

4º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

CATEGORIA 3

O USO DO BIM EM PROJETOS DE ESTAÇÕES FERROVIÁRIAS

Experiência na prática – CPTM

## INTRODUÇÃO

Este trabalho tem como objetivo apresentar as estratégias utilizadas para implantação do conceito BIM (Building Information Modeling – Modelagem de Informação da Construção) na CPTM na área de projetos de estações, destacando os benefícios, as experiências adquiridas nos últimos anos com o uso da metodologia e seu processo de repensar projeto e construção, previamente à contratação de obras.

O BIM é utilizado pela Companhia desde 2012, com o objetivo de auxiliar na organização da informação de todo o ciclo de um empreendimento, incluindo concepção, construção, gerenciamento e manutenção. Impulsionada pela crescente demanda por instrumentos que auxiliem na efetivação de um programa de modernização que contempla a renovação da

frota, melhoria e ampliação da infraestrutura e acessibilidade das estações, a Companhia adotou o conceito BIM, com a expectativa de que traga bons resultados ao setor metroferroviário.

O processo de trabalho baseado em BIM integra diferentes fases de um empreendimento - concepção, planejamento, orçamento, construção, operação e manutenção. A troca de informações em uma mesma base de dados, acessível a todas as equipes envolvidas, durante todo o ciclo do edifício, proporciona a aplicação do conceito de ambiente de trabalho colaborativo. O sistema abrange geometria, quantitativos, relações espaciais e geográficas, resultando em redução de incompatibilidades, melhora na qualidade da informação e aumento da produtividade.

Na fase de projeto, o conceito BIM possibilita a concepção de um projeto construído em modelo parametrizado, que permite visualizar volumetria, estimar custos, quantificar e qualificar os materiais aplicados, levando em conta questões ambientais e outras premissas de projeto. A expectativa é que o BIM permita evidenciar e corrigir erros, reduzindo improvisações e retrabalhos desnecessários, minimizando incertezas ainda em fase de projeto, para que seja evitado desperdício de material, tempo, e, conseqüentemente, custo.

Este processo de trabalho foi aplicado na prática por meio da elaboração de projetos de adequação à acessibilidade das estações Ribeirão Pires e Rio Grande da Serra, que já trouxeram resultados na otimização e automatização de processos, na eficácia da compatibilização de projetos, na maior precisão nos levantamentos e na agilidade na extração de informações e elaboração de documentação, além de proporcionar maior coesão e

integração entre os departamentos da empresa, que nos levou a alcançar resultados mais bem sucedidos.

## DIAGNÓSTICO

A Companhia Paulista de Trens Metropolitanos é uma empresa de economia mista de transporte ferroviário de passageiros. Sua rede é composta por 90 estações e 6 linhas, com mais uma em construção.

A CPTM nasceu em 1992, assumindo os sistemas de trens da Região Metropolitana de São Paulo, com a fusão da CBTU - Companhia Brasileira de Trens Urbanos e da FEPASA - Ferrovia Paulista S/A. em 1992, passou a operar efetivamente as atuais linhas 7 - Rubi, 10 - Turquesa, 11 - Coral e 12 - Safira, com a incorporação das linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda em 1994.

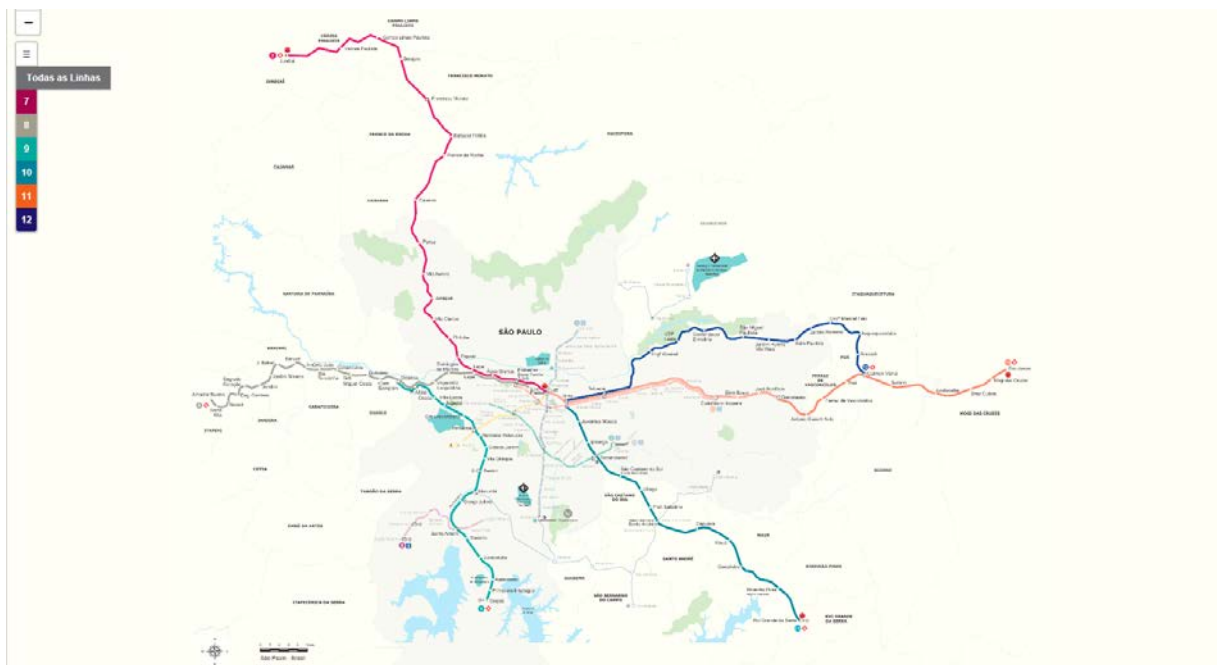


Figura 1 – Linhas CPTM - Site Oficial

Os projetos de edificações ferroviárias elaborados na CPTM, sejam eles reformas, adequações ou novas construções, têm sido, ao longo dos últimos anos, produtos contratados de projetistas especializados, que usualmente desenvolvem projetos utilizando ferramenta bidimensional (AutoCAD).

As dificuldades enfrentadas nos projetos elaborados na empresa envolvem, principalmente, a compatibilização de projeto entre disciplinas e o levantamento de dados e quantitativos para geração de planilhas de quantidades e orçamentos. O processo de análise dos projetos por cada disciplina isolada, e a falta de uma ferramenta eficaz para a verificação das quantidades da planilha tem gerado projetos com falhas na confiabilidade das informações fornecidas. Além disso, a baixa interatividade entre disciplinas e áreas não impulsiona este processo a proporcionar um maior envolvimento das equipes de projeto na fase de obra, para compreender melhor as fases construtivas, logísticas de canteiro, métodos de execução, que podem impactar diretamente nas soluções propostas nos projetos. O resultado disso são constantes alterações de projetos durante a fase de obra, para solucionar questões que não foram antecipadas na fase do projeto.

Segundo Eduardo Toledo, professor na Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, “BIM é um conceito que fundamentalmente envolve a modelagem das informações do edifício, criando um modelo digital integrado de todas as disciplinas, e que abrange todo o ciclo de vida da edificação.” O método de trabalho proporcionado pelo conceito BIM veio para auxiliar e, a expectativa da Companhia é de que possa solucionar essas dificuldades resultantes do processo tradicional de desenvolver projetos civis.

Como aponta SILVA, T. F. L. em O Processo de Projeto no Segmento de Projetos Industriais (2014), "Dentre vários benefícios e vantagens que o BIM pode vir a oferecer, destacam-se o aumento de produtividade, melhoria da qualidade nas apresentações gráficas, melhoria da comunicação interdisciplinar, diminuição da redundância de dados, retrabalhos e erros, entre outros.", ao mesmo tempo que exige, para uma implantação efetiva do conceito, "inúmeras modificações como, por exemplo: alterações contratuais, de escopos de serviços e formatos de resultados, mudança no ambiente de trabalho buscando a integração das equipes multidisciplinares e foco no desempenho da equipe como um todo e não individual de cada disciplina, alteração no processo de projeto, na comunicação; entre outras. "



**Figura 2 – Estação Ribeirão Pires - Projeto de adequação à Acessibilidade, desenvolvido em BIM, pela equipe interna da CPTM**

## **ANÁLISE DOS RESULTADOS**

A iniciativa da implantação do BIM na empresa partiu da Diretoria de Planejamento e Projetos, em 2012, com o intuito de aprimorar a qualidade dos projetos, evitando incompatibilidades e, conseqüentemente, atrasos e aditivos nas obras.

Foi contratada consultoria para a orientação técnica a respeito de softwares e hardwares mais adequados, além da elaboração da estratégia mais adequada para a implantação do BIM, métodos mais adequados, divulgação dos procedimentos e disseminação do conhecimento adquirido.

Os treinamentos nos softwares tiveram início em 2014 com as equipes técnicas de projeto e planejamento. Foram selecionados os softwares de modelagem, georreferenciamento e gerenciamento de projetos da Autodesk (Revit, AutoCAD Civil 3D, Infracore e Navisworks).

As expectativas da gestão da empresa para a implantação do BIM, a princípio, eram de agilizar o processo de projeto, melhorar a qualidade da compatibilização entre as disciplinas envolvidas, melhorar a qualidade das planilhas de projeto e minimizar imprevistos e aditivos nas obras.

Após os treinamentos iniciais, foram escolhidos projetos-piloto para a aplicação do conhecimento recém adquirido pelas equipes. Optou-se, então, pelos projetos de adaptação de acessibilidade das estações Ribeirão Pires e Rio Grande da Serra. Os projetos em questão foram escolhidos pelo seu pequeno porte e grande variedade de disciplinas. Dessa forma, seria possível que diferentes profissionais praticassem o treinamento.

A Estação Ribeirão Pires está situada no município de mesmo nome, na Linha 10 - Turquesa da CPTM. Sua inauguração data de 1884, sendo uma das mais antigas edificações da rede. A estação foi tombada em 2010 pelo Condephaat, por ser um bem de interesse histórico. A parada final da mesma linha é a Estação Rio Grande da Serra. A edificação data de 1867, construída pela São Paulo Railway para a Estrada de Ferro Santos Jundiaí. A edificação também foi tombada pelo Condephaat, em 2010.

Ambas as estações em questão são edificações antigas, construídas numa época na qual não existia o conceito de acessibilidade. Sendo assim, ambas contam com escadas nos acessos principais, passarelas de transposição das vias acessadas por escadarias de ferro fundido, já desgastado pelo tempo. Ambas contam também com passagens públicas em nível, como uma medida provisória para garantir a acessibilidade na transposição das vias.

Os projetos de acessibilidade consistem em elaborar uma adequação das calçadas do entorno, oferecendo acessibilidade desde os meios de transporte de integração até os acessos às estações, tais como pontos de ônibus, vagas de embarque e desembarque de automóveis, terminais rodoviários, além do passeio público adjacente, que deve possibilitar o deslocamento da pessoa com deficiência ou mobilidade reduzida de forma livre e desimpedida, sem obstáculos ou impedimentos que comprometam a sua segurança.

O acesso às bilheterias e plataformas de embarque é adaptado com a construção de rampas, devidamente equipadas e sinalizadas. A pessoa com deficiência é então conduzida ao local de embarque por um passeio livre de obstáculos e sinalizado com piso tátil. Também é considerada a adaptação dos sanitários públicos acessíveis, com todos os dimensionamentos e acessórios necessários.

O projeto envolve, além da arquitetura, as disciplinas de estruturas, para a construção das rampas e sanitários; elétrica, para a devida iluminação da rota acessível; hidráulica, para a devida instalação dos equipamentos sanitários e drenagem da rota acessível; sinalização, para os botões de emergência necessários nos sanitários públicos e para a sinalização das passagens em nível, além da comunicação visual, que completa o projeto de arquitetura para sinalizar e informar a pessoa com deficiência sobre a sua rota, não apenas visual mas também tátil.

A adaptação de acessibilidade deve levar em conta o tombamento das estações, devendo propor soluções de pouco impacto visual nas fachadas das edificações, com mínima interferência nas características da edificação.

a. Laser scanning

Antes do início do projeto, foi feito um levantamento das estações por meio de laser scanning. A tecnologia permite que seja feito um escaneamento da edificação em 360°, gerando uma nuvem de pontos digitalizada que fornece com alta precisão a geometria do objeto construído, em três dimensões.





**Figura 3 – Levantamento por Laser Scanning - Estação Ribeirão Pires - visualização através do software Autodesk Recap 360 PRO**

b. Sala colaborativa BIM

Para a elaboração dos projetos, foram selecionados arquitetos, engenheiros e técnicos de diferentes áreas da empresa. A equipe escolhida foi alocada numa sala da empresa de consultoria, contando sempre com a ajuda dos profissionais experientes para as dificuldades na utilização dos softwares. A locação da equipe numa sala fora da empresa foi necessária não apenas para a utilização das máquinas adequadas, que ainda não estavam disponíveis na CPTM nesta primeira fase, mas também para que a equipe pudesse mergulhar no projeto, favorecendo a comunicação e a interação entre os profissionais de diferentes áreas e disciplinas, sem distrações ou trabalhos paralelos.



**Figura 4 – Sala colaborativa BIM - empresa de consultoria**

c. Definição de LODs

Para a modelagem da estação Ribeirão Pires, a estratégia utilizada para o desenvolvimento da modelagem provou-se equivocada. Conforme o arquiteto definia a localização e o dimensionamento de um determinado ambiente, o engenheiro de estruturas era autorizado a iniciar a sua modelagem e por sua vez, os engenheiros de instalações poderiam locar suas canaletas e tubulações. No entanto, cada vez que o projetista iniciava o projeto daquele elemento, este era detalhado no LOD definitivo, com dimensões, localização e informações exatas.

A estratégia teve o objetivo de otimizar o tempo do desenvolvimento do projeto, para que fosse cumprido o prazo de entrega. No entanto, provou-se equivocada para a situação, uma vez que o projeto ainda dependia da aprovação das demais equipes envolvidas, além dos órgãos externos.

Dessa forma, quando o modelo de Ribeirão Pires foi apresentado às equipes e órgãos envolvidos, seu nível de detalhamento já estava muito avançado. Portanto, cada comentário levantado que apontasse a necessidade de revisão do modelo gerou um grande retrabalho por parte dos projetistas.

Para evitar o problema em Rio Grande da Serra, optou-se por estabelecer marcos de apresentação do projeto às outras áreas envolvidas, com a definição dos LODs de cada elemento em cada etapa. Desta forma, a equipe desenvolveu o conceito do projeto de cada uma das disciplinas, sem o detalhamento dos elementos, e apresentou o projeto às demais equipes. Uma vez feitos os comentários pertinentes, o modelo foi revisado de forma mais ágil e foi possível avançar com o desenvolvimento do projeto. O processo foi repetido após o detalhamento do projeto. Assim, ao final do detalhamento, as correções necessárias foram muito mais escassas do que no projeto de Ribeirão Pires.

#### d. Compatibilização

Para a compatibilização entre as diferentes disciplinas, foram agendadas reuniões de design review, nas quais cada projetista aproveita para expor o seu trabalho e discutir as interferências com as demais disciplinas.

Para aprimorar este processo e aferir possíveis incompatibilidades no modelo, foi utilizado o software Navisworks Manage para a detecção de conflitos em extração automática. Os

modelos individuais de cada disciplina foram analisados pelo software, que gera automaticamente um relatório de todas as interferências do modelo. Esse relatório é então analisado pelo coordenador do projeto, que faz uma filtragem das interferências que devem ser ajustadas pelos projetistas.

Na reunião periódica, o coordenador apresenta o relatório final de interferências aos projetistas e, em conjunto, se discute a respeito de quais ações devem ser tomadas para a correção de cada uma delas.

O método foi utilizado em ambas as estações e provou-se eficaz para a detecção de incompatibilidades. No entanto, é importante ressaltar que existem incompatibilidades e interferências que não geram sobreposição de elementos no modelo e que, portanto, não são passíveis de detecção automática. A periodicidade das reuniões de fato é um instrumento importante para a compatibilização do projeto, porém não exclui a constante comunicação entre projetistas, coordenadores, equipe de obra e a operação.

e. Extração de dados

O BIM possibilita várias formas de se obter informações do projeto, e uma das ferramentas utilizadas foi o Dynamo, plugin integrado ao Revit, que permite automatizar processos e extrair informações que o Revit por si só não permite obter.

Nos projetos de acessibilidade das estações Ribeirão Pires e Rio Grande da Serra, o Dynamo foi utilizado para a obtenção de algumas informações como: metragem quadrada de superfície das rampas, volume das rampas a demolir; também foi utilizado para preenchimento de algumas informações de forma automática, por exemplo, o ambiente a que cada elemento está locado (plataforma 1, sanitário

acessível, acesso principal, passarela, etc.), para posterior extração de planilha de quantidades por ambiente, também feita através do Dynamo automaticamente, transferindo para o Excel a somatória de todos os quantitativos de material dos projetos.

A expectativa da equipe é explorar ainda mais a ferramenta, para automatizar todas as atividades repetitivas, dentro do desenvolvimento do projeto, bem como analisar parâmetros preenchidos para identificação de erros no projeto, otimizando os processos de trabalho.

#### f. Planejamento

Um bom planejamento é fundamental para o desenvolvimento de qualquer projeto, e um projeto desenvolvido em BIM, possui uma rápida e contínua integração entre disciplinas, o que exige uma coordenação de equipe dedicada para que seja garantido o sucesso do empreendimento. Nos projetos desenvolvidos, tivemos a experiência de trabalhar com coordenação do empreendimento, e foram enfrentados muitos desafios para garantir a integração da equipe de projeto com as demais áreas da empresa, de modo que o projeto fosse colaborativo, envolvendo desde o projetista até o cliente final (operação) nas definições de projeto. Foi observado, por esta experiência, que uma boa equipe de projeto em BIM deve compor, além de um coordenador geral do empreendimento, coordenadores técnicos de cada disciplina, que sejam responsáveis por garantir a compatibilização total dos projetos, a fim de antecipar soluções.

Além da coordenação, é fundamental que o fluxo de trabalho seja bem definido, estabelecendo marcos de discussão do projeto, à medida que o nível de detalhamento vai avançando, conforme citado no item "Definição de LODs".

Com as reuniões periódicas realizadas com todas as partes interessadas, envolvendo equipes de obras, operação e manutenção, foi o engajamento das diferentes equipes no empreendimento desde a sua fase inicial, gerando colaboração durante todo o processo e evitando retrabalho pela necessidade de alteração de soluções.

O cronograma de trabalho bem definido também se mostra essencial para organizar as fases do projeto e garantir o atendimento aos prazos estabelecidos. Todos estes instrumentos foram utilizados no desenvolvimento dos projetos em pauta e, à medida que adquirimos experiência, os resultados são mais evidenciados no processo.

#### g. Usos do BIM

O objetivo, desde o princípio da implantação do BIM na empresa, é a utilização da metodologia em todas as fases do empreendimento, desde os estudos iniciais, passando pelo desenvolvimento e detalhamento do projeto, implantação, operação e manutenção.

A implantação do BIM é contínua e segue para outras áreas da empresa. Após a fase de projeto, o planejamento e elaboração da obra também terão avanço após a implantação da metodologia, contando com a inserção de dados de cronograma e custos no modelo.

Para a CPTM, uma grande vantagem de receber o modelo após a contratação de um projeto em BIM é a facilidade na obtenção e organização das informações relativas a cada edificação da rede. Após a elaboração do As Built na etapa de obra, as equipes de manutenção e operação contam com um modelo completo e preciso de todos os sistemas

e materiais contidos na edificação, possibilitando e facilitando a manutenção preditiva. Os benefícios são ainda maiores levando em consideração a amplitude da rede da CPTM, que conta com 90 estações, além das linhas que estão em projeto.

## **CONCLUSÕES**

Com a experiência obtida, é possível afirmar que a utilização do BIM tem grande potencial de auxiliar o avanço da qualidade dos projetos na CPTM, com uma maior precisão na compatibilização e na extração dos dados de quantidade utilizados para a contratação das obras.

A expectativa inicial de agilizar o processo de projeto não foi verificada durante o desenvolvimento dos projetos de adequação à acessibilidade das estações Ribeirão Pires e Rio Grande da Serra, uma vez que o prazo para a elaboração dos projetos foi maior no BIM em comparação ao método tradicional. No entanto, é necessário considerar o período de aprendizagem da equipe tanto em relação aos softwares utilizados quanto em relação às alterações no processo. Já está em desenvolvimento o terceiro projeto de adequação à acessibilidade, da estação Mogi das Cruzes, onde já é possível identificar certa otimização do processo, porém aguardamos a finalização do projeto para precisar o resultado obtido.

Outra consideração importante é que, com a melhora na qualidade de projeto, a expectativa é a maior agilidade na etapa de obras, que deve ter uma diminuição nos imprevistos causados por erros de planilha orçamentária.

É cedo ainda para que seja possível medir a extensão dos benefícios trazidos pela nova metodologia, uma vez que esses devem impactar diferentes áreas da empresa em diferentes momentos. No entanto, a expectativa dos envolvidos é que resulte em melhoria nos prazos e custos dos empreendimentos, além da qualidade dos produtos finais.

A simples implantação do BIM por si só não garante o melhor desenvolvimento do empreendimento. Foi notado pela equipe da CPTM que seriam necessários ajustes no método tradicional para que se pudesse extrair o que o BIM tem a oferecer e de fato conseguir melhorias no produto final.

Uma das mudanças observadas foi a necessidade de maior integração dos projetistas na elaboração da planilha. Percebeu-se que, para que as quantidades fossem extraídas devidamente e diretamente do modelo, as informações deveriam ser inseridas pelos projetistas. No entanto, além dos elementos contidos no projeto, deveriam ser considerados os serviços de obra, para que pudessem constar da planilha final. O desafio de como inserir no modelo serviços que não tinham representação geométrica foi estudado caso a caso para que a planilha final estivesse completa.

Percebe-se que, com isso, a necessidade de ter projetistas experientes na elaboração dos projetos, além de uma comunicação constante com a equipe de obras, que com o seu conhecimento específico pôde auxiliar para que o projeto levasse em consideração todos os serviços necessários para as planilhas.



Outra mudança necessária foi na estrutura organizacional da empresa, que criou um novo departamento para auxiliar nas questões referentes aos softwares, hardwares, criação de famílias e todos os demais assuntos relacionados ao BIM.

A experiência com os estudos de caso relatados serviu como um laboratório que não proporcionou apenas o aprendizado na metodologia BIM, mas também possibilidade de reflexão sobre os processos de projeto tradicionais praticados na empresa, independentemente da tecnologia utilizada, a partir da qual se pôde verificar as falhas e propor correções.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

MANZIONE, L. Estudo de Métodos de Planejamento do Processo de Projeto de Edifícios. Dissertação, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE, PMBOK: Um guia do conhecimento em gerenciamento de projetos, 5a edição, 2013.

SILVA, T. F. L. O Processo de Projeto no Segmento de Projetos Industriais. 2014. Dissertação, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

GRANER, Fábio. Governo quer fortalecer controle sobre custo de obras públicas. Valor Econômico, Brasília. Abr. 2017. Disponível em <http://www.valor.com.br/brasil/4946268/governo-quer-fortalecer-controle-sobre-custo-de-obras-publicas>. Acesso em: 19/02/2017.

CICHINELLI, Gisele C. Tecnologia orçamentária - Especialista em BIM (Building Information Modeling) explica como o conceito pode revolucionar os processos de orçamentação. *Construção Mercado*, n.94. mai. 2009. Disponível em <http://construcaomercado.pini.com.br/negocios-incorporacao-construcao/94/artigo299224-1.aspx>. Acesso em: 19/02/2017.