



AEAMESP



21ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

2º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

Categoria: 3 – Tecnologias de implantação, operação e manutenção de sistemas de transporte.

Título do trabalho

O BIM chegou à primeira estação: Ponte Grande.

Antonio Ivo de Barros Mainardi Neto

2015



AEAMESP



21ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

2º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

Categoria: 3 – Tecnologias de implantação, operação e manutenção de sistemas de transporte.

Título do trabalho

O BIM chegou à primeira estação: Ponte Grande.

Introdução

O BIM (Modelagem da Informação da Construção) tem tido o Brasil como um grande adepto a este novo processo que acompanha todo o ciclo de vida de um empreendimento. O Metrô de São Paulo deu seus primeiros passos em 2011 e desde então diversos obstáculos foram vencidos até que pudéssemos publicar a primeira licitação com exigência de entrega em BIM. Para que isto fosse possível, materiais e estudos foram desenvolvidos para que nesta primeira licitação pudéssemos extrair os primeiros benefícios, sendo o primeiro projeto o da estação Ponte Grande pertencente à extensão da linha 2 – verde.

O BIM é muito comumente confundido com aplicação de software e apenas uma alteração da prancheta digital para uma modelagem de projeto. Mais do que isso, nesse caso, o projeto é realizado em ambiente virtual com componentes ocupando as três dimensões, portanto podemos entendê-los como volumes representando os próprios componentes e



AEAMESP



materiais da obra. Tais componentes volumétricos contêm todas as suas informações como dimensões, locação, código para orçamento, fabricante, materiais, comportamento térmico e acústico, dentre outros. Essas informações, por sua vez, não são produzidas de forma automática, portanto é necessário que o projetista as adicionem. Há uma grande quantidade de informações passíveis de adição aos componentes, sendo que cada informação atende a um processo a que este projeto será submetido como orçamentação, simulação de cronograma, aprovação de dados, projeto de canteiro de obras, análise energética e outros. Para cada conjunto de informações necessárias e dependendo da maneira como são produzidas, há uma valoração diferente pelo trabalho empenhado.

O contratante, no caso o Metrô de São Paulo, deve deixar claro em etapa anterior ao início do projeto, quais serão os usos e objetivos deste, não deixando dúvidas ao projetista em como produzi-las e como definir seu custo. O investimento realizado na contratação deste projeto deve ser retornado com o cumprimento aos objetivos traçados, sendo que esta empresa deve ter o conhecimento de como manipular as informações exigidas. Para que isso seja alcançado deve ser realizado um trabalho anterior com diversas reuniões, treinamentos, participações em eventos e estudos para que se obtenha assim, o conhecimento necessário para desenvolver um caderno de uso, um manual de diretrizes para desenvolvimento de projeto, revisão de contrato e assim atingir o uso inicial de um novo processo, no caso o BIM.



AEAMESP



Diagnóstico

Uma estação metroferroviária passa por diversas etapas como projetos, obras, orçamentos e outros usos, sendo um novo empreendimento, um *retrofit* ou a sua manutenção e operação. A etapa de projeto é aquela em que tudo é possível, onde arquitetos e engenheiros desenvolvem suas técnicas para entregar o melhor produto, para que a obra ocorra com a menor quantidade de novas interferências, tanto em seu desenvolvimento, quanto no seu cronograma e custo. A utilização do BIM na construção civil é guiada por objetivos e, portanto, é necessário definir quais objetivos são pertinentes às necessidades de cada edificação ou empresa. Um dos pontos primários do BIM é a melhoria na etapa de projeto, já que a estação, no caso abordado, será representada em três dimensões, melhorando assim a precisão de dimensionamentos, com acesso a uma fonte de informações única, com maior confiabilidade de compatibilização entre todas as disciplinas, dentre outros fatores.

Assim como em outras empresas públicas brasileiras, o Metrô de São Paulo realiza licitações públicas para o desenvolvimento de projetos civis, estes, por sua vez, passam pela análise de técnicos internos, até se alcançar a aprovação final, após realização de diversas revisões. A partir de novembro de 2013, a GCI – Gerência de concepção de projeto básico civil - realiza suas licitações de projetos para que estes sejam desenvolvidos em processo BIM, com o objetivo inicial de melhoria na compatibilização e quantificação, além da análise de projetos em 3D, que possibilita a visualização do projeto completo e não apenas desenhos bidimensionais. Cada projeto passa pela análise interna em que técnicos e profissionais avaliam as informações, produzindo comentários para ajustes que seguem para o projetista

que avaliará o atendimento aos comentários emitindo uma nova revisão, sendo que esse ciclo se repete até a aprovação final do projeto.

Processo BIM GCI

A GCI – Gerência de concepção de projeto básico civil - é responsável pelo desenvolvimento, contratação e aprovação de projeto básico civil para o Metrô de São Paulo. Em 2011, alguns de seus integrantes tomaram conhecimento deste novo processo, visualizando no BIM não só uma oportunidade de melhoria dos processos, mas também um futuro certo e até mesmo, indeclinável. Assim formou-se o grupo BIM da GCI, formado por arquitetos e engenheiros. A partir deste momento, diversas reuniões foram realizadas, palestras, participações em eventos, treinamentos. Nenhuma destas ações teria sucesso sem um planejamento, com diretrizes sobre o desenvolvimento e etapas que deveriam ser cumpridas.

Inseridos no planejamento do BIM na GCI, encontram-se fluxos de análise de projeto revistos indicando qual caminho deve ser percorrido, a produção de uma EAP (Estrutura analítica de projeto) organizando e indicando todos os passos necessários para a implantação do BIM, a produção de um Plano de Execução padrão, documento que deve ser preenchido no início de cada projeto com informações daqueles envolvidos nele, tipos de arquivos e formatos de entrega e demais informações do processo, a revisão do texto de licitação com alterações necessárias pra que seja possível o processo em BIM, dois projetos pilotos com a intenção de entender melhor a relação entre o BIM e obras do Metrô, permitindo que todos os outros documentos pudessem ser desenvolvidos, além de dois

marcos importantes, a produção de um manual de diretrizes para contratação de projeto básico civil desenvolvido em BIM e a primeira licitação pública com esta exigência.

O Manual intitulado de “Diretrizes de desenvolvimento de projetos em BIM”, é a base do que pode ser utilizado no projeto entregue ao Metrô, portanto, compreende os itens necessários para o desenvolvimento do projeto pelo contratado. Constam no documento itens como a identificação do projeto, se este será edificado e entregue via modelo BIM ou se o processo será linear e será entregue via DWG, os usos BIM definidos pela GCI como quantitativo e detecção de interferências, como deve ser produzida a documentação técnica, sendo esta obrigatoriamente extraída do modelo 3D, quais disciplinas devem ser entregues em modelo BIM entre outras definições.

Estação Ponte Grande

A estação Ponte Grande pertencente à extensão da linha 2 – verde, é o primeiro projeto desenvolvido em processo BIM pelo Metrô de São Paulo. O projeto consiste em quatro etapas macros até a obra, tendo seu início no projeto funcional. A GCI é responsável pelo projeto preliminar e básico (Figura 1), portanto o uso do BIM se faz presente em ambos. O desenvolvimento do projeto preliminar, utilizando-se o projeto funcional entregue a gerência que consta de dados prévios sobre a estação, é realizado com mais informações e detalhes para iniciar o desenvolvimento do básico.

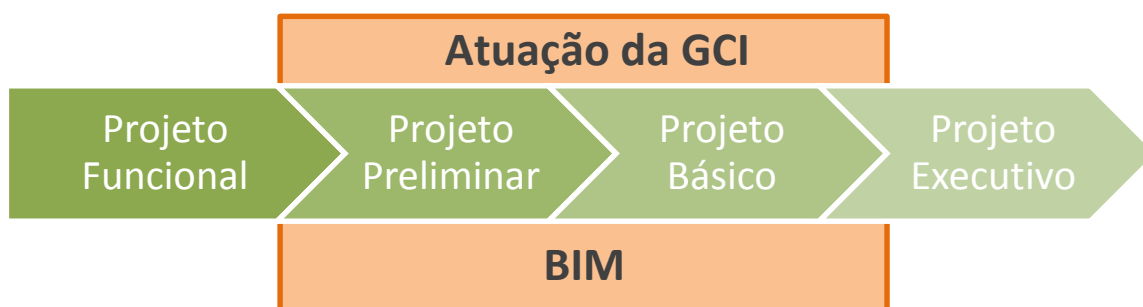


Figura 1 Etapas de projeto. Fonte: Autor

O projeto preliminar da estação Ponte Grande foi produzido internamente pelo CIA – Departamento de Concepção de Projeto Básico de Arquitetura - departamento responsável pelos projetos básicos de arquitetura, acabamento, paisagismo e comunicação visual. O desenvolvimento dessa etapa de projeto permitiu determinar os principais fluxos de usuários da estação, implantação e determinar o posicionamento dos ambientes presentes no programa, assim como facilitou as reuniões e entendimento entre os demais envolvidos tendo a colaboração de outras áreas como estrutura e acabamento, resultando em um primeiro processo de integração em BIM. Com o projeto preliminar finalizado e início do contrato vigente, o projeto representado em modelo 3D foi entregue ao projetista e utilizado para o desenvolvimento do projeto básico.

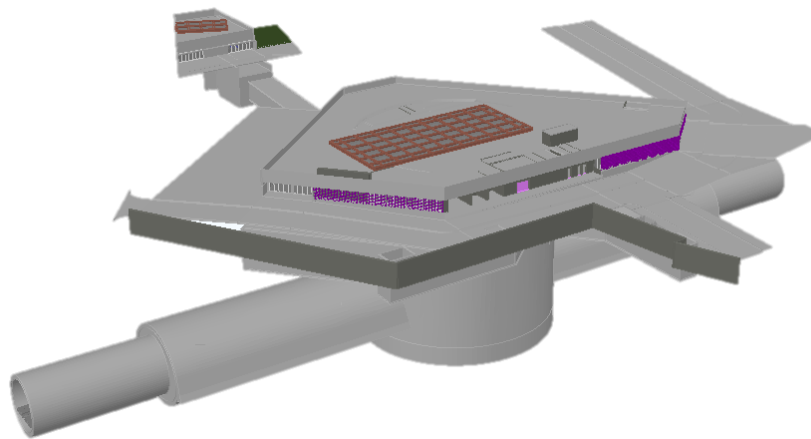


Figura 2 Projeto preliminar da estação Ponte Grande.

O projeto de arquitetura básico é desenvolvido em uma etapa anterior, já que este projeto servirá como base para as demais disciplinas. Enquanto no projeto funcional desenvolveu-se apenas as questões de arquitetura, durante o projeto básico são desenvolvidos os projetos de acabamento, comunicação visual, paisagismo, estrutura de concreto, estrutura metálica e hidráulica, sendo todos realizados em BIM.

Entregáveis

Os formatos de entrega estão determinados no manual de diretrizes MAN 10-203 e no manual de documentação MAN 10-201, diferenciando o projeto (representado em 3D) e documentação (representação planificada). A documentação é entregue no formato DWF que permite a visualização e anotações, mas não a edição, constituindo um documento confiável. A análise é realizada utilizando o software DesignReview (Figura 3), que permite que os comentários sejam produzidos diretamente na folha em formato digital, facilitando a rastreabilidade e possibilitando a extração de relatórios. Este processo colabora com o

entendimento por parte do projetista que acessa facilmente o comentário e sua localização. A cada revisão são entregues os arquivos DWF e DWG para cada folha, porém na revisão 0 (final) que seguirá para armazenagem como projeto aprovado, o PDF assume o lugar do DWF, permitindo o uso de assinatura digital e fácil acesso em qualquer dispositivo.

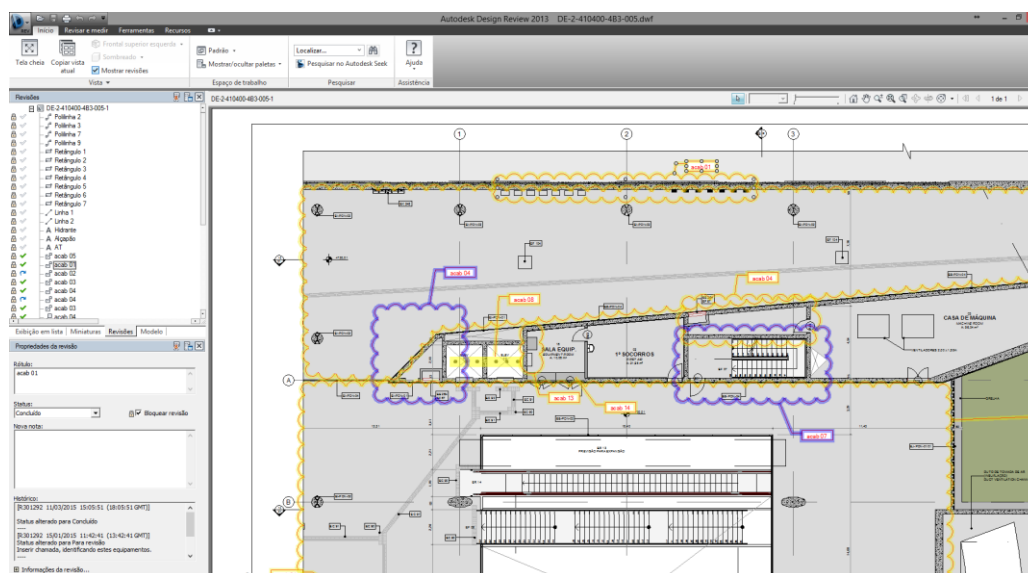


Figura 3 Exemplo de análise de folha realizada digitalmente. Fonte: Autor

A plataforma para desenvolvimento entre as fases de projeto funcional e básico foi alterada no processo BIM, visto que o Metrô e o projetista fazem uso de softwares distintos, o que demandou, dessa forma, o envio entre as etapas via *IFC – Industry Foundation Classes*, formato desenvolvido pela *BuildingSmart*, com o objetivo de melhorar a interoperabilidade entre softwares. Sendo assim, as entregas durante as revisões acontecem via IFC, e a revisão final já aprovada é acompanhada do arquivo nativo, ou seja, com a extensão da plataforma em que o projeto foi originalmente desenvolvido.

Entregáveis	Projeto	Documentação
Revisões 1, 2, 3...	IFC	DWF, DWG
Revisão 0 (aprovada)	IFC, Nativo	PDF, DWG

Figura 4 Entregáveis. Fonte: Autor

Primeiros benefícios

Em um primeiro momento, logo nas entregas iniciais, foram verificadas melhorias relativas às reuniões e à interoperabilidade. O processo de análise do projeto, que por ora era produzido em formato seriado, com pouca interação entre as demais áreas, dada a dificuldade de envio do material (folha impressa em papel), agora é facilitado, uma vez que o modelo é analisado de forma paralela e por meio de um arquivo digital, o que possibilitou o envio para mais áreas com maior agilidade. Assim, o projeto, logo na primeira revisão de básico de arquitetura, contou com a colaboração da GOP (Gerência de Operações), GCS (Gerência de projetos e concepção de sistemas) e áreas da própria GCI como CIC/CIE (Coordenadoria de projeto básico de estruturas civis), o que resultou em maiores acertos de projeto, permitindo que este fosse melhor definido, dada uma maior eficiência do processo de trabalho, com maior possibilidade de alterações, ainda que com um esforço menor, seguindo o que apresenta a curva de esforço de McLeamy (Figura 5).

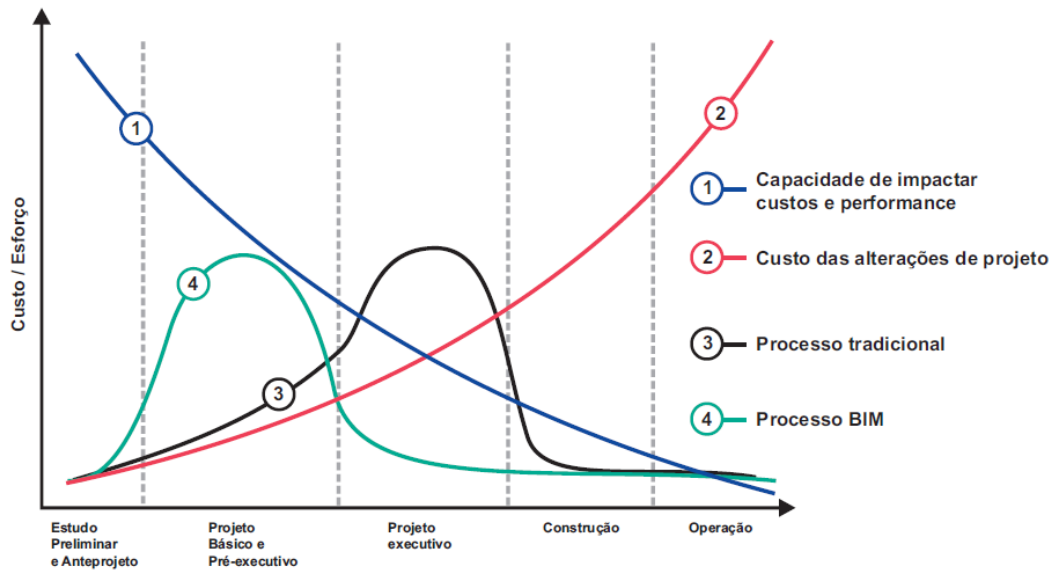


Figura 5 Curva de esforço (Patrick Macleamy curve). Fonte: www.hok.com/thought-leadership/patrick-macleamy-on-the-future-of-the-building-industry/

As reuniões aconteceram com menor duração e com apresentação de mais soluções. Apresentar o projeto em 3D facilita o entendimento, já que sua visualização se apresenta de forma mais natural a todos, com visualizações técnicas e em primeira pessoa, com posicionamento no lugar do usuário. Um fator comum aos projetos desenvolvidos em folha (digital ou não) é a necessidade de produzir informações necessárias que não foram previamente desenvolvidas, como desenhos de cortes e detalhes. No caso do BIM a produção de desenhos se dá a partir da extração de seções do projeto e com aplicação das devidas anotações, em uma reunião quando há dúvida em determinado ponto do projeto pode-se improvisar uma vista deste ponto, com as seções e representações necessárias durante o percurso da reunião, tornando-a, assim, mais produtiva e eficiente.



Figura 6 Reunião da revisão 1 do projeto de arquitetura da estação ponte grande

O processo de análise

Um dos pontos que requer maior atenção no processo de análise e comunicação, sendo o projeto realizado em BIM ou de forma tradicional, é a forma como ele será realizado. Tradicionalmente a análise é realizada por meio de anotações nas folhas entregues ao Metrô. Cada anotação recebe um número, e estas são transcritas para um sistema de texto - um software ou uma plataforma de gestão de documentos - ou seja, estabelece-se uma relação entre os números das anotações em folhas e a respectiva descrição em um texto. Tratando-se do processo tradicional, anterior ao BIM, essa etapa pode ser realizada de forma digital, com comentários e anotações representados de forma digital na folha, com uso do computador, o que permite que a análise seja realizada em paralelo já que o envio dos arquivos digitais não está limitado a unidades físicas - ao contrário do que ocorreria caso um folha de papel fosse repassada de um departamento para outro, o que geraria um

processo em série - ganhando assim na relação tempo e produtividade já que a colaboração é impulsionada.

Com a entrada do BIM nessa etapa, visando a possibilidade da utilização das vistas 3D, decidiu-se utilizar o padrão de comentários via BCF – *BIM Collaboration Format*. Este formato permite que o analista, ao visualizar o projeto em 3D possa fixar uma vista, como uma câmera, e atrelar a ela o seu comentário. Nesse comentário é possível relacionar informações sobre quem realizou a análise, qual sua revisão dentre outras informações. Tal arquivo BCF é enviado ao projetista, que poderá abri-lo em outros softwares e terá assim o comentário e a câmera posicionada, podendo, inclusive, movê-la e realizar as considerações propostas. Neste mesmo arquivo, o projetista responde aos comentários do analista mantendo-se assim um histórico sobre uma certa questão.

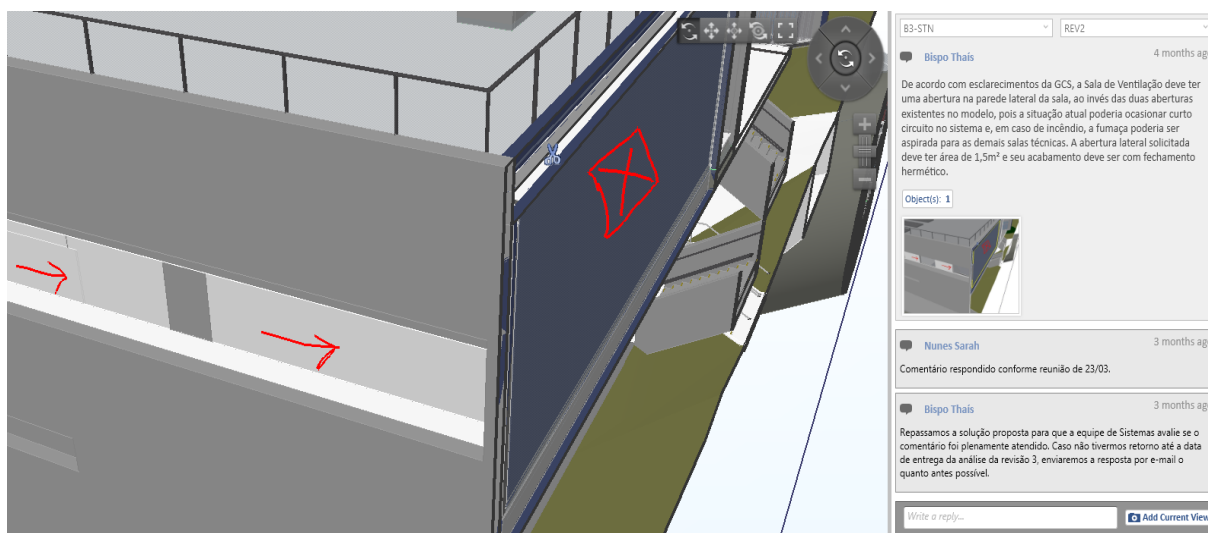


Figura 7 Exemplo de análise utilizando o padrão BCF. Fonte: Autor.



AEAMESP



Análise de resultados

O contrato do projeto da estação Ponte Grande definiu ciclos de 15 dias para análise e 15 dias para resolução por parte do projetista. Durante as reuniões, o projetista realizou questionamentos sobre o conteúdo e qual seriam as necessidades de desenvolvimento do projeto, segundo o MAN 10-203, que dita as diretrizes para contratação e desenvolvimento de projeto em BIM para o Metrô de São Paulo, todos os componentes presentes no quantitativo (um dos produtos do projeto básico, e realizado pelo projetista) devem constar na modelagem 3D, sendo que o nível de detalhamento dos componentes necessita ser o suficiente para diferenciá-los e identificá-los visualmente. A relação do quantitativo é determinado por outro documento comumente utilizado em licitações anteriores, portanto de conhecimento das empresas. O que diferencia este processo do anterior é a quantidade de informações produzidas, saindo das folhas com representação de seções (horizontais ou verticais) para o modelo 3D, sendo este um ponto que deve ganhar bastante atenção por parte do projetista no momento da proposta, em relação à valoração do projeto.

Um fato notado pela equipe de analistas e projetistas, e isso trazido ao Metrô como um questionamento, é a quantidade elevada de comentários realizados em comparação ao processo tradicional. Levantou-se a questão de que essa condição se deu, sobretudo, devido ao fato do projeto se apresentar de maneira mais completa em relação à sua representação gráfica, o que aumentou a possibilidade de visualização de possíveis erros. Uma percepção comum quando se trabalha em BIM, e apoiada pela curva de esforço de McLeamy (Figura 5), é aquela de que, quão mais antecipadamente os projetos e suas soluções forem resolvidas, mais baixo será o custo e maior será a capacidade de alteração do projeto e obra.



AEAMESP



Atualmente os canteiros de obra tem surgido num momento cada vez mais antecipado, frequentemente ainda quando o projeto executivo não se encontra totalmente finalizado. Logo, quanto melhor e mais bem resolvido for o projeto básico, restando à fase do executivo, principalmente questões de detalhamento, mais adaptado a esta realidade e menor será a possibilidade de erros e imprevistos na obra, e conseqüentemente de seus atrasos e aumento de custo.

Para que seja possível verificar se houve aumento no número de comentários, foi realizado um levantamento com o número de revisões, quantidade de comentários e o tempo de cada análise, sendo feita uma comparação entre duas estações, uma com projeto em BIM, representada pela estação Ponte Grande, e outra com projeto realizado por meio de processo tradicional, representada pela estação Guilherme Giorgi. Tal escolha se deu pelas semelhanças relativas ao sistema construtivo, linha de implantação e formato entre as estações. Deve-se levar em consideração as diferenças entre projetistas, analistas, cronograma e contrato. No campo da tabela criada, relativo à quantidade de comentários deve-se também levar em consideração que o número representa o total, sendo comentários de projeto, desenho e informações de folha. As tabelas abaixo representam o resultado desta análise, com a especificação de cada disciplina, e as respectivas revisões com a quantidade de comentários e dias de análise.

Tabela 1 Levantamento dos comentários da estação Ponte Grande. Fonte: Autor

Estação Ponte Grande	Revisão								Total	
	1		2		3		4		coment	dias
	coment	dias	coment	dias	coment	dias	coment	dias		
Arquitetura	233	20	102	13					335	33
Acabamento	588	31	402	15	179	19			1169	65
Comunicação Visual	98	34	59	17	54	13	2	16	213	80
Paisagismo	16	18	40	18	10	17			66	53
Est. Concreto	402	18	91	26	448	32			941	76
Est. Metálica	40	24	5	35					45	59
Hidráulica	79	14	45	11	21	20			145	45

Tabela 2 Levantamento dos comentários da estação Guilherme Giorgi. Fonte: Autor.

Estação Guilherme Giorgi	Revisão								Total	
	1		2		3		4		coment	dias
	coment	dias	coment	dias	coment	dias	coment	dias		
Arquitetura	80	43	30	14					110	57
Acabamento	83	79	45	25	10	7			138	111
Comunicação Visual	22	16	22	21	5	28			49	65
Paisagismo	22	23	5	56					27	79
Est. Concreto	72	-	29	34	11	20			112	-
Est. Metálica	45	81	19	55	8	24			72	160
Cobertura Metálica	22	22	14	7					36	29

A partir desse levantamento é possível verificar que o processo em BIM criou um número maior de comentários por revisão, acontecimento já esperado pelo contratante pelos fatos já apresentados, relativos a uma representação mais abrangente do projeto que permite visualização mais precisa deste. Esse número maior de comentários, consequentemente,



AEAMESP



resultou em um número maior de revisões, porém neste ponto deve-se levar em consideração o tempo para a realização da análise, uma vez que, com o processo tradicional somente ganhou-se em relação ao tempo no projeto de comunicação visual, perdendo em todos os outros (lembrando que os projeto de estrutura de concreto, estrutura metálica e hidráulica não estavam aprovados até a conclusão deste artigo). Podemos concluir neste ponto que a produtividade e eficiência da análise foram aumentadas, visto que se comentou mais em menos tempo.

Relacionando o tempo de análise dos dois projetos, verifica-se que o projeto realizado em BIM obteve uma maior homogeneidade permitindo que o cronograma proposto relacionado às interfaces entre as disciplinas não fosse perdido, sendo essa uma característica comum da análise em paralelo. Um atraso em um dos projetos resultaria ou em atraso em todos, ou em revisões dependentes e descompassadas, por exemplo a estrutura concreto e a estrutura metálica.

Além do ganho de produtividade, outros produtos para a melhoria do projeto foram adicionados com o processo BIM como a detecção de interferências, em que as geometrias de cada projeto são utilizadas e confrontadas, resultando em um relatório de interferências entre elas.

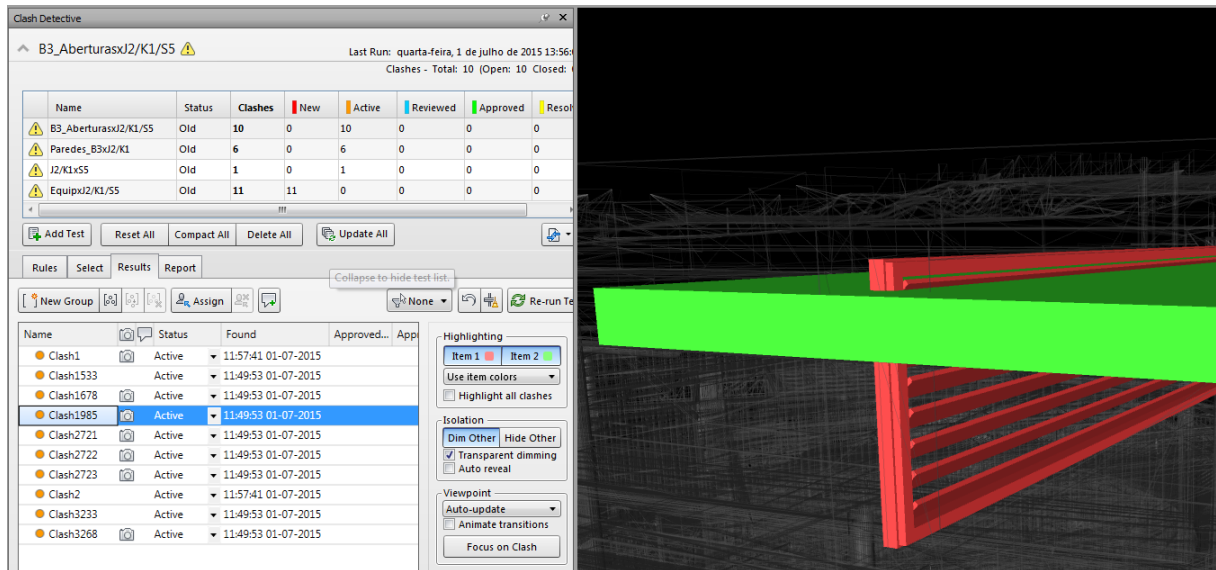


Figura 8 Detecção de interferência entre projeto de arquitetura (acabamento) e estrutura de concreto. Fonte: Autor.

Próximos passos

O projeto da estação Ponte Grande, sendo o primeiro desenvolvido em BIM pela GCI, resultou em grande aprendizado para ambos os envolvidos, contratante e projetista, baseando-se nos erros e acertos, sendo boa parte já aguardado pelo contratante. Ao final do projeto é realizada uma reunião de fechamento onde os projetistas junto com os analistas debatem sobre o processo da análise e possíveis melhorias.

O que fica claro para ambos (projetista e contratante) é a necessidade de revisar o cronograma do projeto, não só internamente na GCI com relação aos projetos civis, mas ao planejamento de contrato com os demais que se relacionam com o projeto, como os projetos de sistemas. A GCI tem desenvolvido através de reuniões com coordenadores e analistas, diretrizes para definição do cronograma de entregas de projeto. Para alcançar este



AEAMESP



objetivo foi necessário traçar primeiramente as interdependências de projetos, isto irá direcionar como os projetos até então desenvolvidos individualmente deverão se relacionar. Como exemplo é a relação de dependência entre projeto de acabamento e de comunicação visual que devem caminhar juntos, já que a relação é direta entre a locação e a comunicação. Outro exemplo deste trabalho é o paralelismo no processo de análise entre acabamento e estruturas, evitando desatualização ou incompatibilidade entre os projetos. Sendo a comunicação e integração entre os projetos um dos pontos bases do BIM, e assim extraindo os benefícios citados, deve-se projetar para um futuro próximo melhorar este processo com licitações próximas e revisão de contratos dos demais projetos para que seja possível alcançar o primeiro degrau do BIM, ou como definido pelo departamento de inovações e habilidade do governo do Reino Unido (BIS – *Department for Business Innovation & Skills*) atingirá o nível 1 para todo o projeto básico, onde pode-se afirmar que o projeto civil desenvolvido e analisado pela GCI está.

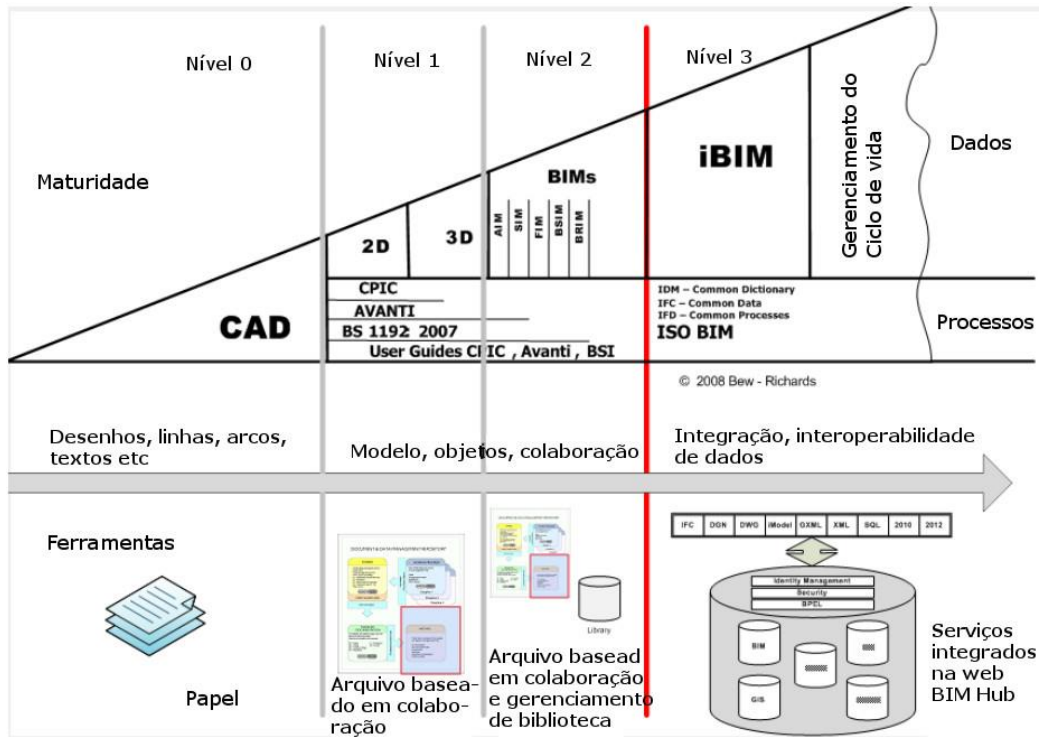


Figura 9 Plano de desenvolvimento da maturidade da construção civil no Reino Unido. Fonte: A report for the Government Construction Client Group. 2011.

Conclusões

O BIM demonstra ser um novo processo de desenvolver, gerenciar e operar o projeto de construção civil, não apenas para novos empreendimentos, mas também para os já existentes visto que sua atuação atinge todo o ciclo de vida da edificação. Os entraves para sua aplicação são diversos, mudança de cultura, mudança de organização, mudança em documentos. Para isso é indispensável que o contratante conheça este novo processo, determine um objetivo e crie o planejamento anteriormente ao seu primeiro projeto neste processo.



AEAMESP



O Metrô de São Paulo deu início a sua implantação do BIM pela gerência de projeto básico civil – GCI. É visto como natural o início por esta gerência por ser a base dos demais projetos e etapas. Muitas das iniciativas para implantação de novos processos e tecnologias parte do interesse dos funcionários, apresentando e preparando a empresa para o uso e expandindo-a, como no caso do BIM no Metrô.

A estação Ponte Grande foi beneficiária em ter seu desenvolvimento em BIM, isso possibilitou um projeto melhor e mais definido, com compatibilização envolvendo todas as disciplinas de civil, pode-se afirmar que a próxima etapa (projeto executivo), graças as reuniões realizadas em 3D, aos comentários e o atendimento do projetista à este novo processo, encontrará um número menor de pontos a resolver, atendendo assim ao fluxo do projeto sem interrupções, apenas continuar o que foi projeto, refinando e detalhando o que foi entregue. Os números de comentários e revisões podem ter interpretações diversas, mas está claro a vocação que o BIM tem em antecipar as decisões do projeto, em antever o que poderá acontecer no projeto de execução e canteiro, e não deve ser confundido com qualidade de projeto.

Os primeiros usos do BIM determinados a utilização no Metrô de São Paulo são o primeiro passo neste processo que surge como um sinal de novos avanços para problemas já conhecidos a muito tempo. Outros usos serão aplicados à medida que o mercado se desenvolver junto com o Metrô, e que a empresa terá condições de utilizar conforme a maturidade for progredindo. Os aprendizados tomados neste primeiro projeto serão repassados ao próximo e assim por diante, sempre com o foco em melhorar o produto desenvolvido e entregue ao Metrô e a população.



AEAMESP



O BIM deve ser visto como um alvo, não a se mirar e atingir de longe, mas sim caminhar para cada vez mais perto, acertando em cheio o centro, seu ponto principal, servir cada vez melhor a sociedade.

Referências Bibliográficas

ABNT NBR 15965-1:2011 - Sistema de classificação da informação da construção.

ABNT NBR 15965-1:2011 - Sistema de classificação da informação da construção.

BCF – BIM Collaboration Format. Em: <<http://www.buildingsmart-tech.org/specifications/bcf-releases>>. Acesso em: 29 de julho de 2015.

BUILDINGSMART. **Industry Foundation Classes Release 4**. Disponível em:< <http://www.buildingsmart-tech.org/ifc/IFC2x4/rc4/html/index.htm> >. Acesso em: 29 de julho de 2015.

COMPANHIA DO METROPOLITANO DE SÃO PAULO. **MAN 10-201 - Elaboração e fornecimento da documentação técnica de engenharia civil, arquitetura, geotecnia, topografia, desapropriações e via permanente**. Revisão 00.

COMPANHIA DO METROPOLITANO DE SÃO PAULO. **MAN 10-203 - Diretrizes para desenvolvimento de projetos BIM**. Revisão 01.

EASTMAN, C. et al. **BIM Handbook - A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors**. 2. ed. Estados Unidos: Wiley, 2011.

IFC – Industry Foundation Classes. Em: < <http://www.buildingsmart-tech.org/specifications/ifc-overview>>. Acesso em: 29 de julho de 2015.