

# Proposta de normativo para aplicação e verificação do BIM no desenvolvimento de projetos-tipo de obras de pontes e viadutos

<https://doi.org/10.21814/uminho.ed.32.34>

Paulo Alberto S. Santos<sup>1</sup>,  
Filipe C. Ciriaco<sup>1</sup>, Ramon Saleno Y. R. C. Silva<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Brasília

## Resumo

O BIM vem sendo um termo popular no Brasil, desde a criação da Estratégia BIM BR em abril de 2020, principalmente em contratações públicas. Entretanto, mesmo a metodologia sendo um grande potencial para o Brasil, seu uso em obras de infraestrutura é um atual desafio. Pela grande demanda e alto nível de investimento, o BIM ainda é um gargalo para discussões, principalmente no âmbito governamental. Nestas circunstâncias, há uma lacuna na existência de normativos específicos para definição do nível de detalhamento e informações que abrangem projetos BIM. Este artigo traz especificações para elaboração de projetos BIM em pontes e viadutos, propõe nova caracterização de nível de detalhamento (LOD) adequadas às etapas de contratações públicas frente a leis brasileiras e, sugere um *checklist* para verificação das entregas dos ativos. O trabalho utilizou-se da metodologia de pesquisa *Design Science Research* (DSR), onde realizou-se um apanhado de publicações normativas, trabalhos acadêmicos e propostas técnicas internacionais. As revisões literárias foram aplicadas em procedimentos do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) e VALEC S/A para validação de cada método em todas as fases de projeto, adaptando-os para o cenário nacional. Durante a transposição das informações dos projetos escolhidos como estudo de caso, foram encontradas dificuldades esperadas devido à transposição de informações nos projetos. Todavia, a etapa de validação prática permitiu adequar as propostas abordadas e chegou-se em uma linguagem única para a minuta de um normativo.

## 1. Introdução

Na implantação da metodologia, as etapas de planejamento, realização e manutenção de obras são facilitadas pela rápida troca de informações entre as partes interessadas. A metodologia BIM fornece um ambiente com informações mais claras e acessíveis, visando à plena execução dos objetos contratuais e possibilitando fácil revisão que eventualmente necessitam ser executadas durante os serviços [1].

Nestes termos, as contratações de projetos em BIM no Brasil e no mundo, necessitam de uma padronização dos modelos de informações, procurando diminuir o tempo de esforço gasto para tomada de decisões, análises de simulações e, principalmente, diminuindo custos.

Este trabalho foi conduzido pelo roteiro de pesquisa *Design Science Research* (DSR), estrutura lógica para resolução de problemas que procurem, em cada etapa, pontos problemáticos a serem explicitados, como em um ciclo regulador. Dessa forma, realizou-se um apanhado de publicações normativas nacionais e internacionais, buscando adequar os procedimentos tradicionais adotados em âmbito nacional. Identificou-se os problemas para cada fase de projeto contratado e sequencialmente, implementou-se uma solução, adequada das revisões normativa vigentes, com o intuito de contextualizar e validar a proposta do BIM para os meios de contratação brasileiros. O produto utilizou-se ainda de um estudo de caso, aplicando a modelagem de um viaduto ferroviário tendo como fonte o Projeto Executivo da Ferrovia de Integração Oeste-Leste (FIOL), contratação da VALEC S/A, empresa pública controlada pelo Ministério da Infraestrutura do Brasil.

## 2. Revisão e adequação técnica e normativa

O Brasil ainda não apresenta muitos normativos para o uso do BIM, para que possa ser efetuado um estudo aprofundado sobre a temática sobre o tema abordado neste trabalho. Até a conclusão deste artigo, foram consideradas as publicações da Comissão de Estudo Especial de Modelagem de Informação da Construção (ABNT/CEE-134).

Diante do exposto torna-se necessário um levantamento com as diversas normas vigentes e instruções de projeto para que possa ser efetuado um estudo aprofundado sobre a temática.

Nas próximas seções será apresentada descrição resumida destes normativos, que contemplam ou não a tecnologia do BIM, destacando os principais elementos que devem ser considerados em um modelo de projeto desenvolvido em BIM para OAEs.

### 2.1. ISO 19650-1:2018

Este normativo estabelece boas práticas para a organização e digitalização de informações no ambiente BIM de maneira que se torne possível um processo integrado e colaborativo [2]. Paralelo à norma britânica, no Brasil temos em produção os

textos-base 134:000.000-010/1 [3] e 134:000.000-010/2 [4], projeto do Comissão de Estudo Especial de Modelagem de Informação da Construção (ABNT/CEE-134) que trabalha na adaptação da ISO 19650 partes 1 e 2 para o mercado nacional.

A norma recomenda que a parte interessada contratante deve entender quais informações são necessárias sobre o projeto contratado, para melhor definir os objetivos de cada informação dos modelos. Os documentos de contrato devem definir requisitos para a entrega das informações relevantes nos modelos desenvolvidos em BIM. Segundo esta, estão são o Modelo de informações dos recursos (AIM) e o Modelo de informações do projeto (PIM). O AIM contém em suma, todos os registros de detalhes do processo estratégico que o contratante considera valioso e deseja gerenciar. A recomendação é que no final de qualquer projeto, as principais informações a serem entregues devem incluir os dados necessários que comuniquem de forma clara sobre o modelo BIM às partes interessadas para gerenciamento e intercâmbio de informações.

Semelhante as especificações do conceito do AIM, o *Michigan Department of Transportation* defende a entrega de uma espécie de inventário, como um arquivo “leia-me”, devendo incluir: a lista de todos os elementos incluídos no modelo, o Nível de Desenvolvimento (LOD) associado a cada elemento do modelo, a fonte autorizada de informações para cada elemento, nome do responsável de cada elemento ou cada disciplina, comentários e notas técnicas, e configuração de unidades e escala para cada elemento da ponte, conforme aplicável [5]. O Project Information Model (PIM) é o documento que dá suporte ao AIM para apoiar as atividades de gerenciamento e auditoria dos projetos, envolvendo um perfil de liderança no estabelecimento de padrões, métodos e procedimentos da produção. Por exemplo, o PIM deve conter detalhes da geometria do projeto, localização do equipamento, requisitos de desempenho durante o design do projeto, método de construção, programação, custo e detalhes de sistemas, componentes e equipamentos instalados, incluindo requisitos de manutenção, durante a construção o projeto.

Em paralelo, no cenário brasileiro, a ABDI desenvolveu o Plano de Execução BIM (PEB) que deverá ser entregue junto do modelo digital em cada etapa do projeto, dependendo das complexidades e da forma de contratação. Sendo definido pelo contratante, o PEB poderá ser entregue na etapa de estudo preliminar ou na fase de licitação, contendo minimamente, a matriz de responsabilidade e descrição do processo de modelagem.

A Figura 1 traz uma síntese da aplicação do PEB baseado na proposta que o MDOT adotou seus projetos de OAEs. Na tabela foi feita uma tradução nas recomendações e políticas aplicadas em cada etapa do projeto. Para cada recomendação do MDOT, foi proposta a adaptação de uma etapa de projeto comumente praticada pelo governo brasileiro e reformulando a planilha de Modelo de Inventário ou *Model Progression Specification* (MPS) recomendado pelo MDOT com base na Planilha Matriz do Plano de Execução BIM (PEB), para atender requisitos de OAEs.

Plano de Execução BIM para Obras de Arte Especiais (OAE) ferroviárias										
Elemento do Projeto		1 - Estudo de Viabilidade			4 - Estudo Preliminar			6 - Projeto Básico		
Classificação	Título	Responsável	Nível de desenvolvimento (IND)	Anotações	Responsável	Nível de desenvolvimento (IND)	Anotações	Responsável	Nível de desenvolvimento (IND)	Anotações
LAJES	LAJE									
	DEFINIA									
	PASSEIO									
	DORMENTES									
	TRILHOS									
	GUARDA-CORPO/ GUARDA-RODAS									
SUPERESTRUTURA	SENTAS DE DILATAÇÃO									
	LAJE									
	TRELIÇA									
	LONGARINA									
	TRANSVERSINA									
	LAJE SUPERIOR									
MESOESTRUTURA	LAJE INFERIOR									
	CONTRAVENTAMENTOS /									
	PILARES									
	APARELHOS DE APOIO									
INFRAESTRUTURA	TRAVESSAS									
	ENCONTROS									

**Figura 1**  
Proposta de plano de execução BIM para OAEs, baseado no GUIA 1 da Coletânea Guias BIM da ABDI-MCID e no MDOT.

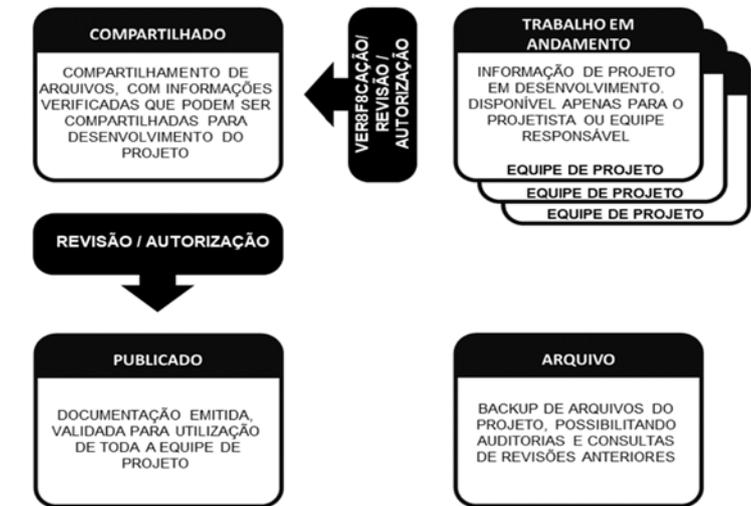
A classificação e codificação dos elementos resultantes dos processos construtivos não foram inclusas atendendo às especificações da NBR 15965:2015, porque a norma não abrange todos os elementos de uma ponte ferroviária. Os elementos do AIM foram abordados por sub-etapas, agregados a partir de uma abordagem sistêmica.

## 2.2. ISO 19650-2:2018

A ISO 19650-2:2018 [6] apresenta os requisitos associados ao gerenciamento de informações durante a fase de entrega. O trabalho de definição dos requisitos de informação e dos responsáveis por cada parte do projeto são respondidos com maior abordagem, em um ambiente comum de dados (CDE), sendo um repositório ou uma plataforma que permite se encontrar todas informações gráficas e não gráficas do projeto. Isso se faz necessário porque o processo de uma análise de projetos no âmbito das contratações públicas, gera inúmeras revisões, que por consequência requerem ajustes em outras áreas do projeto ou disciplinas, que, também deverão ser analisadas, resultando em uma cadeia de rotinas demoradas.

Um ciclo de vida semelhante ao entendimento aplicado ao CDE, considerando todas as fases de vida do projeto, na Figura 2, propõe que o processo de tomada de decisões na otimização de projetos de OAEs, necessita principalmente da figura do engenheiro ou gerente da obra junto do projetista ao longo de todo o ciclo de desenvolvimento [7]. Isto reflete na mudança de práticas antigas, onde a figura do engenheiro era dividida em dois perfis diferentes para as fases de projeto, obra e manutenção.

Portanto, uma solução de fluxo de trabalho para o CDE foi submetida à análise no estudo de caso deste trabalho, considerando as disciplinas e etapas de projetos. O fluxograma foi separado em blocos de informações, obrigando cada revisão de arquivo a estar em cada um dos três estados mostrados de maneira esquematizada na Figura 2. A transição de um estado para outro foram sujeitas a processos de aprovação e autorização. Posteriormente foi sugerida a criação de um arquivo, como uma auditoria da produção de todas as revisões disponíveis para uso durante e após cada atividade de entrega.



**Figura 2**  
Ambiente comum de dados: Fluxo de revisões propostas.

### 3. Checklists de elaboração e gabarito para roteiros de análise

O Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) contempla especificações e orientações para elaboração de checklists e roteiros de análise em projetos básicos e executivos de infraestrutura. Dessa forma, estes guias foram utilizados como base para verificação e adaptado ao uso do BIM.

O roteiro para elaboração dos relatórios de análise e verificação integral do trabalho, os seguintes pontos cruciais: 1. Referencial técnico e normativo; 2. Formalização de responsabilidades técnicas e autores do projeto; 3. Verificações de caráter geral; 4. Verificações específicas de cada disciplina, bem como atendimento às normas e conformidade dos desenhos técnicos.

### 4. Nível de Desenvolvimento (LOD) para cada fase de projeto de OAEs

O *American Institute of Architects* (AIA) apresenta uma medida para classificar a maturidade das informações e o quão confiável a geometria e as informações do modelo são nas diferentes fases do desenvolvimento do projeto apresentando as definições de Nível de Desenvolvimento (LOD).

O nível de maturidade esperado no projeto básico e executivo de pontes da VALEC já é definido na Norma Técnica de Especificação de Projetos N° 80-EG-000A-11-000, que define os requisitos para cada etapa e as diretrizes específicas para a preparação do projeto de pontes.

O nível de detalhamento das informações presente em um modelo BIM depende de quais funções elas serão usadas [8]. Então, pegamos por exemplo a estimativa de custos, o modelo deve ser suficientemente detalhado para fornecer as quantidades

de material necessárias para um orçamento estimativo. Um modelo em 4D poderia abranger dois objetivos: confecção do cronograma, estimativa de custos e obras setoriais temporárias. Entretanto, informações deste mesmo modelo seriam demais para análises hidrográficas e estruturais, sendo mais adequado menores detalhes, em um modelo que apresentasse somente geometria e dados técnicos característicos de cada disciplina. O dimensionamento de modelos de ponte também precisa ter precisão maior para que possam ser replicados na fabricação de peças ou mesmo na construção.

Embora a ISO 19650 não sugira padrões da indústria para definições de LOD, é sugerido que deve ser evitada a entrega de informações em excesso. As diretrizes estabelecidas pelo *American Institute of Architects* (AIA) podem ser adaptadas conforme mostrado na Tabela 1 seguinte.

LOD	Detalhamento dos modelos necessários
LOD 100	Modelo generalista indicando altura, volume, localização e orientação. Pode ser modelado em três dimensões ou representado por outros dados.
LOD 200	Modelo generalista, indicando todas as informações do LOD 100, podendo os atributos serem anexados ao elementos do modelo. Deve indicar quantidades, tamanho, forma, localização e orientação aproximados.
LOD 300	Modelo detalhado com precisão no quantitativo, tamanho, forma, localização e orientação. Os atributos também podem ser anexados.
LOD 400	Modelo semelhante ao LOD 300, incluindo plantas de fabricação, montagem e detalhamento.
LOD 500	Modelo construído com precisão em quantidade, tamanho, forma, localização e orientação. Os atributos devem ser informado durante modelagem.

**Tabela 1**  
Diretrizes de LOD para OAEs conforme estabelecidas pela AIA.

Neste ponto de entendimento, foi feita uma associação do nível de detalhamento necessário no desenvolvimento de OAEs aos principais elementos técnicos exigidos na contratação pública e as definições estabelecidas na Tabela 3, de maneira mais complexas, porque, neste caso, a mensuração do nível de desenvolvimento de projeto foi pré-estabelecida pela Lei de Licitações e Contratos nº 8666/93 e nas referências de normativos brasileiros. Neste caso, o BIM deverá se adaptar ao modelo atual de contratação, e não o contrário.

Outra dificuldade na padronização de uma LOD para OAEs é que diferentes recursos podem ser modelados em diferentes estruturas de dados e *softwares*. Para o BIM, a maioria dos *softwares* usado produzem modelos compatíveis com *.IFC*, o que não é o caso em OAEs e outros serviços de infraestrutura urbana. Ao tentar atribuir LOD aos parâmetros de um elemento, é importante usar definições que fazem referência a um padrão. No entanto, no caso dos modelos de infraestrutura, não há um padrão para ser preenchido. Em vez disso, uma variedade de padrões ou referências podem ser adaptadas e usadas, resultando em elementos com informações desnecessárias para aquela finalidade, mas que estão corretamente no LOD definido.

Atualmente, o MDOT está definindo uma estrutura de LOD de modelagem abrangendo todas as suas disciplinas de transporte como alternativa para prover confiabilidade da

geometria e das informações do modelo nas diferentes fases. Como o maior contratante deste tipo de obras no Brasil é o governo, a determinação de uma LOD deve atender cada fase de auditoria e execução da contratação pública. Um possível planejamento genérico, com classificação do LOD mais adequada para recursos relacionados à OAEs é proposto na tabela 2. A tabela foi adaptada da proposta do MDOT, mas levando em consideração as exigências da Lei de Licitações e Contratos nº 8666/93 e recomendações para cada uso, feitas pela AIA e anteriormente apresentado na Tabela 1.

Nesse cenário, o LOD designado em cada elemento garante apenas a entrada de dados necessários e vai sendo amadurecido a cada etapa à medida que o projeto evolui, de maneira que essa metodologia gradual é mais valiosa em questão de tempo e economia do que se fosse especificado um nível de detalhamento para um modelo inteiro.

**Tabela 2**  
Proposta de LOD em projetos de pontes para o modelo de contratação nacional.

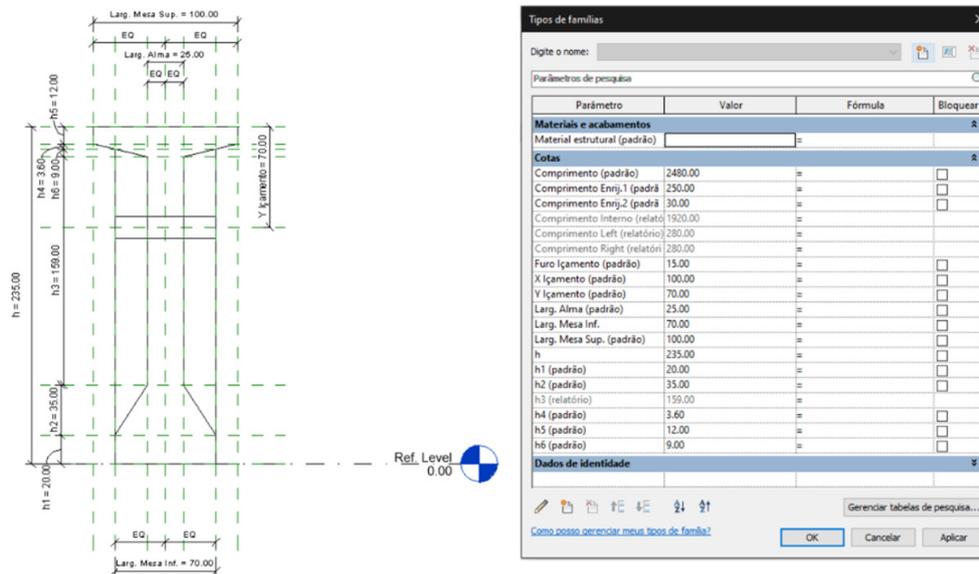
LOD	Descrição	Fase Final
LOD-V	Os elementos suficientemente desenvolvidos para transmitir informações do EVTEA, suficientemente <b>desenvolvido para visualização</b> e divulgação pública do conceito do projeto. A geometria deverá estar correta, porém os elementos podem ser representados como objetos únicos.	EVTEA, levantamento de dados (LV), marketing e divulgação do modelo conceitual
LOD-A	Gráficos e designs suficientemente desenvolvidos para permitir serem feitas <b>análises estruturais</b> , sendo preciso mas permitindo simplificações onde os detalhes não afetam a análise. O modelo deve permitir a elaboração do orçamento para contratação, detalhando quantitativos a superestrutura, mesoestrutura e infraestrutura	Projeto básico (PB)
LOD-P	Gráficos e designs suficientemente desenvolvidos para oferecer suporte ao projeto executivo, incluindo históricos de revisões de projeto, memorial descritivo. O modelo deve ser suficientemente desenvolvido para oferecer suporte a todo o projeto final, incluindo todos os detalhes necessários para <b>produção do plano de execução completo da OAE</b> .	Licitação e contratação
LOD-F	Projeto executivo final. Detalhamento para o uso do contratado, suficientemente desenvolvido para <b>fabricação e execução da obra</b> . Isso seria essencialmente uma orientação para os empreiteiros sobre o que entregar e para manutenção pós-construção	Projeto Executivo (PE)

## 5. Conformidade dos desenhos técnicos e criação de elementos-tipo para OAEs

A definição para o grupo de informações e conteúdo deve ser efetiva e padronizada de maneira que o contratante e todos os envolvidos no processo (*stakeholders*) consigam entender quais informações podem ser retiradas do arquivo.

A partir deste ponto, os modelos digitais em BIM, podem agregar, tanto em suas propriedades quanto em seus modelos de informações do projeto (PIM). Os modelos dos elementos nos desenhos técnicos dependerão do nível de detalhamento (LOD) adotado em cada etapa de projeto (proposto no item 4), garantindo assim que os

modelos visualizados informem expressamente os detalhes do objeto modelado, com a precisão necessária para análise do projeto e sua construtibilidade.



**Figura 3**  
Modelo paramétrico de pilar e consolo.

## 6. Extensões de arquivos BIM adequados para a contratação

As duas extensões de arquivos que possibilitam maior interoperabilidade permitindo a transferência de informações geométricas e não geométricas são *.IFC* e *.LandXML*. Entretanto, os arquivos *LandXML* em projetos de OAEs, não atenderam a interoperabilidade de informações, apresentando apenas dados de polilinhas, pontos de coordenadas, definindo alinhamentos, perfis longitudinais e verticais. Portanto, é sugerido o uso das duas extensões para melhor interoperabilidade, trabalhando em paralelo, devendo o *.LandXML* ser empregado como modelo de produto para representar dados do terreno e o *.IFC*, usado para representar os modelos de estrutura e elementos arquitetônicos desenvolvidos em 3D nos tabuleiros, pilares e vigas por exemplo.

## 7. Estudo de caso

O estudo de caso foi realizado tendo como fonte o Projeto Executivo da Ferrovia de Integração Oeste-Leste (FIOL), especificamente no sub-trecho definido entre o km 1.310+200 e o km 1.322+300, parte integrante do Trecho: Figueirópolis/ Ilhéus, segmento: Riacho Jacaré/ Rio Preguiça, Lote :10EF / 2F de construção (km 1.253,260 – km 1.371,137).

A estrutura do modelo estudado atendeu as seguintes exigências detalhadas pelo grupo da pesquisa: A escolha do *software* de modelagem para cada etapa, documentação

técnica da execução do contrato e a definição dos entregáveis, modelados em 2D em plataforma CADD.

Entretanto, todos os modelos foram disponibilizados somente em formato *.pdf*, separados por disciplinas, pela empresa Concremat Engenharia e Tecnologia S/A, por meio da contratação junto à VALEC S/A. Dessa forma cada disciplina foi transportada para o BIM por uma equipe de alunos do curso de *Lato Sensu* em *BIM Expert* – Projetos de Infraestrutura, do Programa de Pós-Graduação em Estruturas e Construção Civil (PECC) da Universidade de Brasília, que trabalharam de maneira colaborativa para que o modelo pudesse ser analisado nas disciplinas da etapa executiva de projeto.

Para melhor interoperabilidade entre a equipe, foram escolhidos *softwares* BIM de um mesmo desenvolvedor, em versão gratuita para estudantes. Portanto as funções de redução de tamanho, diminuição do processador e integridade das informações nos arquivos só foram possíveis ser testadas nos *softwares* da Autodesk®.

As imagens de chão (ortofotos) foram disponibilizadas em formato GeoTIF, mas não foram encontrados arquivos *.TFW* que indicam o georreferenciamento das imagens. Além disso, o modelo digital de terreno e levantamento topográfico, por falta de informação completa, foram recriados, comprometendo a precisão dos dados. Todos os dados geotécnicos do terreno, bem como seus laudos, foram importados diretamente para o *software* Infracore®, não passando por análise.

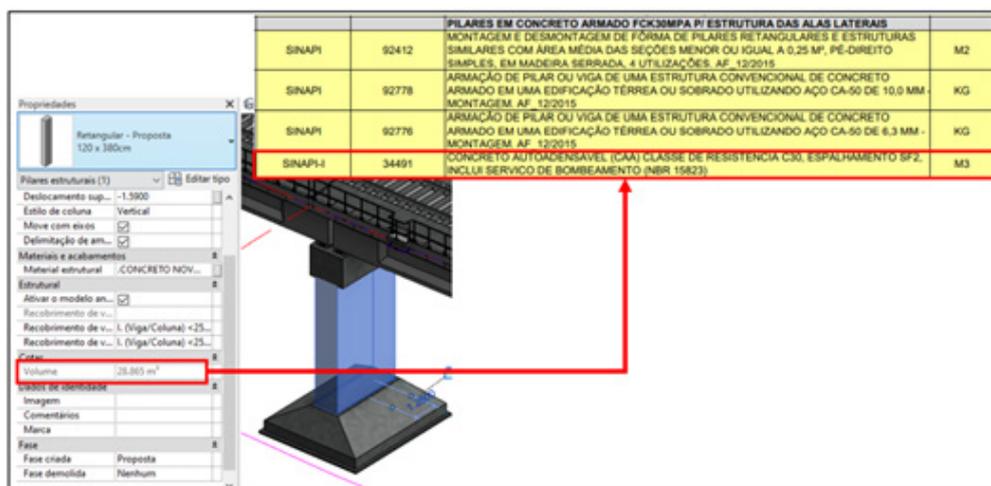
O processo de modelagem teve como objetivo disponibilizar as famílias parametrizadas para futuros trabalhos a serem desenvolvidos pela comunidade. Portanto, todos os arquivos foram configurados de acordo com as normas de Projeto Tipo da VALEC para OAEs conforme propostas de LOD-A até LOD-F, compondo a seguintes premissas: detalhar os materiais e forma geométricas e espaciais, separando entre infraestrutura, mesoestrutura e superestrutura; vistas 2D e 3D, cortes e detalhamentos gerados; e quantificação dados de geometria e espaço.

Outros testes também foram feitos na plataforma do Autodesk® Infracore a fim de estabelecer e validar as propostas das normas abordadas neste trabalho, por exemplo utilizando modelos de OAE com nível de detalhamento de modelos mais generalistas e indicando somente configuração de altura, volume, localização e orientação. Este cenário atenderia etapa de projetos que necessitam de LOD-V.

## 8. Parâmetros de custo para OAEs

Na parametrização de custos para OAEs são atribuídos custos com base no CMG (Custo Médio Gerencial). Estes valores são mensalmente disponibilizados e atualizados pelo DNIT, e consideram custos de Acabamento, Infraestrutura, Mesoestrutura e Superestrutura. Entretanto o CMG é dado em proporção à área do tabuleiro, e estes parâmetros não precisaram ser checados. Adotou-se o CMG em projetos de LOD-V.

Para projetos de LOD-A até LOD-F, considerou-se orçamentos da fase analítica e executiva, sendo utilizada a tabela do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices, disponibilizada pelo governo brasileiro. Todas as famílias foram cadastradas com parâmetro custo no sistema do Revit® para referenciar o preço e seguiu-se a normativos da VALEC S/A para definição dos serviços de contratação.



**Figura 4**  
Levantamento de quantitativos para orçamento.

## 9. Conclusão

Os entregáveis apresentaram erros comuns de perda de informação, de quando se transporta para o ambiente BIM. Isso porque a ausência de arquivos auxiliares e dados dos modelos e a falta de padronização do sistema de coordenadas, fazem com que não seja possível a re-projeção exata das propriedades e atributos em um ambiente CADD. Tal imprecisão pode acarretar no aumento desnecessário do custo da obra.

Mesmo com todas as limitações expostas neste trabalho, as normas estrangeiras, bem como o fluxo de trabalho proposto sobre as normas britânicas, obteve resultado bastante satisfatório para verificação, sendo possível ser completamente documentada todas as etapas do modelo federado BIM. A padronização de trabalho e dos níveis de desenvolvimento de projeto também mostraram-se muito promissores para a elaboração de projetos conceituais e executivos no âmbito da contratação pública brasileira, integrando todos os níveis de detalhe.

Quanto à checagem de atendimento às normas, foi instalado um pacote de checagem de parâmetros pré-determinados, chamado “Brazilian Country-kit”, disponibilizado pela própria Autodesk, contendo padrões DNIT. Isto tornou mais rápido e preciso o desenvolvimento do projeto na fase de estudo de viabilidade. Todavia, no caso de OAEs, o sistema ainda é válido para detalhamento estrutural. Portanto, fez-se outra análise revisando normas ANBT e checando interferências e locações espaciais das diferentes disciplinas. Este segundo tipo de análise é mais comum em projetos de edificação.

Este fato evidenciou ainda mais a necessidade da padronização e definição de informações necessárias para um modelo de projetos nesse porte. Portanto, sugere-se expandir o escopo da pesquisa na realização e checagem automatizada de análise estrutural embasados nas normas da ABNT, DNIT e VALEC apresentadas neste trabalho.

## Referências

- [1] K. Willem. *Building information modeling: Planning and managing construction projects with 4D CAD and simulations (McGraw-Hill construction series)*. N.Y.: McGraw-Hill Education, 2008.
- [2] ISO 19650-1:2018. Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM) – Information management using building information modelling – Part 1: Concepts and principles, 2018.
- [3] TEXTO-BASE 134:000.000-010/1:2018. Organização e digitalização de informações sobre edifícios e obras de engenharia civil, incluindo modelagem de informações de construção (BIM) – Gerenciamento de informações usando modelagem de informações de construção – Parte 1: Conceitos e princípios. Associação Brasileira de Normas Técnicas.
- [4] TEXTO-BASE 134:000.000-010/2:2018. Organização e digitalização de informações sobre edifícios e obras de engenharia civil, incluindo modelagem de informações de construção (BIM) – Gerenciamento de informações usando modelagem de informações de construção – Parte 2: Fase de entrega dos ativos. Associação Brasileira de Normas Técnicas.
- [5] MDOT. Michigan Department of Transportation. "CONTRACT NO 2016-0175: Final Report: Development of 3D and 4D Bridge Models and Plans", Michigan, 2018.
- [6] ISO 19650-2:2018. Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM) – Information about buildings and civil building information modelling. Part 2: Delivery phase of the assets, 2018.
- [7] W. Liu , H. Guo, H. Li and Y. Li. "Retracted: using BIM to improve the design and construction of bridge projects: a case study of a long-span steel-box arch bridge project", *International Journal of Advanced Robotic Systems*, vol 11, pp. 1-11, January, 2014. doi: 10.5772/58442.
- [8] C. M. Eastman, P. Teicholz, R. Sacks, and K. Liston, *BIM handbook: a guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers, and contractors*. Hoboken, N. J.: Wiley, 2008.