

**APLICAÇÃO DO *BUILDING INFORMATION MODELING*  
(BIM) EM PROJETOS DE INFRAESTRUTURA NAS FASES  
PRE-COMPLETION E/OU POST-COMPLETION.**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado como parte dos requisitos  
para obtenção do grau de Especialista em  
POLÍTICAS DE INFRAESTRUTURA.  
Aluno: Li Chong Lee Bacelar de Castro  
Orientador: Prof. Dr. Marcos Honorato de  
Oliveira

Brasília – DF  
JAN/2019

**APLICAÇÃO DO *BUILDING INFORMATION MODELING*  
(BIM) EM PROJETOS DE INFRAESTRUTURA NAS FASES  
PRE-COMPLETION E/OU POST-COMPLETION.**

Li Chong Lee Bacelar de Castro  
Controladoria-Geral da União - CGU

AUTOMAÇÃO; BIM; INFRAESTRUTURA;

Anualmente, o Governo Federal gasta bilhões de reais em obras de infraestrutura e estas por sua vez fazem parte e são essenciais para, por exemplo, mitigar as condições de habitabilidade.

Contribuindo na ampliação dos horizontes da gestão de riscos na atuação governamental para a gestão eficiente; de promover a atuação sobre as incertezas; e ainda de contribuir no âmbito do Governo federal na disseminação da tecnologia BIM, tem-se nesse artigo a análise de projetos de infraestrutura nas fases pre-completion e/ou post-completion com a consequente proposição para que as ações governamentais cheguem ao beneficiário no tempo e medidas certas.

É o paradigma de "olhar para a frente". As atividades de operação e manutenção representam mais de 95% do tempo dos empreendimentos de infraestrutura, há um elevado peso das vantagens trazidas pelo BIM, onde as inerentes ao projeto e/ou obra permitem a implantação de um sistema de gestão integrada e automatizada das atividades de operação e manutenção além de atividades de Auditoria, Controle e Fiscalização em todo o ciclo de vida.

## Introdução

O BIM (*Building Information Modeling*) é uma tecnologia para desenvolvimento e gestão de projetos da construção civil, a qual permeia todas as fases do empreendimento, desde a concepção, passando pela execução, até as fases de operação e manutenção, ou seja, o seu ciclo de vida, como exemplificado na Figura 1.



Figura 1: BIM no ciclo de vida das edificações. Fonte: ABDI,2017.

BIM, ou *Building Information Modeling*, é um conceito que surgiu há mais de trinta anos, apresentado por Chuck Eastman no então AIA Journal. Já a terminologia

Building Modeling tem circulado desde 1986, sendo que em dezembro 1992 F. Tolman utilizou BIM em artigo no *Automation in Construction*. Não é uma ideia muito recente e só se disseminou quando passou a ter uma oferta de microcomputadores com a capacidade de processamento necessária e preços acessíveis para o mercado da construção, bem como um mínimo de normalização. Desde os anos 80 já existiam softwares capazes de produzir modelos 3D com Informação agregada, mas só no início do século é que esses eles se tornaram mais populares. E a partir de aproximadamente 2005 as condições de difusão se estabeleceram, quando foi publicada a ISO-PAS 16739-2005, Industry Foundation Classes, Release 2x, Platform Specification (IFC2x Platform) seguida pela versão IFC2x em 2007, e que pode ser considerada como a referência básica do BIM tal como está estruturado hoje. (ABDI,2017)

Corresponde a uma tecnologia emergente que se propõe a revolucionar o modo de projetar e desenvolver os empreendimentos (ANTUNES, 2013). Essa revolução se dá, pois o BIM traz uma ponderosa metodologia de modelagem tridimensional a qual carrega uma plataforma com todas as informações pertinentes à gestão do empreendimento, incluindo dados do projeto, da obra e de toda a vida útil do mesmo (MATTOS, 2014). O modelo resultante é uma representação da edificação a partir da qual visões e dados podem ser extraídos e analisados visando à tomada de decisão para melhorar o processo de entrega da edificação (BIOTTO, 2012).

Para Ferreira (2007), o BIM é mais que a modelagem de um produto, já que procura englobar todos os aspectos relativos à edificação: produtos, processos, documentos, etc. Dessa forma, a implantação de um sistema BIM em escritório de projeto reflete na alteração do método de trabalho convencional. Essa alteração se dá, pois, tradicionalmente, os escritórios de engenharia e arquitetura pensam seus projetos em duas e três dimensões (2D e 3D), trabalhando de forma isolada com projetos de arquitetura, projetos complementares de engenharia (projetos hidráulico, elétrico e estrutural), sendo que estes ainda são separados de todo o processo de planejamento e execução do empreendimento.

Mattos (2014) explica como o BIM apresenta em uma mesma interface todas essas informações trazendo o conceito de dimensões de desenho. Cada dimensão do modelo BIM carrega informações próprias, as quais geram, finalmente, um

modelo com dados integrados. Esse conceito de dimensões de desenho é ainda explicado de uma forma mais completa pelo autor a seguir. O modelo BIM inicia com três dimensões de desenho (3D) contendo os dados necessários à caracterização e posicionamento espacial do projeto da obra, contidos em um mesmo ambiente virtual. A quarta dimensão (4D) complementa os elementos gráficos do projeto com informações referentes ao cronograma da obra, contendo a ordem e os precedentes de execução de cada fase do empreendimento. Com a quinta dimensão (5D) cada elemento do projeto passa a ser vinculado a dados de custo, contendo o orçamento e os respectivos insumos de produção. A sexta dimensão (6D) constitui o gerenciamento do ciclo de vida do bem em questão, incluindo o controle da garantia dos equipamentos, planos de manutenção, dados de fabricantes e fornecedores, custos de operação e fotos (MATTOS, 2014).

A integração de todos os dados do empreendimento em uma mesma plataforma facilitam a gestão da informação, possibilitando detectar colisões entre projetos (*clash detection*) além de alterar todos os dados de planejamento físico e financeiro conforme alterações no projeto.

A base do sistema é um banco de dados que além de definir a geometria dos elementos construtivos em três dimensões, armazena atributos e, portanto, transmite mais informações do que os modelos Computer-aided design (CAD) convencionais. Outra vantagem é que como os elementos são paramétricos, as atualizações e alterações são instantâneas em todo o projeto, facilitando assim, a revisão e aumentando a produtividade (FLORIO, 2007).

Comparando com outros softwares como o CAD, o BIM apresenta vantagens, pois modela e gerencia não somente gráficos, mas também informações que permitem gerar automaticamente desenhos, relatórios, análise de projeto, simulação de cronogramas, facilidade de gerenciamento, entre outras. Assim, a equipe de trabalho pode tomar decisões com base em informações mais precisas e confiáveis (LIMA, 2014).

Apesar do uso das ferramentas BIM estarem crescendo rapidamente, o BIM é ainda uma tecnologia que se encontra nas fases iniciais de implantação. Por isso, as empresas de construção seguem diferentes abordagens para tirar proveito das suas potencialidades (EASTMAN, et al., 2014).

O processo de projeto BIM tem sido classificado como uma inovação disruptiva, pois altera as soluções técnicas profundamente, levando a novas soluções e abordagens do mercado. À medida que isto evolui, novos mercados podem ser criados, o que o transforma em uma inovação radical. Em maior ou menor grau, no mínimo trata-se de uma mudança de cultura da organização e de todos os participantes. A implantação do BIM em uma organização é um processo complexo, que envolve todas as suas dimensões. Ao falar sobre BIM, é comum a discussão a respeito de software e computadores, mas quando se fala em mudança de cultura, isto inclui pessoas e processos e a maneira da organização resolver os problemas e desenvolver seus produtos. Assim, é possível afirmar que a efetiva implantação da metodologia BIM se baseia em três dimensões fundamentais: tecnologia, pessoas e processos, concatenadas entre si por Procedimentos, Normas e Boas Práticas, como mostra a Figura 2. (ABDI, 2017)

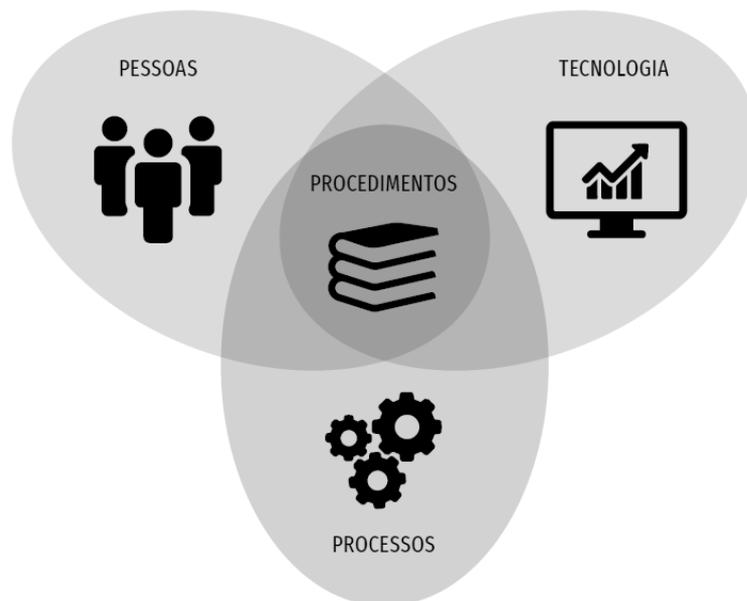


Figura 2: Os fundamentos do BIM. Adaptado de SUCCAR, Fonte: ABDI, 2017.

Dada a probabilidade de insucesso de determinado empreendimento, em função de acontecimentos eventual, incerto, cuja ocorrência não depende exclusivamente da vontade dos interessados, a preocupação com os riscos, desde a formulação de um programa governamental vinculado a uma política pública, por exemplo, garante de forma preventiva e eficiente a identificação dos possíveis obstáculos à execução daquele programa, sua probabilidade de ocorrência e qual o

impacto de sua ocorrência nos objetivos programáticos, delimitando as medidas preventivas a serem adotadas em uma dimensão realista, diante dos riscos que se deseja incidir, seja financeiro e/ou social.

Fugir desse paradigma é lançar recursos ao sabor da sorte, incorrendo em falências na execução, desperdícios e, diante dos problemas, a necessidade de adotar medidas corretivas, por vezes onerosas e pouco eficazes, sacrificando os serviços públicos prestados aos cidadãos, pela sua deficiência ou descontinuidade.

A discussão da gestão de riscos ainda é incipiente na Administração Pública, restrita a uma presença mais acentuada nos setores que lidam com o Sistema Financeiro e naqueles que atuam em desastres naturais. Em uma visão geral, podemos dizer que razões culturais no Brasil inibem a gestão do enfrentamento da incerteza, como herança de estruturas autoritárias que pairam sobre quaisquer movimentações que abalem o status quo, nas certezas da tradição, em que importa o culto ao passado e não o olhar para o futuro.

Desta forma, o cumprimento das diretrizes estabelecidas na Instrução Normativa Conjunta MP/CGU Nº 1, de 11/5/2016, por parte dos órgãos e entidades do Poder Executivo Federal, bem como com instrumento de auto avaliação para os gestores públicos aferem a maturidade da gestão de riscos de organizações públicas e identificam aspectos que necessitam ser aperfeiçoados?

Na mesma vertente a tecnologia BIM exige uma grande mudança de paradigma no tocante ao planejamento, à oportunidade e conveniência da implementação da Política Pública de infraestrutura. Assim indaga-se: A Estratégia Nacional de Implementação do BIM no âmbito do Governo federal se dará de forma efetiva com resultados benéficos para as Políticas de Infraestrutura?

Anualmente, o Governo Federal gasta bilhões de reais em obras de infraestrutura e estas por sua vez fazem parte e são essenciais para, por exemplo, da manutenção da Política Nacional de Saneamento Ambiental e da Política Nacional Habitação em que essas obras contribuem diretamente na mitigação das condições de habitabilidade. Parte dessas obras é auditada pelo órgão de controle externo e/ou interno, sendo comum a ocorrência de irregularidades as quais incluem problemas quanto a concepção, avaliação de viabilidade técnica, econômica e ambiental, e ainda à fiscalização deficiente.

A Auditoria baseada em riscos (ABR) identifica, mede e prioriza os riscos para possibilitar a focalização nas áreas auditáveis mais significativas. A ABR em vez de olhar para os processos do negócio como algo que está dentro de um sistema de controle, os analisa numa envolvente de risco. É o paradigma de "olhar para a frente": uma auditoria centrada nos riscos acrescenta mais valor a uma organização do que uma auditoria centrada apenas nos controles. (ABNT NBR ISO 31.000, 2011)

Considerando que as atividades de operação e manutenção representam mais de 95% do tempo dos empreendimentos de infraestrutura, há um elevado peso das vantagens trazidas segundo a tecnologia BIM, onde as inerentes ao projeto e/ou obra permitem a implantação de um sistema de gestão integrada e automatizada das atividades de operação e manutenção além de atividades de Auditoria, Controle e Fiscalização em todo o ciclo de vida (Cooperação MDIC/EU, 2015).

Considerando o objetivo de contribuir na ampliação dos horizontes da gestão de riscos na atuação governamental para a gestão eficiente; de promover o esclarecimento que serviços públicos de qualidade não se obtém apenas com redução de custos, otimização de processos e inserção de mecanismos de mercado, mas sim com a atuação sobre as incertezas; e ainda de contribuir no âmbito do Governo federal na disseminação da tecnologia BIM em consonância com Comitê Estratégico de Implementação do *Building Information Modelling* – CE-BIM e a estratégia Nacional de Disseminação do BIM – Estratégia BIM BR, espera-se como resultado a análise de projetos de infraestrutura nas fases pre-completion e/ou post-completion com a consequente proposição para que as ações governamentais cheguem ao beneficiário no tempo e medidas certas, tendo em vista que os mecanismos de controle deverão ter uma ação eficaz e eficiente, sem excessos devido a atuação sobre as incertezas.

### **A estratégia BIM BR**

No âmbito da gestão governamental, o Decreto n.º 9.377 de 17 de maio de 2018 - Institui a Estratégia Nacional de Disseminação do BIM com um de seus objetivos como propor atos normativos que estabeleçam parâmetros para as compras e as contratações públicas com uso do BIM.

O aprimoramento de um dos projetos (na estrutura, por exemplo) pode ser transmitido para as outras disciplinas, com todas as suas medidas, geometria e informações agregadas a essa alteração (materiais, especificações), permitindo a análise, a atualização e o ajuste das demais disciplinas e do orçamento. O BIM proporciona redução de erros, otimização dos prazos, maior confiabilidade dos projetos, processos mais precisos de planejamento e controle de obras, aumento de produtividade, diminuição de custos e riscos e economia dos recursos utilizados nas obras.

Os benefícios também são auferidos pelos compradores, incluindo nesse grupo o Poder Público. O BIM aumenta a confiabilidade nas estimativas de custos e no cumprimento dos prazos, reduz a incidência de erros e imprevistos, garante uma maior transparência no processo de compra e confere maior qualidade às obras. Além disso, pode ser aplicado em todo o ciclo de vida da construção. As informações agregadas ao modelo virtual proporcionam ao proprietário eficiência na gestão e manutenção de ativos.

A Estratégia BIM BR tem por finalidade promover um ambiente adequado ao investimento em BIM e sua difusão no país, buscando alcançar resultados que representam alguns dos benefícios esperados pela sua aplicação:

- Assegurar ganhos de produtividade ao setor de construção civil;
- Proporcionar ganhos de qualidade nas obras públicas;
- Aumentar a acurácia no planejamento de execução de obras proporcionando maior confiabilidade de cronogramas e orçamentação;
- Contribuir com ganhos em sustentabilidade por meio da redução de resíduos sólidos da construção civil;
- Reduzir prazos para conclusão de obras;
- Contribuir com a melhoria da transparência nos processos licitatórios;
- Reduzir necessidade de aditivos contratuais de alteração do projeto, de elevação de valor e de prorrogação de prazo de conclusão e de entrega da obra;
- Elevar o nível de qualificação profissional na atividade produtiva;
- Estimular a redução de custos existentes no ciclo de vida dos empreendimentos.

Segundo pesquisa e estudos da Fundação Getúlio Vargas – FGV deste ano, 9,2% das empresas do setor da construção já implantaram o BIM na sua rotina de trabalho. Estas empresas correspondem, hoje, a 5% do PIB da Construção Civil. A partir desses indicadores, a Estratégia BIM BR almeja:

- Aumentar a produtividade das empresas em 10% (produção por trabalhador das empresas que adotarem o BIM);
- Reduzir custos em 9,7% (custos de produção das empresas que adotarem o BIM);
- Aumentar em 10 vezes a adoção do BIM (hoje 5% do PIB da Construção Civil adota o BIM, a meta é que 50% do PIB da Construção Civil adote o BIM);
- Elevar em 28,9% o PIB da Construção Civil (com a adoção do BIM, o PIB do setor, ao invés de se elevar 2,0% ao ano, patamar estimado sem alterações no status quo, elevar-se-á em 2,6% entre 2018 e 2028, ou seja, terá aumentado 28,9% no período, atingindo um patamar de produção inédito).

Um dos instrumentos do Governo Federal para a disseminação do BIM – e aderente ao objetivo V (Propor atos normativos que estabeleçam parâmetros para compras e as contratações públicas com uso do BIM) – é a utilização do poder de compra. O cliente exigir que determinado empreendimento seja entregue com o uso do BIM estimula que os fornecedores comecem a utilizá-lo. O poder público, como um grande demandante de obras, pode assumir esse papel e estimular o mercado brasileiro como um todo. A utilização e a exigência do BIM, entretanto, devem ser realizadas de modo escalonado para conferir tempo necessário para o mercado adequar-se às condições e para que o próprio setor público possa se estruturar apropriadamente.

Nesse sentido, a Estratégia BIM BR propõe a utilização e a exigência do BIM em três fases. A primeira fase, a partir de janeiro de 2021, é focada em projetos de arquitetura e de engenharia para construções novas, ampliações ou reabilitações, quando consideradas de grande relevância para a disseminação do BIM. Nesta fase

será proposta a exigência do BIM na elaboração dos modelos de arquitetura e de engenharia referentes às disciplinas de estrutura, de hidráulica, de AVAC (aquecimento, ventilação e ar-condicionado) e de elétrica, na detecção de interferências e na revisão dos modelos de arquitetura e de engenharia, na extração de quantitativos e na geração de documentação gráfica, a partir desses modelos.

A segunda fase, a partir de janeiro de 2024, deverá incluir a aplicação do BIM na execução direta ou indireta de projetos de arquitetura e de engenharia e também obras, referentes a construções novas, reformas, ampliações ou reabilitações, quando consideradas de grande relevância para a disseminação do BIM. Esta fase abrangerá além dos usos previstos na fase anterior, orçamentação e planejamento da execução de obras e a atualização do modelo e de suas informações como construído (*as built*).

A terceira fase, a partir de janeiro de 2028, deverá incluir a aplicação do BIM a projetos de arquitetura e de engenharia e obras referentes a construções novas, reformas, ampliações e reabilitações, quando consideradas de grande relevância para a disseminação do BIM. Esta fase abrangerá além dos usos previstos nas fases anteriores, os serviços de gerenciamento e de manutenção do empreendimento após sua construção, cujos projetos de arquitetura e engenharia e obras tenham sido realizados ou executados com aplicação do BIM. Inicialmente, deverão participar destas fases o Ministério da Defesa, por meio do Exército Brasileiro e da Marinha do Brasil, e o Ministério dos Transportes, Portos e Aviação Civil, por intermédio das atividades coordenadas e executadas pela Secretaria Nacional de Aviação Civil e pelo Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (Programas Piloto).

A Estratégia BIM BR não impede que outros órgãos ou entidades se vinculem posteriormente ao programa ou desenvolvam iniciativas de indução, utilização ou exigência do BIM. Nesse sentido, conforme outras instituições sejam incluídas na estratégia, suas necessidades serão contempladas no rol de priorização da agenda.

### **O contexto das obras Públicas x Tecnologia**

O processo de avaliação de riscos compreende a identificação dos projetos que devem ser auditados e a vulnerabilidade pertinente a cada um deles. Mesmo

considerando a impossibilidade de uma percepção completa do risco, a estimativa dele é considerada importante subsídio ao planejamento e direcionamento dos trabalhos de auditoria.

Diante da necessidade de fortalecer o sistema de controle da Administração Pública Federal, o estímulo à implementação de uma gestão de riscos e à utilização dos controles internos têm sido abordagem recorrente dos órgãos de controle, a exemplo da Controladoria-Geral da União (CGU) e do Tribunal de Contas da União (TCU).

Atualmente, com integração e disponibilidade de informações, as instituições ficaram mais expostas aos riscos do ambiente no qual estão inseridas, por isso basear as ações de auditoria conforme os riscos institucionais demonstra ser uma prática cada vez mais salutar, proporcionando uma melhor relação custo/benefício na aplicação dos recursos disponíveis às auditorias.

Vejamos então dois casos concretos tendo em vista a proposição na mitigação da insegurança hídrica:

#### Caso 1: O Sistema Corumbá

É uma iniciativa dos Governos de Goiás e do Distrito Federal, executada por meio do Consórcio Corumbá – Saneamento de Goiás S.A. (Saneago) e Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal (Caesb).

O Sistema Produtor Corumbá vai atender, em Goiás e no Distrito Federal, cerca de 650 mil habitantes, já durante a fase inicial de implantação. Com a conclusão da primeira etapa do projeto, essa abrangência será de 1,3 milhão de pessoas e, ao finalizar a segunda etapa, o número poderá atingir aproximadamente 2,5 milhões de usuários.

A estimativa é que a vazão inicial de água produzida seja de 2.800 litros por segundo, sendo metade para ser distribuída pela Saneago e metade pela Caesb. Na execução da obra, a Saneago é responsável pela parte de captação de água no reservatório Corumbá IV, estação de bombeamento em Luziânia e 12,7 km de uma adutora e, a Caesb, pela Estação de Tratamento de Água em Valparaíso e os 15,3 km restantes da mesma adutora.

Para executar os itens de responsabilidade da Saneago, foi contratado o consórcio EMSA/CCB. O valor inicial previsto para a execução do empreendimento

era de R\$ 175 milhões, por parte da companhia goiana. No primeiro contrato, foram pagos R\$ 46 milhões com recursos da Saneago e Ministério das Cidades, para construção de adutora e estrada de acesso.

No segundo contrato, foram pagos R\$ 7 milhões, com recursos Saneago e Ministério das Cidades, para captação de água. Em relação à parte da obra já realizada, atualmente a captação está 60% concluída e, a adutora, 97%, tendo sido feita a montagem da tubulação. Estão pendentes ainda a aquisição de equipamentos eletromecânicos e a energização, o que inclui linhas de transmissão, subestação e todos os quadros de comando.

Ao longo da execução foram identificados sucessivos atrasos/paralisações nas Obras; Direcionamento da licitação; Sobrepreço nas bombas da EEAB (Saneago); Operação Decantação (MPF, PF e CGU). RELATÓRIO CGU Nº 201700911.

#### Caso 2: A Prolagos

É uma filial do Grupo Aegea responsável pelo abastecimento de água e serviços de saneamento básico a cinco municípios na Região dos Lagos, Rio de Janeiro: O Plano Diretor de Águas Prolagos de 2041 visa apresentar alternativas econômicas para expandir o sistema de abastecimento de água da Região dos Lagos, uma região turística movimentada, em períodos de curto, médio e longo prazos. Os principais desafios da expansão (post-completion) incluem o transporte de água para a região a partir de uma fonte de água potável a mais de 50 quilômetros de distância e acomodando enormes flutuações sazonais da população e aumento das demandas de água durante o auge da temporada turística. Os principais objetivos deste projeto de 187 milhões de reais são reduzir o consumo de energia em 50% e reduzir a água não faturada de 45 para 25% e oferecer aos grupos de interesse um retorno sobre seu inve

O projeto utilizou modelagem hidráulica inovadora para projetar a expansão da rede de coleta de esgoto, baseada em softwares de tecnologia BIM e permite incrementar a eficiência da operação do sistema de esgotos e a efetividade dos investimentos. (Prolagos, 2018)

O que diferiu nos dois casos não foi apenas a utilização do BIM mas a inovação disruptiva, ou seja, uma ruptura com os padrões, modelos ou tecnologias já estabelecidos no mercado.

Dessa forma, com esta metodologia de projeto em que se analisa um modelo que de fato é uma construção virtual, ainda que com maior ou menor nível de detalhe conforme o nível de desenvolvimento do projeto, os eventuais conflitos entre diferentes elementos e disciplinas são facilmente evidenciados, de modo que é possível evitar que aconteçam e buscar soluções de execução otimizadas. O projeto desenvolve-se de maneira coordenada e colaborativa, idealmente com todos os seus elementos das diferentes disciplinas compatibilizados entre si.

No entanto, para que isso ocorra, é preciso que especialidades técnicas que usualmente só participam do empreendimento em etapas mais avançadas sejam chamadas a colaborar no processo decisório do projeto, ou seja, bem antes do que é praticado no processo tradicional de projeto.

A Figura 3, conhecida como curva de McLeamy, representa uma das principais mudanças no processo de projeto de arquitetura, engenharia, construção e Operação (AECO).

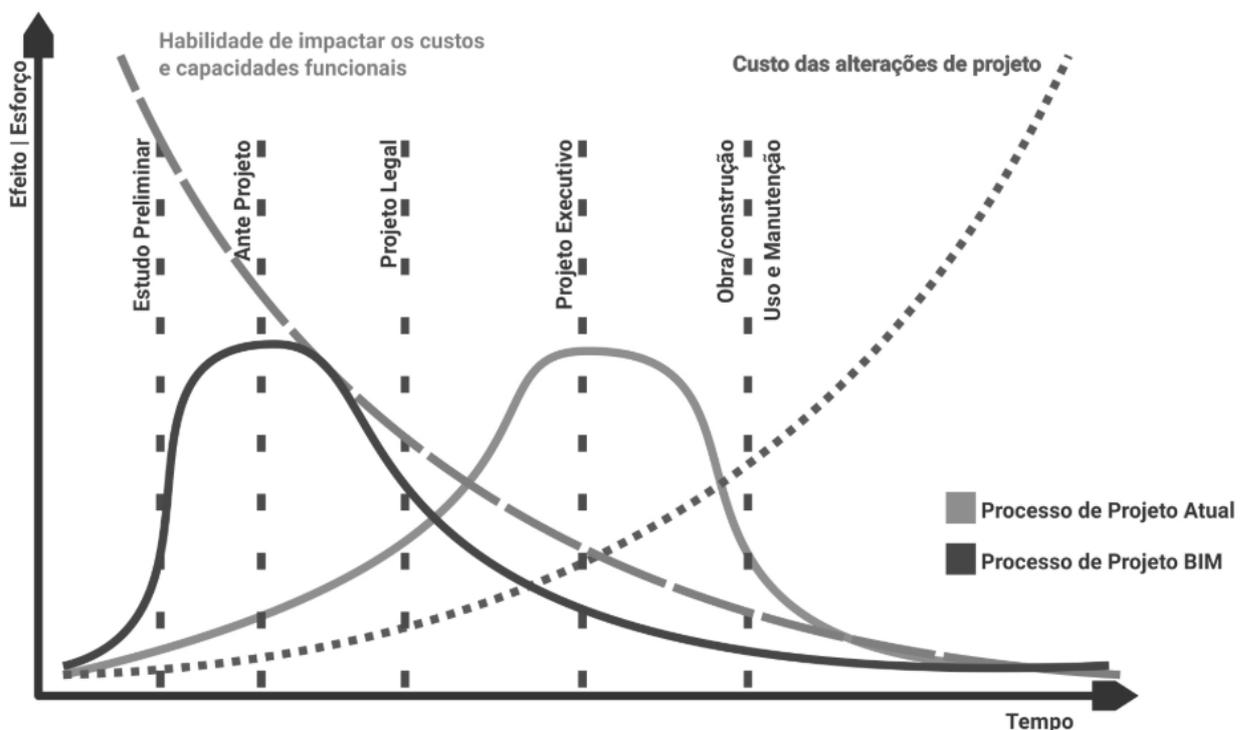


Figura 3: Relação entre esforço e impacto. Fonte: adaptado de <http://www.danieldavis.com/thesis-ch2/#2>, acesso em 08/06/2017.

No desenvolvimento BIM, a concentração das decisões de projeto acontece em uma etapa anterior à do tradicional, quando o seu impacto é maior e o custo das alterações de projeto é menor. Esse processo exige a participação dos projetistas complementares (de instalações, estruturas, infraestrutura etc.), montadores, fabricantes e fornecedores nos estágios iniciais do projeto, o que, somado à capacidade de simulação virtual por meio da plataforma BIM, possibilita que o projeto esteja muito mais coeso e desenvolvido antes das etapas que consomem a maior fatia dos recursos e investimentos. Porém, ele implica em alterações nos modelos de contrato a serem utilizados, e muitas vezes na própria reorganização dos processos de negócio envolvidos.

Esse maior esforço inicial resulta, conseqüentemente, em menor esforço nas fases posteriores, e um menor retrabalho durante a etapa de obras. Quanto menos alterações nas fases posteriores, menos desperdício de mão de obra, materiais e tempo, resultando em reduções de custos e prazos e mais qualidade final para os empreendimentos.

### **Iniciativas de sucesso**

O maior benefício do BIM identificado para a fase de projeto (pre-completion) é a redução de erros e omissões na documentação de projeto, economizando tempo e reduzindo retrabalhos. Já durante a fase de operação (post-completion) percebe-se um melhor desempenho das instalações através do gerenciamento de ativos.

De forma geral, é necessário um elevado investimento inicial para a implementação do BIM em organizações, tanto em recursos financeiros quanto humanos e tecnológicos. Após algum período, reduz-se o tempo gasto em projetos e há um ganho geral em produtividade, uma vez que interferências e incoerências passam a ser detectadas e solucionadas de maneira cada vez mais célere. Para medir o impacto dessas transformações, utiliza-se o ROI (*Return Of Investment*), para mensurar financeiramente qual o retorno para a organização do investimento feito na implantação.

O retorno do investimento pode ser calculado de várias formas, sendo a mais utilizada a seguinte fórmula padrão para o primeiro ano após a implementação, como descrito na Figura 4:

$$\frac{(B - (\frac{B}{1+E})) \times (12 - C)}{A + (B \times C \times D)} = \text{First Year ROI}$$

A= Custo de Hardware e software
B= Custo do mensal por trabalhador
C= Tempo de treinamento em meses
D= Perda de produtividade durante o treinamento (em porcentagem)
E= Ganho de produtividade após treinamento (em porcentagem)

Figura 4: Fórmula padrão para cálculo do primeiro ano do ROI (OLIVEIRA, P. P. C.; ANDRADE, L. C. M.; GUIMARÃES, M. E.; SILVA, P. G.; SANTOS, L. R. S, 2018).

Atualmente, há estimativas consolidadas na Europa e EUA de ganhos de produtividade de 25% em até dois anos, em média. Este número é considerado conservador, já que há organizações com retorno de até 50% no mesmo período.

Dentro das ações de implantação da metodologia BIM em iniciativa governamental está o desenvolvimento do Aeroporto Digital, um projeto piloto que visa a integração de várias áreas da Infraero e que surgiu da necessidade de informações confiáveis e em tempo real do aeroporto para as todas as partes interessadas a saber:

- Segurança
- Operação e Manutenção
- Autoridade Aeroportuária
- Autoridade Policial
- Governos
- Contratantes
- Subcontratados
- Comercial
- Consultores
- Projetistas
- Instituições Financeiras
- Seguradoras
- Concessionárias
- Companhias Aéreas

- Passageiros

O Aeroporto Governador Jose Richa, (SBLO) situado na cidade Londrina, no Estado do Paraná, foi inaugurado em 1949. Possui um sitio Aeroportuário de 727 mil metros quadrados e um terminal de 5.820 m<sup>2</sup> com capacidade para transportar até 2,6 milhões de passageiros por ano.

Em 2016 foram realizadas 24.371 operações de pousos e decolagens, transportando quase um milhão de passageiros (920.781 PAX/2016) e fazendo de SBLO o terceiro maior Aeroporto do Estado do Paraná e o quarto da região Sul do país.

O projeto piloto Aeroporto Digital tem por objetivo promover integração e colaboração entre as diversas áreas da empresa e servirá de repositório central de mapas, infraestruturas, edificações, sistemas prediais, dados de gerenciamento de instalações, e outros dados relevantes referentes ao Aeroporto de Londrina, oferecendo acesso rápido a informações atualizadas e dinâmicas, contribuindo para gestão eficiente de todo o ciclo de vida dos ativos aeroportuários.

Por meio deste processo será possível identificar com precisão onde estão localizados os sistemas que compõem a infraestrutura aeroportuária buscando a melhoria na gestão dos negócios com operações eficientes e seguras, fornecendo informação consistente para todas as partes interessadas possibilitando melhores decisões empresariais. Permitirá também dinamizar processos internos de projeto, planejamento e gestão de infraestrutura aeroportuária.

O Aeroporto Digital e a Tecnologia BIM/SIG, associados ao planejamento, processos de projeto e gestão, construção, manutenção e operação em arquivos 3D paramétrico com todas as informações subterrâneas, terrestre e acima do solo, servirão como banco de dados paramétrico para apoio ao planejamento e melhor gerenciamento de projetos.

Busca-se, também a integração aos Sistemas de Gestão de Ativos da Manutenção (IBM Máximo) e ao Sistema de Orçamentação (SOE), atualmente utilizados pela Infraero.

O Aeroporto Digital tem a pretensão de ser o meio de troca de informações entre as prefeituras, e os governos dos estados, os quais já têm disponibilizado as suas informações relevantes à comunidade através de sistemas SIG. A inclusão de informações sobre os aeroportos nos municípios, de uma forma integrada aos

sistemas já existentes, irá garantir informações confiáveis e únicas trazendo ganhos significativos a todas as esferas da sociedade.

Antes do trabalho de modelagem, foi feito um levantamento de todos os desenhos disponíveis do aeroporto de Londrina, com o intuito de se ter um cadastramento ou documentos, que contenham as informações necessárias dos pavimentos, edificações e instalações existentes no local que abrange o escopo do Aeroporto Digital, incluindo as ligações com as concessionárias de energia, água, etc.

A Figura 5 mostra a que com a importação da nuvem de pontos é possível extrair vários dados das características físicas do aeródromo, tais como perfil longitudinal e seções transversais da Pista de Pouso e decolagens, declividades do terreno, assim como efetuar estudos de corte, aterro e regularização de faixas preparadas e análises para sistemas de drenagem, entre outras.

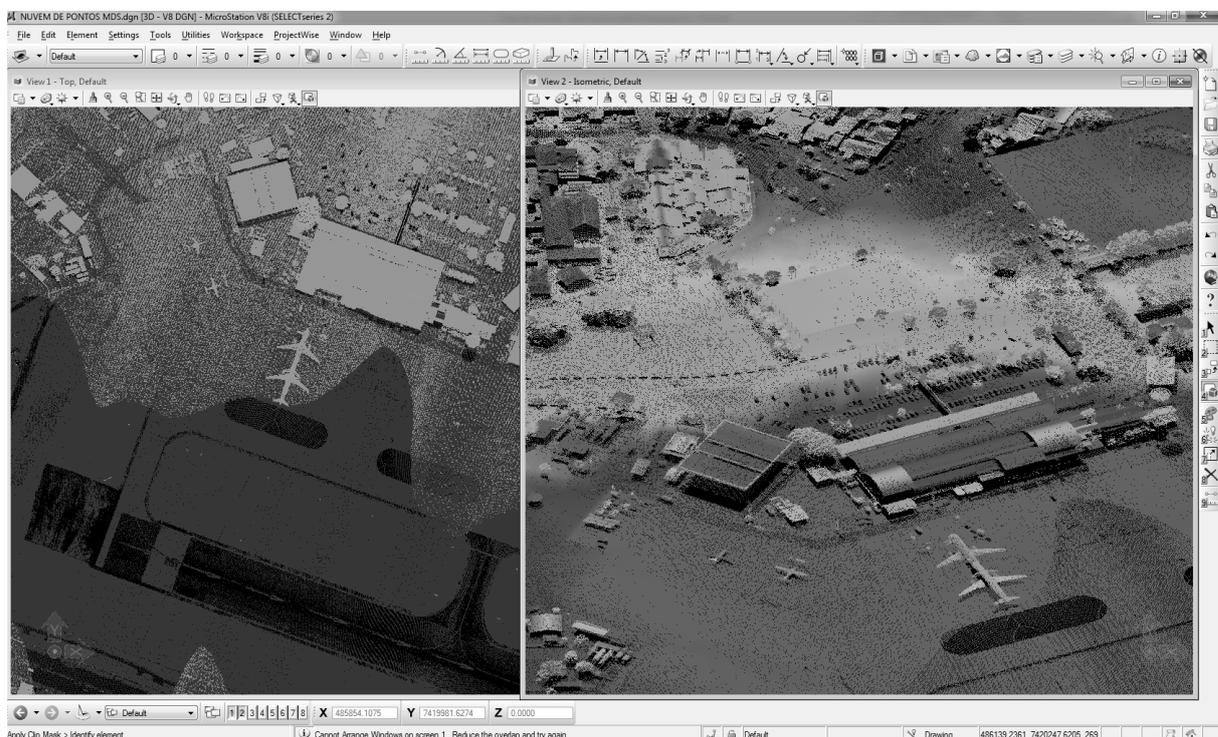


Figura 5: Nuvem de Pontos do Aeroporto de Londrina (OLIVEIRA, P. P. C.; ANDRADE, L. C. M.; GUIMARÃES, M. E.; SILVA, P. G.; SANTOS, L. R. S, 2018)

Parte da equipe está responsável pela modelagem paramétrica das áreas que compreendem o sítio aeroportuário, apresentando o sistema de pista de pouso e decolagens, pátios de aeronaves e pistas de taxis. Deverão constar as informações

de dimensões (largura, espessura e comprimentos) e tipos de pavimentos, placas de concreto dos pavimentos rígidos, Poços de visita de redes de esgoto e galerias de águas pluviais, bocas de lobo, sarjetões e outros componentes de drenagem; reservatórios existentes e toda a rede de distribuição; sistemas de tratamento ou rede pública existente, caixas e posteamento de rede elétrica.

Deverão constar ainda as informações referentes ao estacionamento de veículos e acessos, sistema viário lado terra e acessos; localização de árvores, postes, hidrantes e outros elementos construídos existentes, localização de calçadas, acessos, cadastramento de paisagismo com informações na área de paisagismos, espécies vegetais, assim como a localização das árvores e especificação das espécies.

Quanto à topografia do aeroporto, foi fornecido pela Secretaria de Aviação Civil (SAC) um levantamento topográfico realizado através de um aerolevanteamento, fornecendo um dos produtos em um arquivo MDS (Modelo Digital de Superfície), de forma a possibilitar a geração de uma nuvem de pontos com a elevação do terreno e a locação da infraestrutura existente no sítio aeroportuário de Londrina.

Outra iniciativa é do Metro de São Paulo tendo em vista a crescente demanda da região metropolitana por transporte público rápido e eficaz, os investimentos em novas linhas e estações de metrô são crescentes, bem como a necessidade de aceleração do projeto e construção de tal infraestrutura. Nesse contexto insere-se a implantação do processo BIM - “Building Information Modeling” ou “Modelagem da Informação da Construção” pela Companhia do Metropolitano de São Paulo em seus projetos de estações e vias.

O Metrô atua produzindo projetos internamente e, principalmente, contratando projetos externos que necessitam de análise para aprovação. Com o desenvolvimento dos projetos básicos civis em BIM, houve alterações no trabalho diário, a análise visual se beneficiou do modelo 3D, representando agora o projeto inteiro e não apenas seções deste. Isto possibilitou antecipar decisões que antes eram tomadas no executivo, atuando assim em um momento com maior capacidade de alterações de projeto. Um dos usos importantes do BIM no processo de análise de projeto é a Verificação de Regras. O uso de verificação automatizada permite que o analista possa focar apenas na lista de não conformidades, ganhando tempo para dedicar-se mais a resolução destas. E, por parte do projetista, é possível verificar

antecipadamente o cumprimento de diretrizes, e já providenciar soluções aos problemas apontados.

Os padrões propostos foram usados na análise de documento de Instruções de Projeto Básico de Arquitetura e na tradução de suas regras para aplicação em software para este fim com a intenção de fechar o ciclo da verificação como visto na Figura 6.

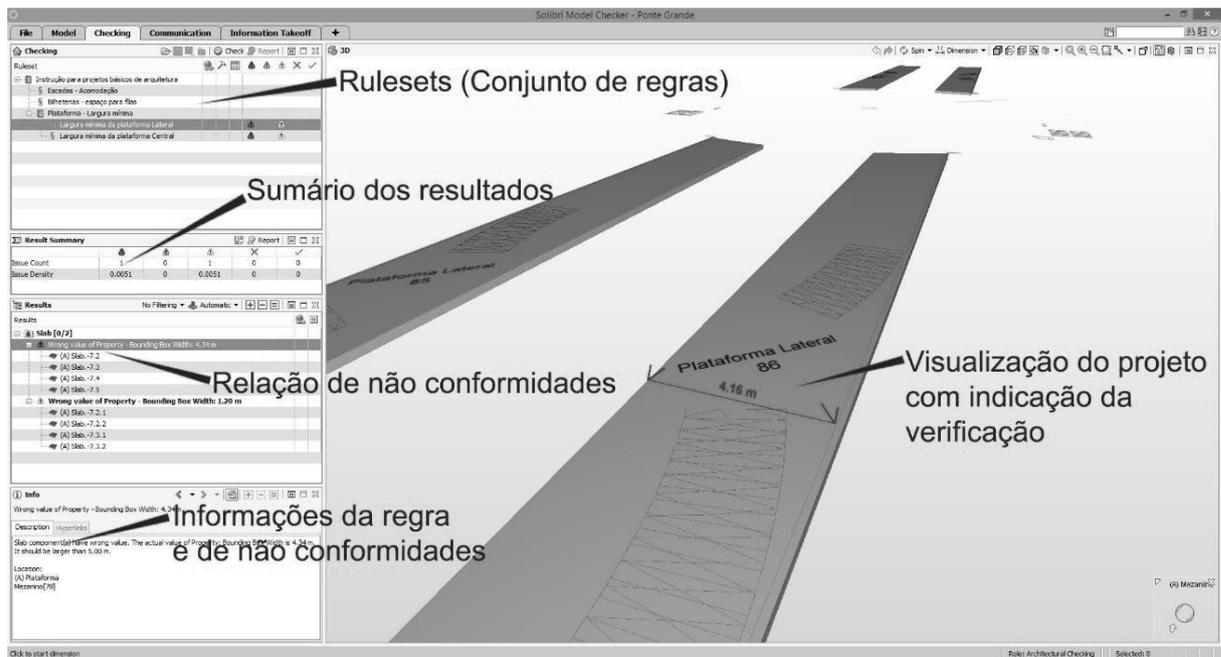


Figura 6: Interface de Verificação de Regra por meio de software.(MAINARDI, 2016).

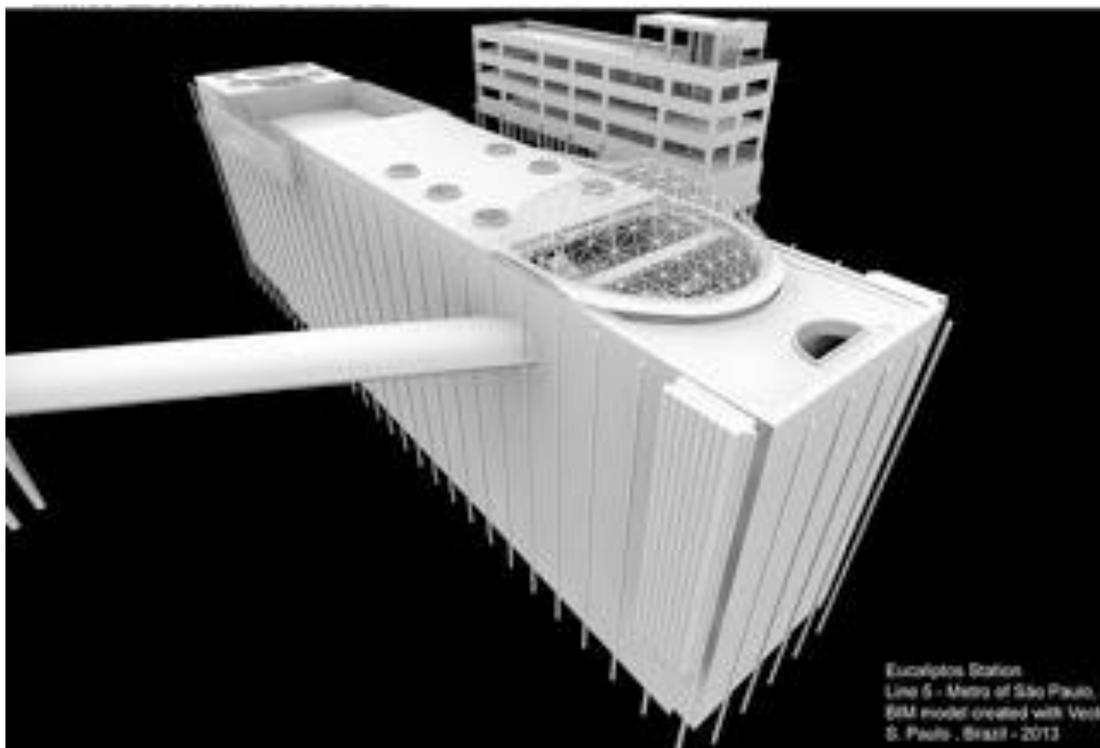
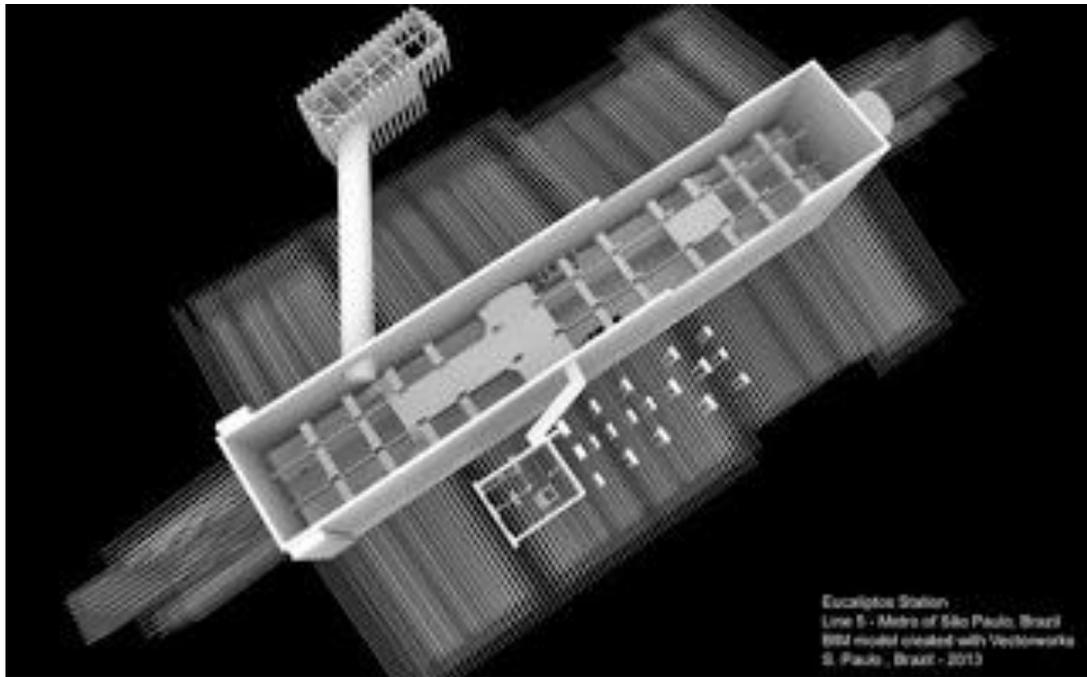
Outra aplicação do Metrô foi a do consórcio formado pelas construtoras Heleno Fonseca e Tiisa nos projetos das estações Eucaliptos e Moema, da Linha 5-Lilás em 2013.

A análise 4D realizada sobre os modelos BIM das estações permitiu realizar diferentes estudos de cenários e a partir destes estudos modificar o cronograma de forma a gerar distribuições mais otimizadas das atividades, viabilizando inclusive uma melhor sincronização com os trabalhos dos outros lotes da Linha 5.

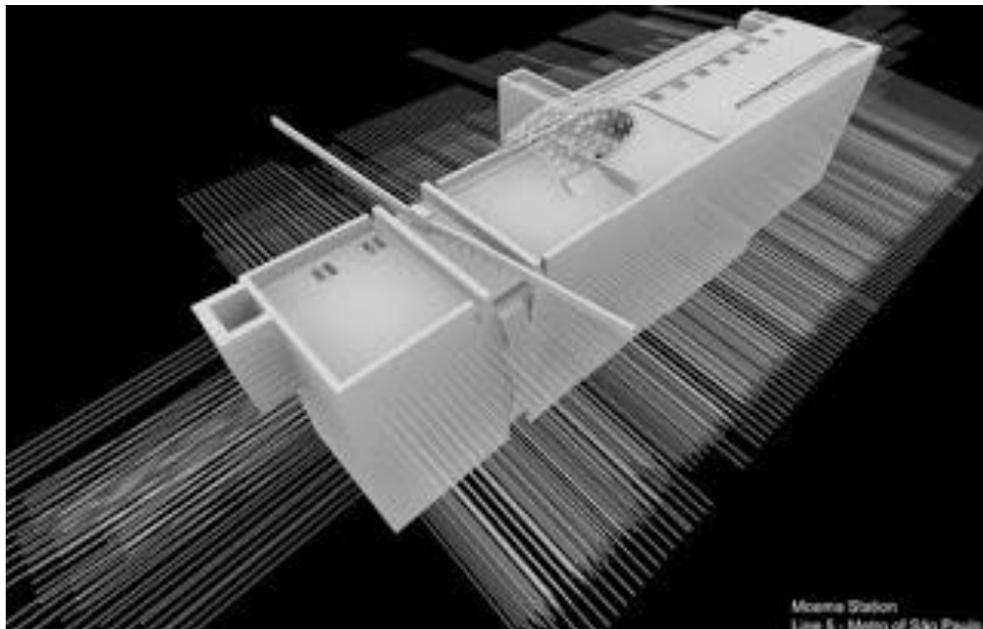
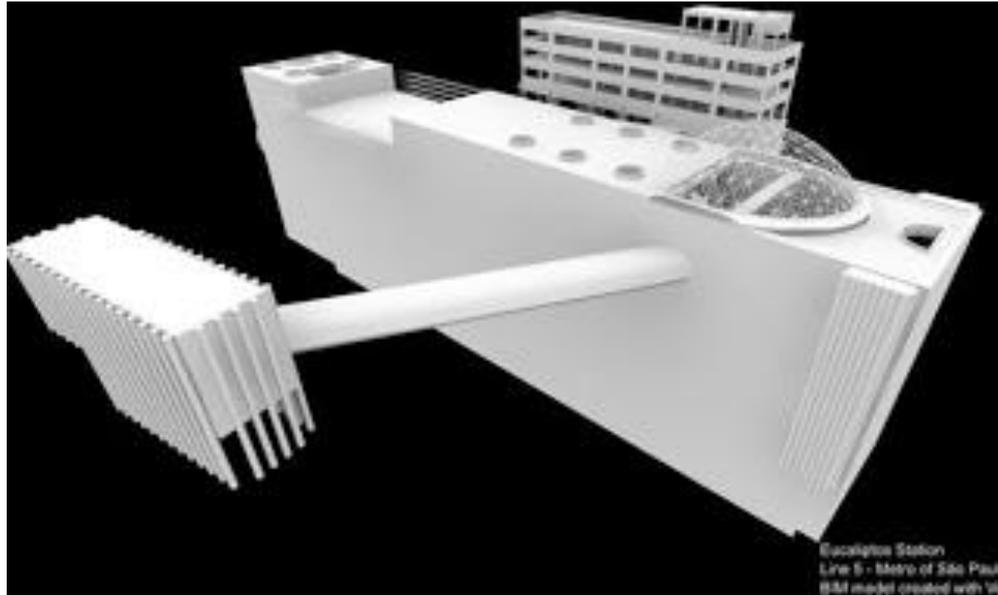
Por meio de diferentes cenários apresentados, mostrou-se as vantagens e desvantagens entre cada uma das alternativas, permitindo ao cliente escolher a solução que melhor lhe atendesse.

## LI CHONG LEE BACELAR DE CASTRO

Além disso destacam a importância da tecnologia para a criação de filmes e imagens de divulgação da programação dos serviços às equipes de produção, segurança e qualidade da obra como pode ser visto na Figura 7.



LI CHONG LEE BACELAR DE CASTRO



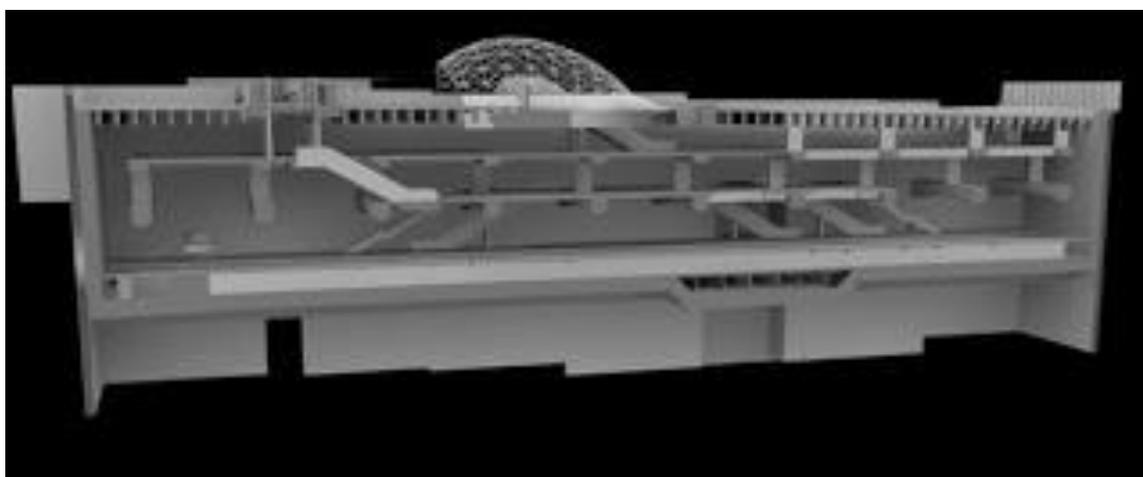
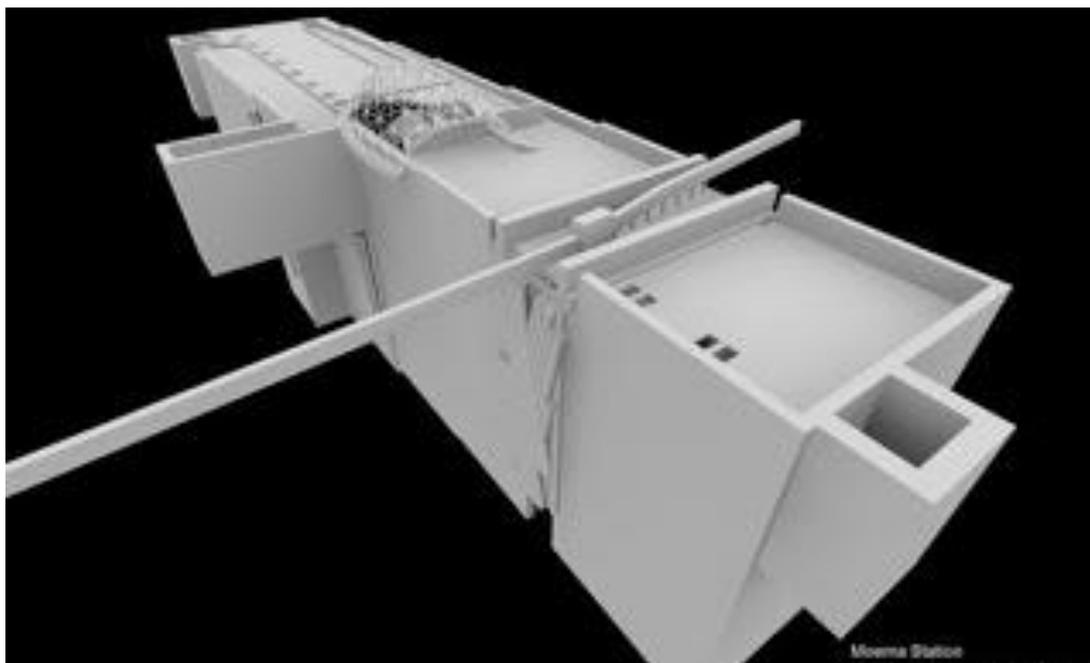


Figura 7: Sequência de imagens de um filme de construção virtual. (BIMrevit + Construtora Virtual, 2018).

## Conclusão

Este o conjunto de tecnologias e processos integrados que proporciona a criação, utilização e atualização de modelos digitais de uma construção, de modo colaborativo, servindo a todos os participantes do empreendimento, potencialmente durante todo o ciclo de vida da construção, permite o levantamento de quantidades, a estimativa de custos e a realização de análises diversas (energética, acústica, estrutural etc.) antes da efetiva execução da obra é a grande mudança de paradigma no contexto governamental.

A partir de simulações é possível coordenar várias disciplinas (arquitetura, fundação, estrutura, instalações hidráulicas, elétricas etc.) e prevenir erros, corrigindo inconsistências ainda na fase de planejamento (pre-completion). O projeto, suas especificações técnicas e orçamento podem ser desenvolvidos de maneira coordenada e colaborativa, com significativo aumento da capacidade de visualização, análise e compatibilização dos elementos das diferentes disciplinas.

Dessa forma tendo em vista a Auditoria, controle e fiscalização a utilização do BIM dar-se-á efetivamente nas seguintes visões, 1) Projetos a nível executivo e/ou construtivo; 2) Extrapolação das dimensões de projeto de duas dimensões (2D) para de 3D (modelo virtual), para o 4D (3D + planejamento físico da obra) e 5D (4D + orçamento).

Assim na fase-post-completion possível inferir todas as informações utilizadas em todo o ciclo de vida.

Ainda há muito o que implantar, principalmente a disruptura. E finalmente o engajamento para o Tripé do BIM: Pessoas x Tecnologia x Processos.

Nesse artigo a análise de projetos de infraestrutura reais nas fases pre-completion e/ou post-completion trouxe a consequente proposição para a sua aplicação coadunando com a Estratégia BIM BR.

### **Sugestão para trabalhos futuros**

Tendo em vista a implementação da Estratégia BIM-BR sugere-se:

- ênfase em elaboração de cenário de construção para avaliação e estudos de viabilidade econômica, técnica e ambiental - EVTEA
- o acompanhamento dos resultados para os níveis gradativos de exigibilidade do BIM no âmbito do Governo Federal: 2021, 2024 e 2028 e sua aderência à estratégia;
- acompanhamento do Projeto de Lei (PL) nº 6.619/2016, do deputado federal Julio Lopes (PP/RJ), que dá nova redação ao 1º parágrafo do artigo 7º da Lei nº 8.666, de 21 de junho de 1993, para estabelecer a obrigatoriedade do BIM e sua eficácia nas compras públicas;

## LI CHONG LEE BACELAR DE CASTRO

- acompanhamento do compromisso mínimo assumido pelo DNIT requer que o órgão realize todas as adequações e capacitações necessárias para viabilizar a contratação de projetos e especificações para o programa piloto (PROARTE), em BIM, até o início do ano de 2021;
- dentre outras iniciativas que tragam a discussão a transparência e a utilização sustentável dos recursos públicos

## Referências bibliográficas

\_\_\_\_\_. Decreto de 5 de junho de 2017 - Institui o Comitê Estratégico de Implementação do Building Information Modeling. Diário Oficial da União, Brasília, DF, n. 107, 6 junho. Seção 1, p. 19.

\_\_\_\_\_. Decreto n.º 9.377 de 17 de maio de 2018 - Institui a Estratégia Nacional de Disseminação do Building Information Modeling. Diário Oficial da União, Brasília, DF, n. 95, 18 maio. Seção 1, p. 03.

\_\_\_\_\_. Instrução Normativa Conjunta MP/CGU nº 1, de 11 de maio de 2016. Dispõe sobre controles internos, gestão de riscos e governança no âmbito do Poder Executivo federal.

\_\_\_\_\_. Portaria n.º 161, de 9 de junho de 2017. OBJETO: Consulta Pública. Estabelecimento do Programa de Avaliação da Conformidade de Projetos de Engenharia e Obras de Infraestrutura. ORIGEM: Inmetro/MDIC. Diário Oficial da União, Brasília, DF, n. 111, 12 junho. Seção 1, p. 67.

Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial, Processo de Projeto BIM: Coletânea Guias BIM ABDI-MDIC / Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial. – Brasília, DF: ABDI, 2017. Vol. 1; 82 p.

ANTUNES, J. M. P. Interoperacionalidade em Sistemas de Informação. Dissertação em Engenharia Civil - Universidade do Minho, Braga, Portugal, 2013.

BIOTTO, C. N. Método para projeto e planejamento de sistemas de produção na construção civil com uso de modelagem BIM 4D. 2012. Dissertação em Engenharia – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

BRASIL. Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT. Gestão de Riscos: Princípios e Diretrizes. Norma Brasileira ABNT NBR ISO 31000: Primeira Edição, 2009.

Cooperação MDIC/EU - União Europeia “Apoio aos Diálogos Setoriais UE-Brasil, Fase III. Relatório: Experiences Exchange in BIM - Building Information Modeling, Brasília, 2015

DAVIS, D. Modelled on Software Engineering: Flexible Parametric Models in the Practice of Architecture.” PhD dissertation, RMIT University. Disponível em: <http://www.danieldavis.com/thesis-ch2/#2>. Acesso em: 01/06/2018

EASTMAN, Chuck; TELCHOLZ, Paul; SACKS, Rafael; LISTON, Kathleen. Manual de Bim: um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores. Porto Alegre: Bookman Editora Ltda, 2014.

FERREIRA, S. L. Da engenharia simultânea ao modelo de informações de construção (BIM): contribuição das ferramentas ao processo de projeto e vice-versa. In: Workshop Brasileiro de Gestão do Processo de Projeto na Construção de Edifícios, 2007, Curitiba. Anais... Curitiba, 2007.

FLORIO, W. Contribuições do Building Information Modeling no processo de projeto em arquitetura. In: SEMINÁRIO TIC 2007 TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL, 2007, Porto Alegre. Anais... Porto Alegre: TIC 2007, 2007.

LIMA, A. C. L. de. Plataforma BIM como sistema de gestão e coordenação de projeto da reserva camará. 2014. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONTRUÍDO, 15, 2014. Maceió. Anais eletrônicos... Maceió.

MAINARDI N. A. I. Verificação de regras para aprovação de projetos de arquitetura em BIM para estações de metrô - versão corr. -- São Paulo, 2016. 124 p.

MATTOS, A. D. BIM 3D, 4D, 5D e 6D. 2014. Blogs PINIweb. Disponível em: <http://blogs.pini.com.br/posts/Engenharia-custos/bim-3d-4d-5d-e-6d-335300-1.aspx/>. Acesso em: 13 de maio de 2018.

OLIVEIRA, P. P. C.; ANDRADE, L. C. M.; GUIMARÃES, M. E.; SILVA, P. G.; SANTOS, L. R. S. Aeroporto Digital – Garantir Infraestrutura E Serviços De Qualidade Utilizando Processos BIM. disponível em: [https://www.academia.edu/35702441/AEROPORTO\\_DIGITAL\\_GARANTIR\\_INFRAESTRUTURA\\_E\\_SERVI%C3%87OS\\_DE\\_QUALIDADE\\_UTILIZANDO\\_PROCESSOS\\_BIM](https://www.academia.edu/35702441/AEROPORTO_DIGITAL_GARANTIR_INFRAESTRUTURA_E_SERVI%C3%87OS_DE_QUALIDADE_UTILIZANDO_PROCESSOS_BIM). Acesso em: 13 de setembro de 2018.

PROLAGOS. Prolagos vence prêmio internacional de inovação em sistema de abastecimento de água . Disponível em: <http://www.prolagos.com.br/2015/11/prolagos-vence-premio-internacional-de-inovacao-em-sistema-de-abastecimento-de-agua/> Acesso em: 01/06/2018

## LI CHONG LEE BACELAR DE CASTRO

RELATÓRIO CGU Nº 201700911. Disponível em: <https://auditoria.cgu.gov.br/>  
Acesso em 01/06/2018.

BIMrevit + Construtora Virtual, Disponível em:  
<http://www.bimrevit.com/2013/09/case-metro-sao-paulo.html>. Acesso em 01/05/2018.

Li Chong Lee Bacelar de Castro

Doutor (2009). Analista de infraestrutura.

+55 61 9.8135-4834

[li.castro@cgu.gov.br](mailto:li.castro@cgu.gov.br) / [lichonglee@gmail.com](mailto:lichonglee@gmail.com)

Técnico em Edificações pela Escola Técnica Federal do Rio Grande do Norte - ETFRN (1997), graduação em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (2003), Mestrado (2005) e Doutorado (2009) em Estruturas e Construção Civil, ambos pela Universidade de Brasília - UnB. Analista de Infraestrutura do Ministério do Planejamento com exercício descentralizado na Coordenação-Geral de Logística, Patrimônio e Engenharia da Diretoria de Gestão Interna da Controladoria-Geral da União. Atua principalmente nos seguintes temas: Soluções inteligentes em projetos, Perícias, Reabilitação Estrutural, Estruturas especiais, Fundações e Contênedores. Professor universitário desde 2003 e atualmente titular das disciplinas de Estruturas de Concreto Armado I e II, Estruturas Metálicas e de Madeira, Pontes. Pesquisador nas áreas de Inteligência Artificial para Estruturas e Construção Civil.