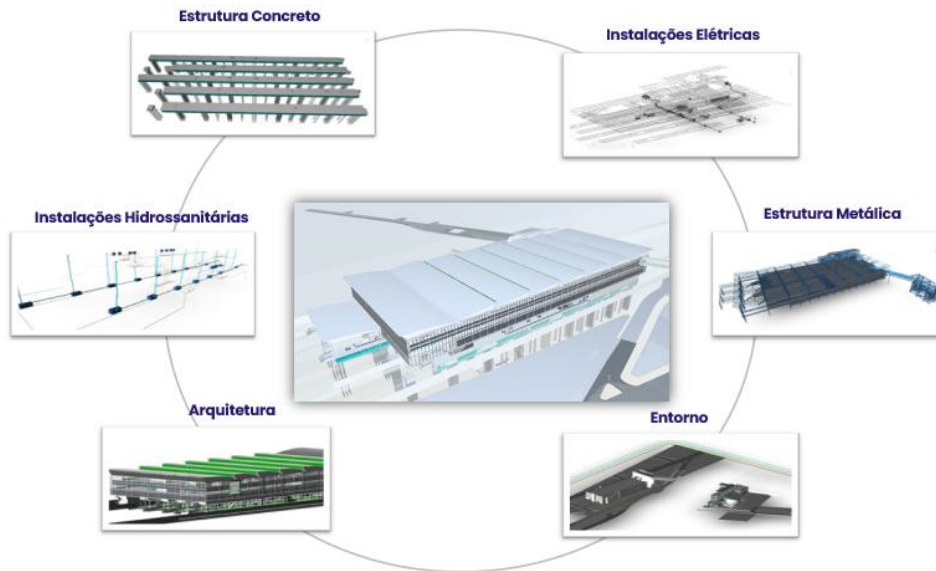


Figura 1 – Federação dos modelos de Edificações. Fonte: Autores (2026)

A federação desse conjunto permitiu que todas as disciplinas relacionadas às edificações fossem analisadas de maneira integrada antes de sua consolidação com as demais áreas do empreendimento. Essa abordagem reduziu significativamente o número de incompatibilidades internas entre arquitetura, estruturas e instalações, permitindo que cada edificação atingisse um nível adequado de coordenação antes de integrar o ambiente global do projeto.

Em paralelo, foi estruturado o Modelo Federado de Infraestrutura, responsável por consolidar as disciplinas relacionadas ao desenvolvimento linear do corredor ferroviário. Esse conjunto passou a integrar modelos de via permanente, terraplenagem, drenagem, banco de dutos,



Prêmio
Tecnologia &
Desenvolvimento
Metroferroviários



32ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 13º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

vedação de faixa, entorno e cadastros existentes, permitindo uma visão contínua da infraestrutura distribuída ao longo do traçado ferroviário.

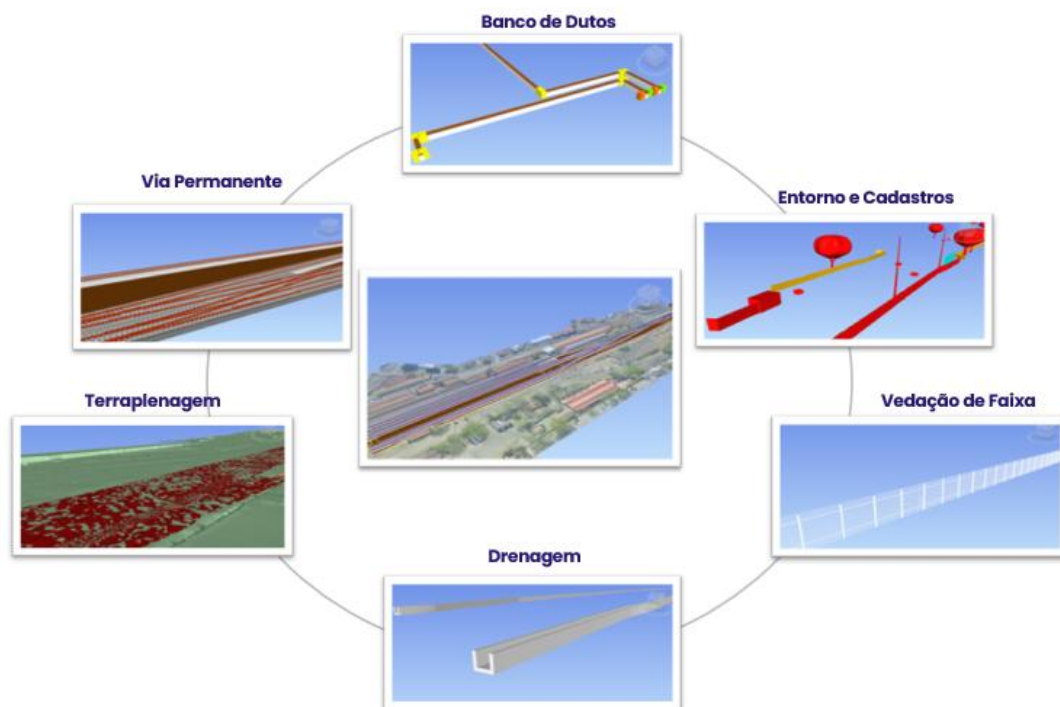


Figura 2 – Federação de Modelos de Infraestrutura. Fonte: Autores, 2026

De maneira semelhante, foi desenvolvido o Modelo Federado de Sistemas, reunindo os principais componentes responsáveis pela operação ferroviária. Foram integrados modelos relacionados à rede aérea, equipamentos de salas técnicas, racks, armários em linha, bancos de baterias, bloqueios, painéis elétricos e demais sistemas eletromecânicos distribuídos ao longo do empreendimento.



Prêmio
Tecnologia &
Desenvolvimento
Metroferroviários

ANP
TRILHOS
TIC TRENS

32ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 13º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

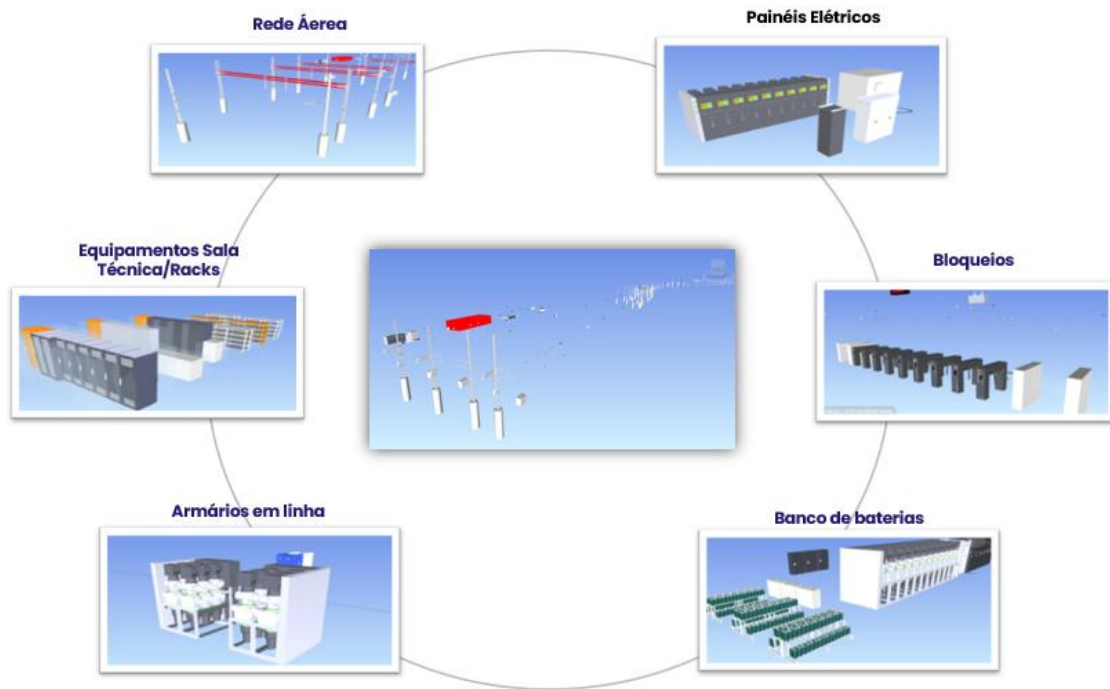


Figura 3 – Federação dos modelos de Sistemas. Fonte: Autores (2026).

A consolidação independente desses três grandes conjuntos de modelos permitiu que cada grupo funcional evoluísse de maneira coordenada, reduzindo o processamento necessário para as análises disciplinares e aumentando a estabilidade dos modelos durante o processo de desenvolvimento.

Entretanto, a principal inovação da estratégia adotada consistiu na criação de um quarto nível de federação, denominado Modelo Federado Global.

Ao invés de federar diretamente centenas de modelos disciplinares em um único arquivo, o processo passou a consolidar inicialmente as federações de Edificações, Infraestrutura e



Prêmio
Tecnologia &
Desenvolvimento
Metroferroviários



32ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

13º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

Sistemas. A integração desses três modelos resultou em um único modelo federado representativo de cada subtrecho do empreendimento, denominado Federado Global.



Figura 4 – Modelos para federação global de ferrovia. Fonte: Autores, 2026

2. Padronização da Produção da Informação

Outro resultado importante foi a consolidação de uma estratégia padronizada para produção dos modelos BIM.

Cada um dos 164 empreendimentos possui um pacote de entrega (BIM) composto pelo modelo autoral desenvolvido no software de origem e pelo respectivo modelo IFC, conforme estabelecido nos requisitos contratuais.

Embora diferentes disciplinas utilizem plataformas específicas — como Revit, Civil 3D e outras soluções especializadas — as entregas seguem padrões comuns de nomenclatura, estrutura de informações, coordenadas, parâmetros e requisitos definidos no Plano de Execução BIM.



Prêmio
Tecnologia &
Desenvolvimento
Metroferroviários



32ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 13º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS



Figura 5 – Planos de Execução BIM. Fonte: Autores, 2026

Essa padronização permitiu reduzir significativamente inconsistências decorrentes da utilização de diferentes ferramentas de autoria e facilitou a integração dos modelos durante o processo de federação.

Como consequência, o modelo federado deixou de representar apenas uma composição geométrica dos projetos e passou a constituir uma base consistente para coordenação técnica, análise das interfaces e apoio às decisões do empreendimento.

3. Evolução da Coordenação Multidisciplinar

A coordenação dos projetos passou a ocorrer de maneira sistemática por meio da atualização semanal dos modelos disciplinares e da geração periódica dos modelos federados.

A cada ciclo de coordenação são consolidadas as versões mais recentes dos modelos, permitindo que todas as disciplinas trabalhem sobre informações atualizadas.



Prêmio
Tecnologia &
Desenvolvimento
Metroferroviários



32ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

13º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

As reuniões técnicas passaram a ocorrer semanalmente, reunindo aproximadamente 50 profissionais, entre equipes projetistas, especialistas BIM, analistas da engenharia da concessionária, responsáveis pela Integração e Interface e demais representantes técnicos envolvidos na coordenação do empreendimento.

A utilização do modelo federado como principal instrumento das reuniões reduziu significativamente o tempo necessário para compreensão das interferências e aumentou a objetividade das discussões técnicas.

Ao invés de comparar desenhos bidimensionais produzidos por diferentes disciplinas, as equipes passaram a analisar diretamente o comportamento integrado da infraestrutura ferroviária, permitindo identificar rapidamente os impactos de cada decisão sobre os demais sistemas.



Prêmio
Tecnologia &
Desenvolvimento
Metroferroviários

ANP
TRILHOS
TIC TRENS

32ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 13º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

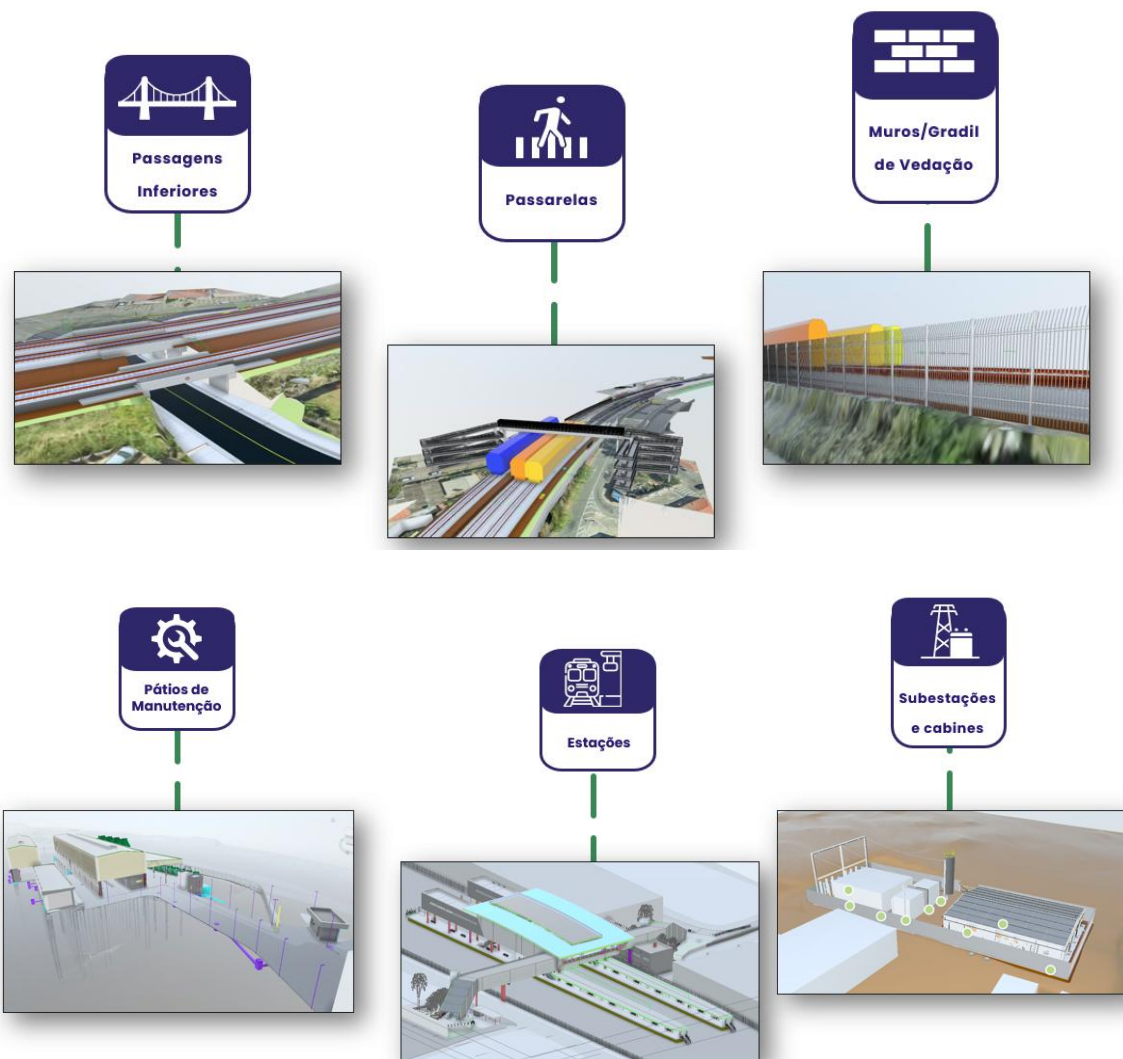


Figura 5 – Exemplos de modelos dos empreendimentos. Fonte: Autores, 2026

Esse processo contribuiu para transformar a compatibilização em uma atividade contínua, incorporada ao fluxo normal de desenvolvimento dos projetos.

4. Digitalização da Gestão das Interfaces

A gestão das interfaces também passou por uma transformação significativa.



Prêmio
Tecnologia &
Desenvolvimento
Metroferroviários



32ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

13º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

O Ambiente Comum de Dados (ACC Docs) consolidou-se como plataforma central para armazenamento, compartilhamento e controle documental, enquanto o ACC Build passou a apoiar os fluxos de comunicação entre equipes de projeto e obra, utilizando recursos como Requests for Information (RFIs), formulários digitais e acompanhamento das pendências.

O processo de coordenação utiliza modelos federados desenvolvidos no Autodesk Navisworks, onde são realizadas análises de interferências, criação de viewpoints e identificação das incompatibilidades técnicas.

As ocorrências identificadas são posteriormente integradas ao Autodesk Construction Cloud por meio do recurso Coordination Issues, eliminando a necessidade de utilização de arquivos BCF e permitindo que todas as pendências permaneçam centralizadas em um único ambiente colaborativo.

Até o momento da elaboração deste trabalho, existem aproximadamente 7.075 Issues relacionadas às disciplinas de infraestrutura, evidenciando tanto a elevada complexidade técnica do projeto quanto a capacidade do processo implantado de identificar e registrar sistematicamente as interfaces existentes.

Mais importante do que o número absoluto de ocorrências é o fato de que essas incompatibilidades passaram a ser identificadas predominantemente durante o desenvolvimento dos projetos, reduzindo a probabilidade de que conflitos semelhantes sejam descobertos apenas durante a execução das obras.



32ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 13º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

5. Monitoramento por Indicadores

Outro resultado observado foi a incorporação de indicadores gerenciais ao processo de coordenação.

As informações provenientes do Autodesk Construction Cloud passaram a alimentar painéis desenvolvidos em Power BI, permitindo acompanhar em tempo real a evolução das entregas de projetos, dos modelos BIM, das pranchas e da situação das Issues registradas durante a coordenação.



Figura 6 – Dashboard com indicadores de projeto. Fonte: Autores, 2026

Essa integração reduziu significativamente o esforço necessário para consolidação manual de informações, proporcionando uma visão gerencial do andamento dos projetos e permitindo identificar rapidamente disciplinas ou empreendimentos que demandam maior atenção da equipe de coordenação.



Prêmio
Tecnologia &
Desenvolvimento
Metroferroviários



32ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

13º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

A disponibilidade desses indicadores fortaleceu o processo decisório, permitindo que a gestão deixasse de atuar de maneira predominantemente reativa para adotar uma abordagem baseada em dados.

6. Fortalecimento do Controle de Qualidade

Paralelamente ao processo de coordenação, foi estruturado um sistema de auditorias mensais de qualidade dos modelos BIM.

Cada disciplina passou a ser avaliada por meio de checklists específicos, contemplando requisitos relacionados ao atendimento do escopo contratado, nível de desenvolvimento do modelo, organização da árvore de componentes, utilização correta de coordenadas, níveis, parâmetros de projeto, parâmetros específicos do empreendimento e conformidade geral da modelagem.

Também são avaliados aspectos relacionados à qualidade das soluções técnicas, coerência entre modelos tridimensionais e documentação bidimensional, viabilidade construtiva e conformidade com os requisitos estabelecidos para cada disciplina.

Além da avaliação individual dos modelos, as auditorias incluem verificações de compatibilização entre disciplinas, permitindo identificar conflitos antes da emissão das entregas formais.

Esse processo estabeleceu um padrão uniforme de qualidade para todos os projetistas envolvidos no empreendimento, reduzindo variações decorrentes das diferentes metodologias adotadas pelas empresas participantes.



32ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 13º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

7. Evolução da Maturidade Digital

Um dos principais resultados observado tenha sido a evolução da maturidade digital do processo de desenvolvimento dos projetos. Mais do que substituir documentos por modelos tridimensionais, a metodologia implantada alterou profundamente a forma de produção, compartilhamento e utilização das informações técnicas.

Essa transformação pode ser sintetizada na Tabela abaixo.

Processo Tradicional	Engenharia Digital
Compatibilização baseada em desenhos 2D	Coordenação baseada em modelos BIM federados
Compartilhamento por e-mail e diretórios locais	Ambiente Comum de Dados (ACC)
Revisões descentralizadas	Controle centralizado de versões
Compatibilização concentrada ao final do projeto	Compatibilização contínua durante todo o desenvolvimento
Registro manual das pendências	Gestão digital de Issues integrada ao modelo
Consolidação manual de informações	Dashboards automáticos em Power BI
Decisões baseadas em documentação isolada	Decisões apoiadas em modelos digitais integrados

Tabela 1 – Comparativo processo tradicional x Processo com Engenharia Digital. Fonte:

Autores, 2026



Prêmio
Tecnologia &
Desenvolvimento
Metroferroviários



32ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

13º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

Essa evolução demonstra que a principal contribuição da Engenharia Digital não está apenas na utilização de novas ferramentas, mas na reorganização dos processos de engenharia em torno da informação estruturada.

Os resultados obtidos indicam que a integração entre governança da informação, modelos BIM, Ambiente Comum de Dados, coordenação multidisciplinar e monitoramento por indicadores constitui um elemento estratégico para empreendimentos ferroviários de grande porte.

Ao deslocar a resolução das interfaces do ambiente físico da obra para o ambiente digital do projeto, o empreendimento aumenta sua previsibilidade, reduz riscos técnicos e cria condições para futuras aplicações relacionadas ao planejamento 4D, orçamento 5D, gestão de ativos e Digital Twins, consolidando a Engenharia Digital como base para todo o ciclo de vida da infraestrutura ferroviária.

8. Desafios observados na implantação da Engenharia Digital

Embora os resultados obtidos demonstrem avanços significativos na gestão das interfaces, a implantação da Engenharia Digital em um empreendimento ferroviário dessa magnitude também evidenciou diversos desafios técnicos, organizacionais e contratuais que precisaram ser continuamente administrados ao longo do desenvolvimento dos projetos.

Um dos principais desafios esteve relacionado à própria complexidade do empreendimento.

A coordenação simultânea de mais de 160 empreendimentos, envolvendo dezenas de disciplinas técnicas, mais de dez empresas projetistas e diferentes plataformas de



Prêmio
Tecnologia &
Desenvolvimento
Metroferroviários



32ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

13º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

modelagem, exige um elevado nível de sincronização entre equipes que possuem cronogramas, prioridades e níveis de maturidade BIM distintos.

Na prática, a evolução dos modelos não ocorre de maneira uniforme. Enquanto determinadas disciplinas avançam rapidamente em função da disponibilidade de informações, outras dependem da conclusão de estudos anteriores, aprovações externas ou definições de engenharia que ainda estão em desenvolvimento. Como consequência, durante parte significativa do ciclo de projeto, diferentes disciplinas trabalham com diferentes níveis de maturidade da informação, tornando natural a existência de incompatibilidades temporárias. Outro aspecto observado refere-se ao caráter dinâmico dos projetos ferroviários. Diferentemente de empreendimentos onde as soluções permanecem relativamente estáveis ao longo do desenvolvimento, projetos lineares sofrem constantes revisões decorrentes de levantamentos complementares, condicionantes ambientais, interferências com concessionárias, alterações de geometria, revisões operacionais e solicitações do contratante. Nesse contexto, uma interferência registrada em determinado momento nem sempre representa um erro de projeto, mas muitas vezes uma consequência natural da evolução das disciplinas. Isso exige que o processo de coordenação seja contínuo, acompanhando as sucessivas revisões dos modelos e evitando análises baseadas apenas em fotografias estáticas do empreendimento.

Também foram observados desafios relacionados à gestão das próprias Issues. Embora o processo digital permita identificar e registrar milhares de incompatibilidades, a resolução dessas ocorrências depende de fatores que extrapolam o ambiente BIM.



Prêmio
Tecnologia &
Desenvolvimento
Metroferroviários



32ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

13º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

Diversas interfaces exigem decisões de engenharia, validações multidisciplinares, aprovações do cliente ou até revisões contratuais envolvendo diferentes empresas projetistas. Em muitos casos, uma incompatibilidade permanece aberta não por ausência de solução técnica, mas porque sua implementação depende da consolidação de premissas ainda em discussão ou da definição de responsabilidades entre contratos distintos.

Esse aspecto evidencia que indicadores como número de Issues abertas ou tempo médio de resolução devem ser interpretados com cautela. Em empreendimentos complexos, esses números não refletem exclusivamente a eficiência da coordenação BIM, mas também a dinâmica natural de evolução do projeto, os fluxos decisórios e a governança contratual estabelecida entre os diversos agentes envolvidos.

Outro desafio importante esteve relacionado à mudança cultural necessária para implantação da metodologia. A adoção de um Ambiente Comum de Dados exigiu alterações significativas na rotina das equipes, substituindo processos tradicionalmente baseados em trocas de e-mails, compartilhamento de arquivos locais e controles individuais por uma estrutura centralizada de gestão da informação.

Essa transição demandou treinamento contínuo, definição de procedimentos, padronização de nomenclaturas e desenvolvimento gradual da maturidade digital das equipes. Em um ambiente composto por diversas empresas projetistas, nem todas possuíam o mesmo nível de experiência com processos colaborativos baseados em BIM, tornando necessária uma atuação constante da coordenação para alinhar procedimentos e garantir a uniformidade das entregas.



Prêmio
Tecnologia &
Desenvolvimento
Metroferroviários



32ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

13º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

Do ponto de vista tecnológico, também foram identificadas limitações relacionadas ao processamento dos modelos. A dimensão do empreendimento inviabilizava a consolidação de todos os modelos em um único arquivo federado sem comprometer significativamente o desempenho das ferramentas computacionais. Essa limitação motivou o desenvolvimento da estratégia de federação hierarquizada por subtrechos, demonstrando que, em projetos dessa escala, a arquitetura da informação torna-se tão importante quanto a própria modelagem BIM.

Outro desafio observado refere-se à integração entre diferentes plataformas de autoria. Embora os requisitos contratuais estabeleçam a entrega de modelos em formato IFC, as disciplinas utilizam diferentes softwares especializados, cada um com particularidades relacionadas à exportação, parametrização e representação dos elementos. Garantir a interoperabilidade entre essas plataformas exige processos permanentes de validação, auditoria e controle de qualidade dos modelos.

Também se verificou que a simples disponibilização de modelos federados não elimina automaticamente a necessidade de análise técnica especializada. A identificação automática de interferências representa apenas a etapa inicial do processo de coordenação. Cada ocorrência precisa ser analisada sob a ótica da engenharia, avaliando sua criticidade, viabilidade construtiva, impactos operacionais e consequências para as demais disciplinas. Dessa forma, a experiência dos especialistas continua sendo um componente indispensável para o sucesso da metodologia.



Prêmio
Tecnologia &
Desenvolvimento
Metroferroviários



32ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

13º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

Por fim, observou-se que a Engenharia Digital não substitui os processos tradicionais de gestão de projetos, mas amplia sua capacidade de integração. Aspectos relacionados à gestão contratual, planejamento, definição de escopo, tomada de decisão institucional e relacionamento entre as partes interessadas permanecem fundamentais para o sucesso do empreendimento.

Esses desafios demonstram que a implantação da metodologia BIM em projetos ferroviários deve ser compreendida como um processo contínuo de evolução organizacional, e não apenas como a adoção de uma nova tecnologia. Os resultados obtidos evidenciam que os maiores ganhos decorrem da combinação entre pessoas, processos e ferramentas, exigindo uma governança sólida, participação ativa das equipes e aprimoramento permanente das práticas de coordenação multidisciplinar.

CONCLUSÕES

O desenvolvimento de empreendimentos ferroviários de grande porte representa um dos maiores desafios da engenharia contemporânea, principalmente em função da elevada quantidade de interfaces existentes entre disciplinas, sistemas, empresas projetistas, órgãos públicos e demais agentes envolvidos ao longo do ciclo de vida do empreendimento. Nesse contexto, a gestão das interfaces deixa de ser uma atividade complementar e passa a constituir um dos principais fatores para o sucesso técnico, econômico e operacional dos projetos.



Prêmio
Tecnologia &
Desenvolvimento
Metroferroviários



32ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

13º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

O presente trabalho demonstrou que a utilização da metodologia Building Information Modeling (BIM), associada aos princípios da Engenharia Digital, contribui significativamente para a evolução dos processos de coordenação multidisciplinar em projetos ferroviários. Entretanto, os resultados obtidos evidenciam que os maiores benefícios não decorrem exclusivamente da adoção de ferramentas computacionais, mas principalmente da estruturação de processos de governança da informação capazes de integrar pessoas, disciplinas e decisões em um ambiente colaborativo único.

A experiência apresentada mostrou que a implantação de um Ambiente Comum de Dados (CDE), aliada à utilização de modelos BIM federados, auditorias de qualidade, processos contínuos de coordenação e gestão estruturada de Issues, permitiu transformar a forma como as interfaces passaram a ser identificadas, analisadas e tratadas durante o desenvolvimento dos projetos.

Em um empreendimento dessa magnitude, verificou-se que a simples utilização de modelos tridimensionais não seria suficiente para garantir a integração necessária entre todas as especialidades envolvidas. Tornou-se indispensável o desenvolvimento de uma arquitetura de informação capaz de organizar os modelos, estabelecer fluxos padronizados de compartilhamento e criar mecanismos permanentes de coordenação multidisciplinar.

Entre as principais contribuições deste estudo destaca-se a estratégia de federação hierarquizada dos modelos BIM, estruturada por subtrechos do empreendimento e organizada em modelos federados de infraestrutura, edificações e sistemas, posteriormente



Prêmio
Tecnologia &
Desenvolvimento
Metroferroviários



32ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

13º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

consolidados em um Federado Global. Essa abordagem demonstrou ser uma alternativa tecnicamente viável para empreendimentos lineares de grande extensão, permitindo conciliar desempenho computacional, escalabilidade e visão integrada do projeto.

Os resultados também evidenciaram que a Engenharia Digital deve ser compreendida como um processo contínuo de evolução organizacional. A maturidade alcançada não elimina a existência de incompatibilidades ou revisões de projeto, uma vez que empreendimentos ferroviários permanecem sujeitos a alterações decorrentes da evolução natural da engenharia, de condicionantes ambientais, de mudanças operacionais e de decisões institucionais. Nesse cenário, o papel da metodologia BIM deixa de ser a eliminação completa das interferências e passa a concentrar-se na antecipação dos conflitos para o ambiente digital, onde podem ser avaliados com menor custo, maior rastreabilidade e menor impacto sobre a execução das obras.

Outro aspecto relevante observado durante a pesquisa foi que a gestão das interfaces extrapola os limites da compatibilização geométrica. As análises realizadas envolveram aspectos funcionais, operacionais, construtivos, contratuais e institucionais, demonstrando que a coordenação de projetos ferroviários depende da integração entre diferentes áreas da engenharia e da existência de processos claros de tomada de decisão.

A incorporação de indicadores gerenciais, dashboards de acompanhamento e auditorias periódicas de qualidade fortaleceu a governança do empreendimento e proporcionou maior transparência ao processo de desenvolvimento dos projetos. Da mesma forma, a utilização



32ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 13º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

integrada do Autodesk Construction Cloud, do Navisworks, dos modelos BIM e das ferramentas analíticas permitiu consolidar uma infraestrutura digital capaz de apoiar não apenas a fase de projeto, mas também futuras aplicações relacionadas ao planejamento executivo (4D), orçamento (5D), gestão de ativos (AIM) e Digital Twins.

Como contribuição para o setor ferroviário, este trabalho demonstra que a transformação digital dos empreendimentos não depende exclusivamente da adoção de novas tecnologias, mas da capacidade de estruturar processos colaborativos, estabelecer requisitos padronizados de informação e desenvolver uma governança consistente ao longo de todo o ciclo de vida do empreendimento.

Por fim, conclui-se que a Engenharia Digital representa um importante instrumento para aumentar a previsibilidade, reduzir riscos e fortalecer a integração multidisciplinar em projetos ferroviários de grande porte. Espera-se que a metodologia apresentada possa servir como referência para futuros empreendimentos de infraestrutura linear, contribuindo para a consolidação do BIM como elemento estratégico na modernização da engenharia ferroviária brasileira.

Como perspectivas para trabalhos futuros, recomenda-se aprofundar estudos relacionados à aplicação de Inteligência Artificial na gestão de interfaces, à utilização de Digital Twins durante a operação ferroviária, à integração entre BIM e GIS em corredores lineares e ao desenvolvimento de indicadores quantitativos que permitam mensurar os impactos da



32ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

13º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

Engenharia Digital sobre prazo, custo, produtividade e desempenho operacional dos empreendimentos.



Prêmio
Tecnologia &
Desenvolvimento
Metroferroviários



32ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA **13º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS**

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT. **NBR ISO 19650-1:2021**. Organização e digitalização de informações sobre edificações e obras de engenharia civil, incluindo modelagem da informação da construção (BIM) — Gestão da informação usando modelagem da informação da construção — Parte 1: Conceitos e princípios. Rio de Janeiro: ABNT, 2021.

ABNT. **NBR ISO 19650-2:2021**. Organização e digitalização de informações sobre edificações e obras de engenharia civil, incluindo modelagem da informação da construção (BIM) — Gestão da informação usando modelagem da informação da construção — Parte 2: Fase de entrega dos ativos. Rio de Janeiro: ABNT, 2021.

AUTODESK. *Autodesk Construction Cloud – Product Documentation*. Autodesk Inc., 2025.

AUTODESK. *Navisworks Manage User Guide*. Autodesk Inc., 2025.

buildingSMART International. **Industry Foundation Classes (IFC) – ISO 16739**. Disponível em: <https://www.buildingsmart.org>. Acesso em: jul. 2026.

EASTMAN, C.; TEICHOLZ, P.; SACKS, R.; LISTON, K. **BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Designers, Engineers, Contractors, and Facility Managers**. 3. ed. Hoboken: John Wiley & Sons, 2018.

ISO. **ISO 16739-1:2018**. Industry Foundation Classes (IFC) for data sharing in the construction and facility management industries.



Prêmio
Tecnologia &
Desenvolvimento
Metroferroviários



32ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA **13º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS**

SACKS, R.; EASTMAN, C.; LEE, G.; TEICHOLZ, P. **Manual de BIM**. Tradução da 3ª edição internacional. Porto Alegre: Bookman, 2021.

SOUZA, L. A.; AMORIM, S. R. L.; LYRIO, A. M. **Implementação do BIM no Brasil: desafios e perspectivas**. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 9, n. 2, p. 81–96.

SUCCAR, B. **Building Information Modelling Framework: A Research and Delivery Foundation for Industry Stakeholders**. Automation in Construction, v. 18, n. 3, p. 357–375, 2009.

BRASIL. **Decreto nº 10.306, de 2 de abril de 2020**. Estabelece a utilização do Building Information Modelling (BIM) na execução direta ou indireta de obras e serviços de engenharia realizados pelos órgãos e entidades da administração pública federal.

BRASIL. **Lei nº 14.133, de 1º de abril de 2021**. Lei de Licitações e Contratos Administrativos.

buildingSMART Brasil. **Guia BIM e interoperabilidade**. São Paulo: buildingSMART Brasil, 2023.

AUTODESK UNIVERSITY. *Best Practices for BIM Coordination in Infrastructure Projects*. Autodesk University, 2024.

RAIL BIM ALLIANCE. **Rail BIM Guidance Document**. United Kingdom, 2023.