

Os princípios do desenvolvimento de LOD em um modelo BIM

The principles of LOD development in a BIM model

CABRAL, Alessandra Rodrigues; SILVA, Marcos Elias Dadalt; THOMÉ, Carlos Guilherme

*Pós-Graduação em Gestão Colaborativa em Projetos com Ênfase em BIM – Instituto IDD
Curitiba – Paraná - Brasil*

Resumo

O LOD (*Level Of Development*), nível de desenvolvimento de um projeto, surgiu para definir a exigência de conteúdo dos modelos BIM (*Building Information Modeling*). A estrutura do LOD traz entendimento e recursos para compreensão do desenvolvimento do modelo, desde o conceito até a concepção final. O estudo de materiais bibliográficos permitiu aprofundar os conceitos teóricos sobre os Níveis de Desenvolvimento, assim como o estudo de caso permitiu a aplicação deste conceito. Deste modo, a proposta deste trabalho apresenta a definição e as aplicações do LOD no modelo BIM.

Palavras-chave: BIM, LOD, Nível de Desenvolvimento, Modelo BIM.

Abstract

The LOD (*Level of Development*), level of development of a project, BIM (*Building Information Modeling*). The LOD framework provides understanding and resources for understanding the model's development, from concept to final design. The study of bibliographic materials allowed to approve theoretical concepts on the Levels of Development, just as the case study allowed an application of this concept. Thus, a proposal of this paper presents a definition and how the LOD applications do not model BIM.

Keywords: BIM, LOD, Level of Development, Modelo BIM

1. INTRODUÇÃO

Desde o aparecimento dos computadores, tem-se assistido a uma constante evolução nas tecnologias informáticas, que dão apoio a muitas áreas de atuação. Na indústria de arquitetura, engenharia e construção (AEC), este desenvolvimento proporcionou várias ferramentas e metodologias de trabalho, que surgiram em resposta a necessidade de melhorias nos processos atuais de trabalho em projeto.

O BIM (*Building Information Modeling*) surgiu como uma metodologia de construção virtual que entre outras capacidades, permite o compartilhamento de informações entre todos os intervenientes e fases do projeto (TARRAFA, 2012). Para o desenvolvimento de um projeto em BIM é importante que alguns requisitos técnicos sejam definidos e acordados entre todas as partes envolvidas. Existem requisitos característicos do projeto BIM que incluem o nível de desenvolvimento (LOD).

A informação tem um valor muito importante dentro de um processo BIM, paralelamente ao modelo ela vai percorrer níveis de maturação em que serão acrescentados detalhes importantes e necessários para o desenvolvimento do projeto. A construção de um empreendimento é composta por um ciclo, que seu por sua vez é constituído de diversas fases, que devem ser respeitadas. Desta forma torna-se essencial estabelecer uma ligação entre o processo de modelação e as diversas fases do projeto (SILVA 2013).

Baseado nessas condições este artigo foi desenvolvido através de revisão bibliográfica, com o objetivo de apresentar os conceitos que envolvem o LOD (*level of desenvolvimento*) e a sua aplicação dentro da metodologia BIM.

2. METODOLOGIA

2.1 Objetivos Gerais

O presente artigo pretende analisar, através de uma revisão bibliográfica e de um estudo de caso o conceito de regras de modelagem e os níveis de desenvolvimento para a execução de um projeto em BIM.

2.2 Justificativa

Segundo Silva com o aumento do interesse no BIM, fez com que os projetistas se sintam tentados a evoluir das tradicionais metodologias de elaborações de projetos para novas práticas baseadas em metodologias BIM. A partir desse ponto que surgem as iniciativas no sentido de organizar as informações que um modelo deve conter e em que fases se pretendem determinadas características dos objetos modelados. Nesse âmbito algumas organizações governamentais criaram grupos de trabalhos que incluem os profissionais da engenharia para poderem criar regras para a utilização de BIM na realização de projetos de obras públicas.

Nessas regras podem ser encontradas como deve ser adotado os níveis de detalhamento para o desenvolvimento de projetos BIM, chamado de LOD (*Level of Desenvolvimento*) é

com esses níveis de desenvolvimento e detalhes que podemos dá caráter quantitativo, geométricos e informações necessários para o desenvolvimento de um modelo.

Nesse cenário que o artigo pretender analisar alguns objetivos específicos listados a baixo.

2.3 Objetivos Específicos

- Definição de LOD;
- Aplicação do LOD no modelo BIM.

2.4 Estrutura do trabalho

Este artigo será estruturado em três partes, das quais a primeira é a presente introdução, que se pretende fazer uma abordagem geral do tema e são referidos os objetivos e a estrutura da pesquisa.

Na segunda parte apresenta-se através de uma revisão bibliográfica a exposição do conceito BIM, seguida da definição do LOD. Na terceira parte trata-se da proposta da modelagem de um projeto BIM com cada etapa de LOD.

Na quarta parte do artigo se apresenta uma síntese das conclusões dos principais resultados da pesquisa.

2.5 Metodologia usada para a análise do tema

O método de pesquisa adotado para esta pesquisa consistiu na realização de revisão bibliográfica aprofundando conceitos teóricos sobre os níveis de detalhamentos de modelo e no processo BIM. Com base na revisão da literatura, foi feita toda a análise da aplicação do LOD em um modelo BIM, e a definição das etapas do LOD. E foi realizado um estudo de caso para indicar os níveis de detalhamento que um projeto BIM deve ter.

3. DEFINIÇÃO DE BIM E LOD

3.1 O que é BIM

BIM (*Building Information Model* ou *Building Information Modeling*) que significa tanto Modelo de Informação da Construção quanto Modelagem de Informação da Construção é um conjunto de informações geradas e mantidas durante todo o ciclo de vida de um edifício.

O BIM abrange geometria, relações espaciais, informações geográficas, as quantidades e as propriedades construtivas de componentes (por exemplo, detalhes dos fabricantes). Ele pode ser utilizado para demonstrar todo o ciclo de vida da construção, incluindo os processos construtivos e fases de instalação.

De acordo com Jerry Laiserin, o mais antigo exemplo de conceito do que se conhece hoje como BIM é o protótipo do “*Building Description System*” publicado no, AIA (*American Institute of Architects*) *Journal*, pelo norte-americano Charles M. Eastman. Esse trabalho inclui noções de BIM, hoje em dia rotineiras, tais como derivar seções, planos, isométricos ou perspectivas com base em elementos anteriormente modelados; evitar o redesenho, uma vez que as alterações são atualizadas automaticamente em todos os desenhos derivados; possibilitar o acoplamento direto da análise quantitativa à descrição dos materiais durante a modelagem, com estimativas de custo ou quantitativos de materiais sendo facilmente gerados, enquanto alimenta um banco integrado de dados; gerar código automatizado para checagem da edificação na prefeitura ou no escritório de arquitetura; facilitar a tarefa dos empreiteiros de grandes obras, no tocante ao usufruto de vantagens como agendamento e encomenda de materiais.

A necessidade de criar um modelo representativo dos processos de construção levou a que se percebesse a importância em abandonar a simples representação de elementos através de linhas, formas e texto e se passasse a representar um modelo como uma associação de elementos individuais, através de uma modelagem orientada para os objetos. Para tal, atribui-se aos objetos significado que determina o modo de interação por objetos. Para tal, atribui-se aos objetos significado que determina o modo de interação destes numa estrutura racional dividida por especialidade. Assim, a estes objetos são conferidas características geométricas, físicas, e entre outras. Entre os parâmetros encontram-se, tipo de material, propriedades físicas, térmicas, custo do material, entre outros.

Esse modelo de informação digital, além de conter dados sobre as características geométricas dos elementos que compõem o edifício, também inclui as suas propriedades e atributos, sejam elas propriedades mecânicas, sejam o prazo ou o custo da construção. Igualmente importante é a capacidade para guardar informação paramétrica com relações entre os diversos elementos bem como o apoio aos fluxos de trabalho funcionais entre as diversas atividades do processo construtivo.

No uso do sistema BIM, o projetista constrói um modelo virtual com todos os sistemas que envolvem o edifício, criando uma base de dados. Esses modelos são criados por meio de softwares como *Autodesk Revit* e *Graphisoft Archicad*. A atenção do projetista fica voltada para soluções técnicas e não para desenhos técnicos. Com essa base de dados unificada, podem-se criar estações de trabalho, nos quais vários projetistas trabalham de maneira conjunta. Quando se muda um projeto (por exemplo, uma parede no projeto arquitetônico), todos os outros projetos envolvidos nessa base de dados (como o projeto elétrico, hidrossanitário, estrutural, ar condicionado) também sofrem modificações a partir da atualização do modelo.

Para além das claras vantagens possibilitadas pelo BIM entre especialidades, este permite também a troca de informação entre diferentes programas informatizados de suporte BIM de interesse para o projeto de estruturas, tais como, programas de cálculo estrutural, desenho, entre outros. A introdução dos dados num programa de cálculo

estrutural é usualmente devagar, todavia, o uso do BIM permite eliminar a necessidade de replicar o projeto de estruturas neste, maximizando consideravelmente a produtividade. Estas relações são assentes num intercâmbio que permite a bidirecionalidade da informação, ou seja, são reconhecidas também por parte do modelo BIM alterações à estrutura efetuadas nos programas de cálculo, no momento da sua análise e dimensionamento. Diminui-se igualmente a probabilidade de ocorrência de erros, pois se elimina a necessidade de atualizar manualmente ambos os modelos durante os processos de dimensionamento do projeto de estruturas.

De acordo com Oliveira o nível de desenvolvimento (*Level of Development - LOD*), fornece uma base que torna possível saber até que ponto é possível confiar nas informações presentes num determinado elemento quando se está trabalhando com BIM. O LOD está relacionado à quantidade de informações presente num elemento de um modelo e à geometria desse elemento. Podemos dizer que Nível de Desenvolvimento se torna fundamental à medida que o BIM é utilizado como ferramenta de colaboração, troca de informações e comunicação.

3.2 O que é LOD

A pergunta do tópico num primeiro momento parece ser de fácil e simples resposta, no entanto a profundidade da informação contida nestas três letras é interessante.

De acordo com Delatorre e Santos, o fórum BIM 2015 apresenta dois significados para LOD: *Level of Detail* e *Level of Development*, ou seja, Nível de Detalhe e Nível de Desenvolvimento respectivamente. Estes são comumente confundidos, pois apresentam a mesma sigla, no entanto a compreensão da diferença entre eles é fundamental para o desenvolvimento do projeto.

O Nível de Detalhe tem caráter quantitativo, apresentando inúmeros detalhes geométricos e informações não desenhadas, ou seja, é a quantidade de informação inserida no modelo. Já o Nível de Desenvolvimento tem caráter qualitativo e representa as informações que serão extraídas do modelo possibilitando a compreensão comportamental do empreendimento em etapas anteriores à sua execução propriamente dita.

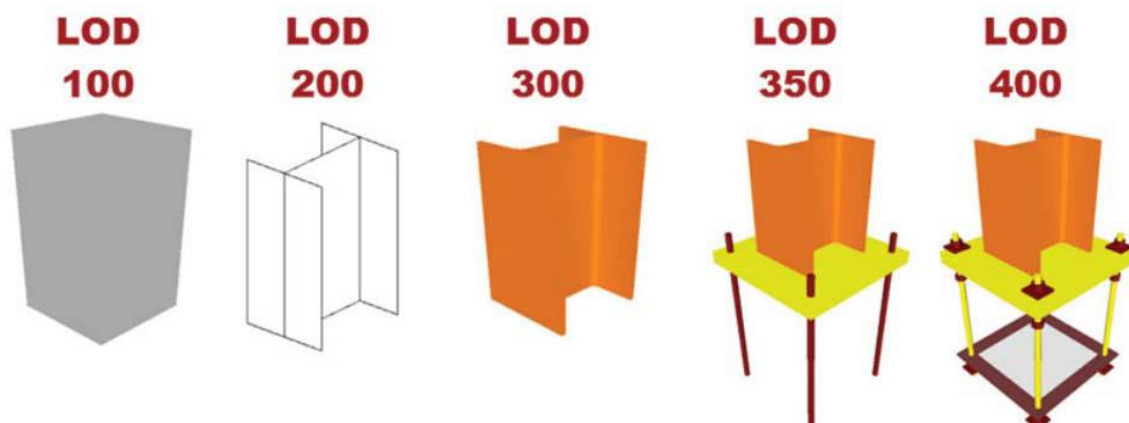
A falta deste entendimento pode acarretar na sobrecarga do modelo com um número excessivo de detalhes geométricos e de execução, resultando na necessidade de infraestrutura tecnológica de computadores com capacidades altíssimas de processamento de imagens, no entanto com pouquíssima extração de dados e informações que possibilitem uma boa gestão da modelagem e consequente execução da construção.

Santos Silva apresenta o mesmo entendimento que Delatorre e Santos, e mostram como ponto fundamental a determinação das fases de desenvolvimento dos projetos, e apresenta exemplos desse escalonamento de fases, como segue: Levantamento de dados (LV); Programa de Necessidades (PN); Estudo de Viabilidade (EV); Anteprojeto (AP) ou pré-execução (PR); Projeto Legal (PL); Projeto Básico (PB); Projeto de execução (PE).

Segundo o BIM Fórum 2015, não existe uma rigidez na relação entre os Níveis de Desenvolvimento e as fases da obra, no entanto, é importante que seja definido entre os desenvolvedores e gerência do projeto quais serão esses marcos, para que haja coerência no desenvolvimento dos vários sistemas e para garantir a consistência na comunicação e execução da modelagem.

Com o intuito de gerenciar eficientemente o desenvolvimento do trabalho dentro do fluxo de projeto em BIM, a indústria tem adotado uma escala de Nível de Desenvolvimento, variando de LOD 100 até LOD 500, onde o mais baixo representa a fase conceitual com geometrias básicas, e o mais alto representa um alto nível de detalhamento e precisão de informações que podem ser extraídas do modelo.

Figura 1 - Exemplo de ilustração no documento do BIM Fórum para auxiliar na compreensão do nível de detalhamento.



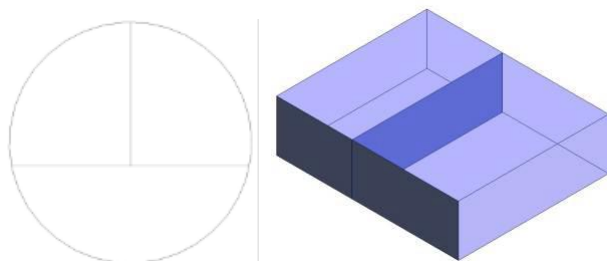
Fonte: BIM

Forum (2015)

De acordo com o Protocolo BIM da *American Institute of Architect's*, podemos descrever os vários níveis de desenvolvimento como sendo:

LOD 100 – Segundo OLIVEIRA, para o LOD 100 o modelo deverá ser o mais genérico possível, com elementos que trazem a percepção de concepção geral do modelo, isso através de símbolos ou outras representações genéricas, mas não satisfazendo os requisitos do LOD 200. Os elementos poderão ser modelados de forma simplificada, podendo ser modelados como sólidos 3D. Deverá ser escolhido um objeto da biblioteca que corresponda ao elemento pretendido, mas com a forma geométrica genérica. Por exemplo, pode ser modelado um pilar escolhendo um pilar existente na biblioteca. Não há necessidade do atendimento exato das dimensões da sua secção e nem mesmo da sua localização precisa, uma vez que não está totalmente definida a concepção geral que vai ser adotada. Utilizado na fase conceitual do projeto, a informação pode ser transmitida através de formas de massa, narrativas escritas e desenhos bidimensionais;

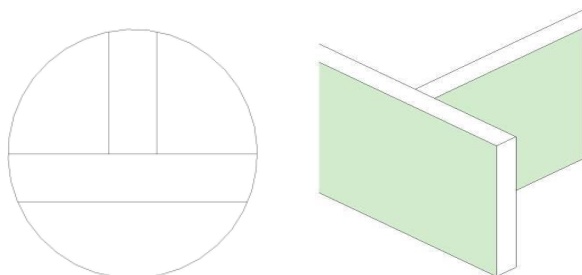
Figura 2 - Esquema representativo planta e perspectiva LOD 100.



Fonte: BIM Forum (2015)

LOD 200 – Nesta fase a modelação deve ser precisa quanto a localização dos elementos e com a geometria aproximada. Para os elementos estruturais suas secções devem ser aproximadas. Informação não - gráfica também poderá estar associada ao elemento modelado (OLIVEIRA 2016). Utilizado na fase de desenvolvimento dos projetos gráficos, os elementos modelados já apresentam relações aproximadas de quantidades, tamanho, localização e orientação. Já é possível realizar a extração de alguma informação.

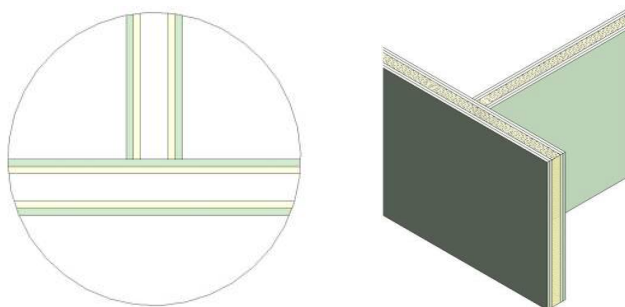
Figura 2 - Esquema representativo planta e perspectiva LOD 200.



Fonte: BIM Forum (2015)

LOD 300 – Utilizado na fase final dos projetos, também chamada de fase do Projeto Básico. O termo Projeto Básico aqui utilizado, não significa que seja um projeto em fase inicial, mas sim um projeto com todas as informações necessárias e detalhamento suficiente para perfeita execução da obra. Para o LOD 300 a geometria de todos os elementos deverá ser definida de forma correta e os elementos devem conter informações que identifique o tipo, material e respectivas propriedades. Todas as aberturas devem ser modeladas, assim como devem ser modeladas as escadas, lajes, shafts e estruturas que compõem o modelo. Deverá ser realizada análise para o atendimento dos sistemas e inclusão de atributos e parâmetros, eliminando erros no desenvolvimento do modelo.

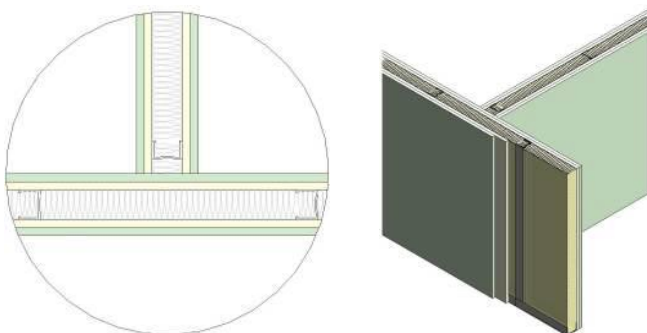
**Figura 3 - Esquema representativo planta e perspectiva
LOD 300**



Fonte: BIM Forum (2015)

LOD 400 – Utilizado na fase de execução da obra, acrescentando ao LOD 300 detalhamento e informação para fabricação, detalhes de montagens, instalação, tabelas de quantitativos, localização e orientação de elementos e objetos do projeto. O modelo precisa ter informações que permitam a produção de documentos para a construção do empreendimento.

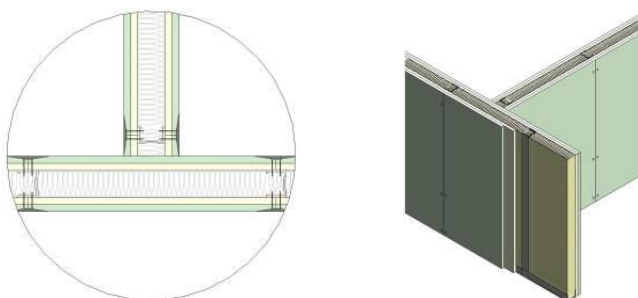
**Figura 4- Esquema representativo planta e
perspectiva LOD 400.**



Fonte: BIM Forum (2015)

LOD 500 – Utilizado na fase de operação, sendo acrescentadas informações de utilização dos ambientes, sistemas, equipamentos, etc., possibilitando a melhoria da gestão e manutenção das instalações.

**Figura 5- Esquema representativo planta e perspectiva
LOD 500**



Fonte: BIM Forum (2015)

Uma importante aplicação dos níveis de desenvolvimento do projeto é na Análise de Desempenho do Edifício, sigla BPA do inglês *Building Performance Analysis*.

De acordo com o *Sustainability Workshop of Autodesk* (Workshop de sustentabilidade da Autodesk) a relação do LOD com a BPA se dá de duas formas: a primeira determina que o que impede os elementos modelados a passarem para a próxima etapa de LOD é a ausência de informações; e a segunda determina que a da análise de performance depende da quantidade de informação modelada.

Por exemplo: Um modelo desenvolvido em LOD 100 não permite uma análise de desempenho do modelo com a intenção requerida para certificação LEED, mas a modelagem da energia em LOD 100 pode demonstrar como o consumo de energia do edifício poderá ser influenciado pela radiação solar.

Com os conceitos de LOD, fases de desenvolvimento e BPA, passamos a exemplificar sua correlação.

Na fase de levantamento de dados já podemos apontar algumas análises de desempenho que poderão ser consideradas para o desenvolvimento do projeto. Mesmo não existindo um modelo digital nesta etapa, pode-se, por exemplo, estabelecer quais as informações suportarão uma análise de desempenho, quais as considerações climáticas serão levantadas, quais os objetivos de desempenho para o projeto.

As BPAs nesta etapa poderão determinar quais os dados climáticos serão mais apropriados para a localização geográfica escolhida, conduzir a estudos de radiação solar, ventos predominantes, presença de estruturas existentes, inventário de vegetação existente entre outros, ou ainda determinar se a edificação será predominantemente fria ou quente.

Na fase conceitual do projeto, o principal objetivo do estudo da correlação entre os níveis de LOD e BPA é a tomada de decisão de alto nível, as quais determinarão as diretrizes para todo o desenvolvimento do projeto, como por exemplo, qual será a forma mais eficiente da construção, qual sua posição dentro do terreno. Nesta etapa as premissas de LOD estarão sendo trabalhadas em seu nível 100, com modelagens de massas geométricas e relações espaciais, mas sem a entrada de variadas informações.

As BPAs nesta etapa serão realizadas em suas formas de massa, determinando como a intensidade de uso da energia pode ser reduzida, possibilitando alcançar a forma mais eficiente da construção. A determinação da posição da construção dentro do terreno, possibilitará estudar quais áreas da edificação terão maior incidência de luz natural consequentemente interferindo positivamente no planejamento das áreas internas, bem como otimizará o potencial de geração de energia solar e o arrefecimento passivo através da ventilação.

Na fase de desenvolvimento do projeto já contamos com um modelo de arquitetura com elementos modelados em LOD 200 e 300, apresentando referências de revestimento e espessuras de paredes e materiais já definidos. Os sistemas complementares já apresentam elementos modelados em LOD 200 pelo menos. As tomadas de decisões estratégicas nesta etapa do desenvolvimento giram em torno das especificações de

eficiência dos sistemas complementares, em como modificar a distribuição da planta para incrementar a qualidade da luz natural, quais materiais serão utilizados na construção, etc.

As BPAs nesta etapa poderão ser realizadas para verificar como as alterações dos materiais utilizados na construção das paredes podem reduzir a demanda de energia e proporcionar os testes iniciais de eficiência do sistema de condicionamento de ar, análise de desempenho da estrutura visando a eficiência no consumo de materiais.

Na fase de documentação ou projeto legal, todos os elementos modelados estão em LOD 300, com as definições de tamanhos materiais e especificações que possibilitem a construção do edifício.

Nesta etapa as BPAs já podem ser trabalhadas em análises energéticas de toda a edificação determinando o desempenho esperado para a construção. Já é possível também a extração das informações de quantidades de materiais e custos esperados.

Na fase de Construção, as premissas LOD já passam para o nível 400, possibilitando o detalhamento de fabricação, montagem e instalação, com o intuito de reduzir o desperdício de materiais no processo construtivo.

As BPAs nesta etapa visam à simulação de execução utilizando várias possibilidades logísticas, compra de materiais, análise de layouts de canteiro.

Na fase de operação e manutenção, os elementos modelados já apresentam nível de desenvolvimento 500, sendo incrementadas informações de operação e desgaste e atualizando as operações de gerenciamento da edificação.

As BPA's nesta etapa são focadas nas comparações entre as análises de desempenho do modelo e os dados extraídos da pós-ocupação e utilização.

4. ESTUDO DE CASO

4.1 Metodologia de análise

Para a elaboração do estudo de caso foi desenvolvido um modelo, com níveis de desenvolvimento para quatro fases dos cinco níveis de desenvolvimento apresentados no artigo. Foi excluído da modelação do LOD 500 (Nível de desenvolvimento 500) que corresponde a uma fase de manutenção do empreendimento.

4.2 Elaboração dos modelos

Para a elaboração dos modelos foi escolhido o programa *Autodesk Revit Structure 2016*. Que permite a modelação dos componentes paramétricos, geração de tabelas com as informações que constam no modelo, a criação e edição de famílias.

O modelo da edificação usada no estudo de caso é baseado em uma obra fictícia elaborada apenas para estudo e desenvolvimento do artigo. As estruturas utilizadas no

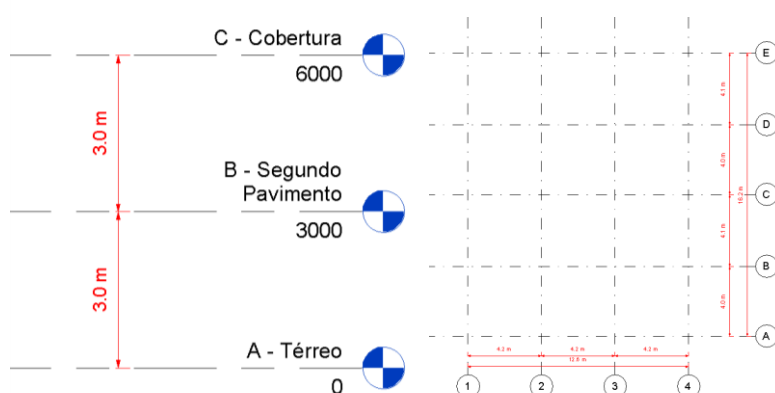
modelo são constituídas por elementos de concreto armado, sendo eles vigas, lajes e pilares.

Nos tópicos seguintes serão apresentados os modelos desenvolvidos no âmbito do projeto de estruturas em diferentes níveis de desenvolvimento.

4.3 LOD100

Para a elaboração do modelo em LOD 100 foi primeiramente definido o piso da edificação. Nesta fase foi definido um pé direito de 3 metros para os pisos. Foi definida uma malha estrutural de auxílio para a colocação de pilares em suas interseções.

Figura 5 - Definição do pé direito e da malha estrutural



Fonte: Os autores (2017)

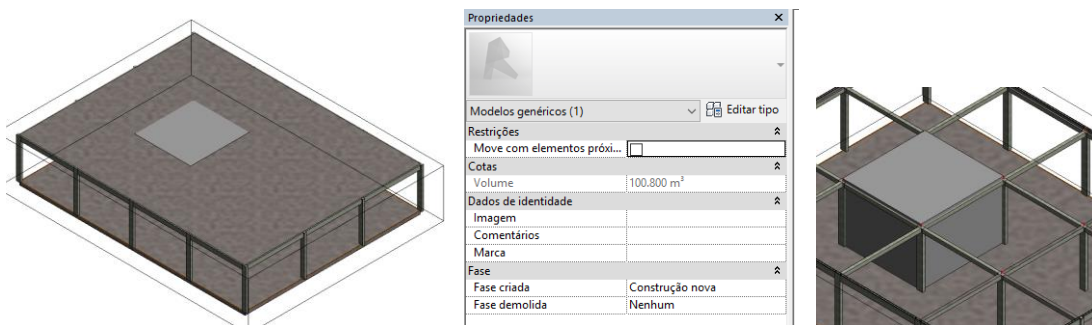
Após esse projeto foi feito a modelação dos elementos estruturais. Para uma primeira etapa do LOD 100, foi modelado as lajes dos pavimentos definido com uma laje com o elemento “Piso concreto moldada em loco 225mm”. Os pilares foram modelados com o elemento “M_Concreto-Retangular-Coluna 140x280mm”, e as vigas foram criadas com o elemento “Concreto-Viga Retangular 140x400mm”. Na localização da caixa da escada foi modelado um sólido genérico, apenas para representar a sua localização e seu volume.

Figura 6 - Propriedades dos elementos de Laje, Pilares e Vigas adotados para a modelagem em LOD 100

Propriedades		Propriedades		Propriedades	
Piso Concreto moldado em loco 225 mm		M_Concreto-Retangular-Coluna 140 x 280mm		Concreto-Viga Retangular 140x 400mm	
Pisos (1) Restrições Nível: C - Cobertura Altura do deslocamento do ...: 0.0 Delimitação de ambientes: ☒ Relativo à massa: ☐ Estrutural: ☒ Ativar o modelo analítico: ☒ Recobrimento de vergalhão...: I. (Laje/Parede) <20 mm> Recobrimento de vergalhão...: I. (Laje/Parede) <20 mm> Recobrimento de vergalhão...: I. (Laje/Parede) <20 mm> Cotas Inclinação: 57600.0 Perímetro: 204.120 m² Área: 45.927 m³ Volume: 6000.0 Elevação no topo: 5775.0 Elevação na parte inferior: 225.0 Dados de identidade Imagem: Comentários: Marca: Fase Fase criada: Construção nova Fase demolida: Nenhum		Pilares estruturais (1) Restrições Marca da localização da col...: E-1 Nível base: B - Segundo Pavimento Deslocamento da base: 0.0 Nível superior: C - Cobertura Deslocamento superior: 0.0 Estilo de coluna: Vertical Move com eixos: ☒ Delimitação de ambientes: ☒ Materiais e acabamentos Material estrutural: Concreto, Moldado no loc... Estrutural: ☒ Ativar o modelo analítico: ☒ Recobrimento de vergalhão...: I. (Viga/Coluna) <25 mm> Recobrimento de vergalhão...: I. (Viga/Coluna) <25 mm> Recobrimento de vergalhão...: I. (Viga/Coluna) <25 mm> Cotas Volume: 0.115 m³ Dados de identidade Imagem: Comentários: Marca: Fase Fase criada: Construção nova Fase demolida: Nenhum		Quadro estrutural (Viga-mestre) (1) Restrições Nível de referência: C - Cobertura Plano de trabalho: Nível: C - Cobertura Deslocamento do nível ini...: 0.0 Deslocamento do nível final: 0.0 Orientação: Normal Rotação da corte transversal: 0.000° Posição geométrica Justificação yz: Uniforme Justificação y: Origem Valor do deslocamento y: 0.0 Justificação z: Topo Valor do deslocamento z: 0.0 Materiais e acabamentos Material estrutural: Concreto, Moldado no l... Estrutural: ☒ Comprimento do corte: 3720.0 Uso estrutural: Viga-mestre Tipo inicial de anexo: Elevação final Tipo final de anexo: Elevação final Ativar o modelo analítico: ☒ Recobrimento de vergalhão...: I. (Viga/Coluna) <25 mm> Recobrimento de vergalhão...: I. (Viga/Coluna) <25 mm> Recobrimento de vergalhão...: I. (Viga/Coluna) <25 mm> Cotas Comprimento: 4000.0 Volume: 0.150 m³ Elevação no topo: 6000.0 Elevação na parte inferior: 5600.0	

Fonte: Os autores (2017)

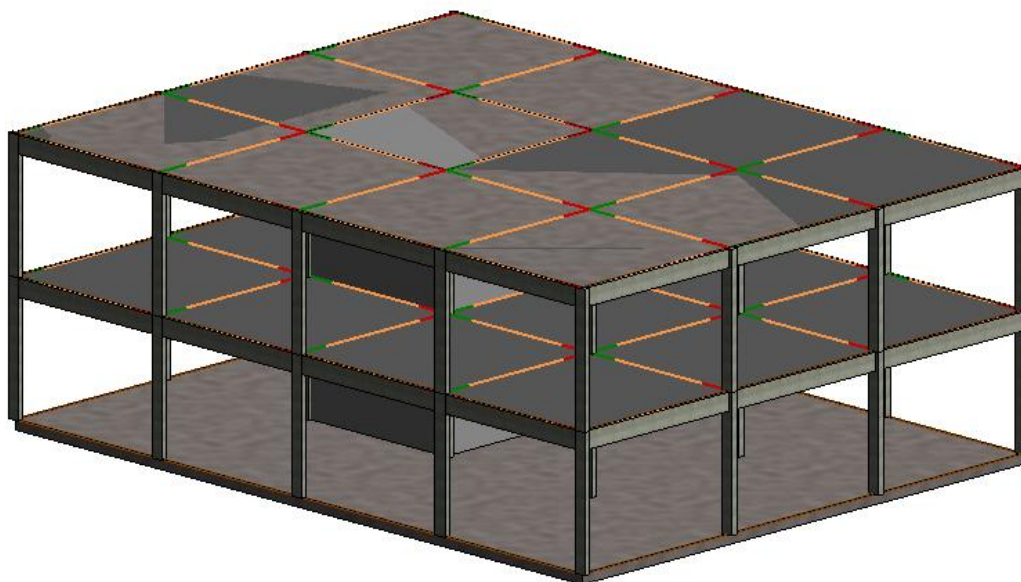
Figura 7 - Modelagem de um sólido genérico para representar o volume da caixa de escada da edificação



Fonte: Os autores (2017)

Na Figura 8 está representada uma vista do modelo completo desenvolvido em LOD 100, onde é possível ter uma percepção da morfologia da estrutura do edifício.

Figura 8 - Visualização 3D do modelo da edificação em LOD100



Fonte: Os autores (2017)

Além da modelagem 3D da edificação o programa permite a criação de tabelas que podem conter algumas informações dos elementos que compõem a estrutura, nas tabelas podemos retirar dados da geometria, a identificação, quantidade, etc. Nessa fase foi retirada das tabelas uma ideia geral de quantidade e valores que podem permitir uma estimativa de custo com critérios de X reais/m² da construção. Foi retirada do modelo a quantidade de lajes, pilares e vigas.

Figura 9 - Quantidade de Lajes, Pilares e Vigas em LOD 100

<Tabela de Lajes>			
A	B	C	D
Família	Tipo	Contador	Área
Piso	Concreto moldado em loco 225 mm	1	204 m²
Piso	Concreto moldado em loco 225 mm	1	204 m²
Piso	Concreto moldado em loco 225 mm	1	204 m²

<Tabela de pilar estrutural>			
A	B	C	D
Família	Tipo	Contador	Comprimento
M_Concreto-Retangular-Coluna	140 x 280mm	40	3000

<Tabela de viga analítica>		
A	B	C
Tipo de família	Contador	Comprimento
Concreto-Viga Retangular : 140x 400mm	16	4000
Concreto-Viga Retangular : 140x 400mm	16	4100
Concreto-Viga Retangular : 140x 400mm	30	4200

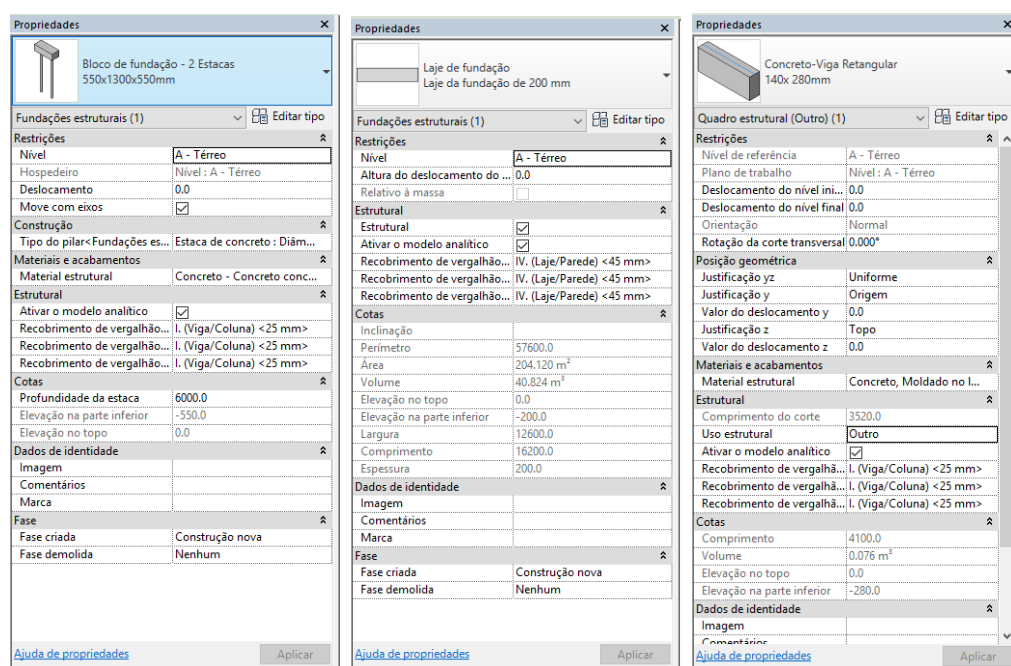
Fonte: Os autores (2017)

A modelação efetuada neste Nível de LOD100 tem como intenção de demonstrar a forma conceitual do edifício. As modelagens dos elementos foram feitas de uma forma simplificada e os pisos todos iguais com o propósito de demonstrar a volumetria e ocupação espacial.

4.4 LOD200

Para a elaboração do LOD200 foi definido corretamente o pé direito dos pisos, ficando com 3 metros no térreo e 2,80 metros na cobertura. Nesse nível de desenvolvimento foi feito também a modelagem da fundação. Primeiramente foi trocado o piso do térreo para uma laje de fundação do tipo “Laje de fundação Laje da Fundação de 200mm”. Também foram modeladas as sapatas, com o elemento “Bloco de fundação – 2 Estacas 550x1300x550mm”.

Figura 10 - Propriedades dos novos elementos adicionados para o LOD200



Fonte: Os autores (2017)

Nessa etapa também foi definido as vigas baldrame com o elemento “Concreto – Viga Retangular 140x280mm”, e foi definido a abertura da escada.

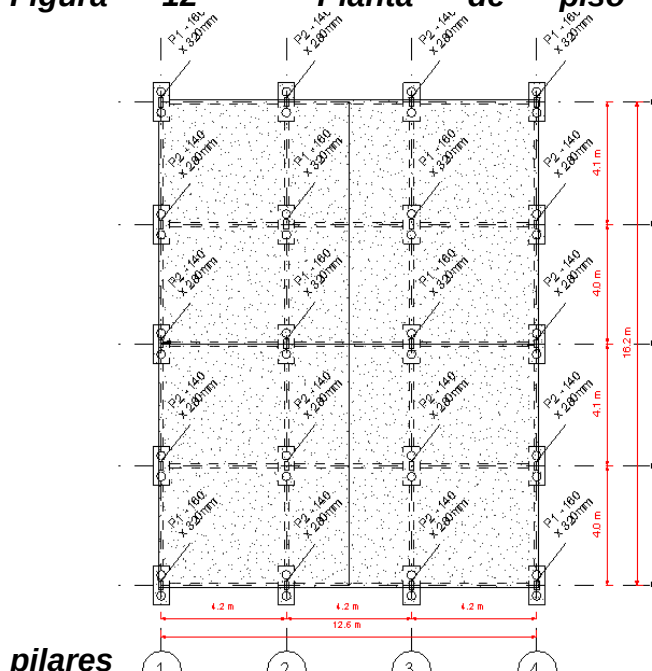
Figura 11 - Corte onde é possível visualizar a modelagem das estacas e da abertura da caixa da escada



Fonte: Os autores (2017)

Em seguida foram alteradas as modelações dos pilares com a suas possíveis seção, depois de um cálculo estrutural. Foi feito o mesmo processo para as vigas. Na Figura 13 é possível conferir as tabelas com as novas medidas das vigas e pilares.

Figura 12 - Planta de piso com as novas dimensões de



Fonte: Os autores (2017)

Figura 13 - Tabelas com os novos valores para o desenvolvimento do LOD200

<Tabela da fundação estrutural>				
A	B	C	D	E
Família	Tipo	Contador	Volume	Área
Bloco de fundação - 2 Estacas	550x1300x550mm	20		1 m²
Estaca de concreto	Diâmetro de 300 mm	40	0.42 m³	0 m²
Laje de fundação	Laje da fundação de 200 mm	1	40.82 m³	204 m²

<Tabela de Lajes>			
A	B	C	D
Família	Tipo	Contador	Área
Piso	Concreto moldado em loco 225 mm	1	187 m²
Piso	Concreto moldado em loco 225 mm	1	204 m²

<Tabela de pilar estrutural>			
A	B	C	D
Família	Tipo	Contador	Comprimento
M_Concreto-Retangular-Coluna	P1 - 160 x 320m	8	3000
M_Concreto-Retangular-Coluna	P2 - 140 x 280m	32	

<Tabela de viga analítica>		
A	B	C
Tipo de família	Contador	Comprimento
Concreto-Viga Retangular : V1 - 140x 400mm	10	4000
Concreto-Viga Retangular : V1 - 140x 400mm	12	4100
Concreto-Viga Retangular : V1 - 140x 400mm	22	4200
Concreto-Viga Retangular : V2 - 140x 500mm	6	4000
Concreto-Viga Retangular : V2 - 140x 500mm	4	4100
Concreto-Viga Retangular : V2 - 140x 500mm	8	4200
Concreto-Viga Retangular : Viga Baldrame - 140x 280mm	8	4000
Concreto-Viga Retangular : Viga Baldrame - 140x 280mm	8	4100
Concreto-Viga Retangular : Viga Baldrame - 140x 280mm	15	4200

Fonte: Os autores (2017)

Na representação tridimensional da edificação é possível observar que as estruturas aparentemente estão concluídas, no entanto ainda existem pormenores que deverão ser alterados em um nível de desenvolvimento maior.

Figura 14 - Visualização 3D do modelo da edificação em LOD200

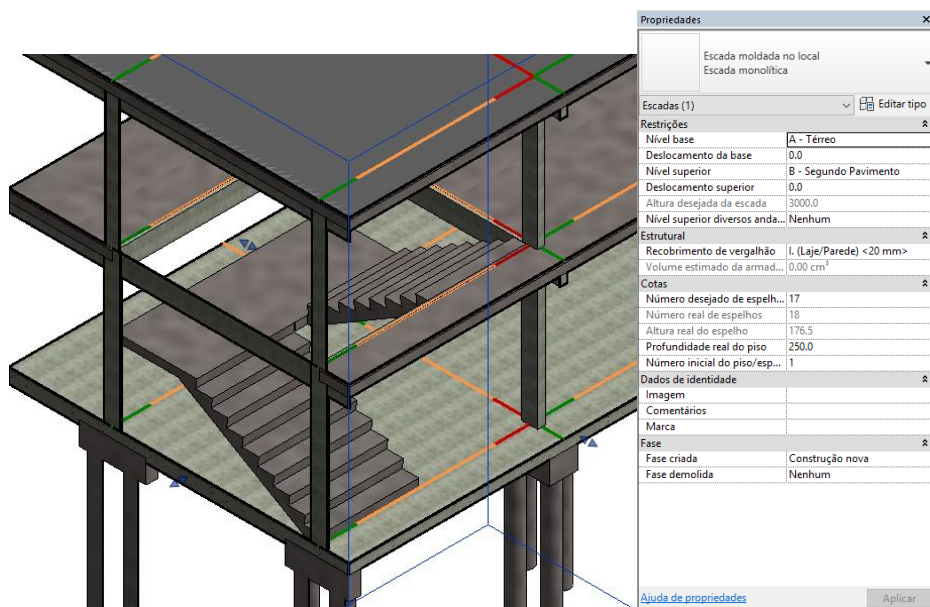


Fonte: Os autores (2017)

4.5 LOD300

Na modelagem do LOD300 deve existir a extração de informações que permitam uma correta definição do projeto. O modelo já será muito próximo da estrutura real e por isso após a análise estrutural torna-se necessário redefinir as seções dos pilares e vigas, assim como espessuras de lajes. No detalhamento do LOD 300, foi acrescentada a modelagem da escada. Após o cálculo estrutural foram feitas todas as mudanças de tamanho dos pilares e vigas conforme os cálculos.

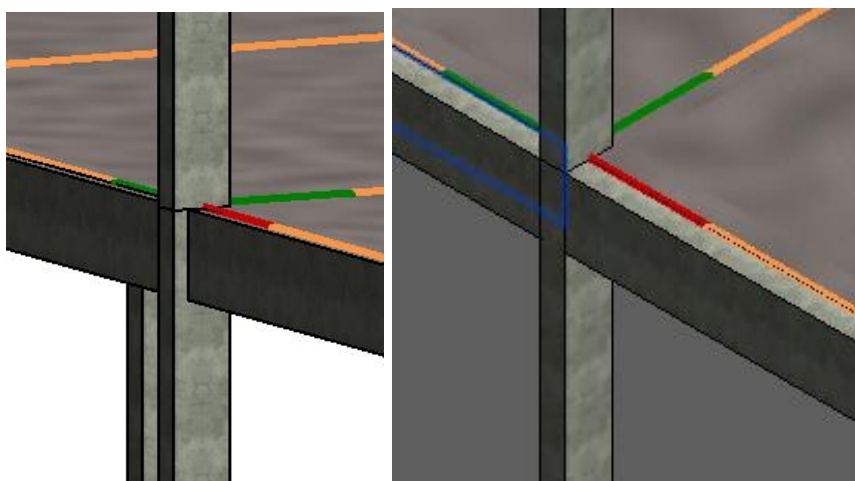
Figura 14 - Modelagem da escada no LOD300



Fonte: Os autores (2017)

Em comparação com o LOD200, no desenvolvimento do LOD300 as vigas e pilares foram alinhados para poder gerar um quantitativo mais preciso.

Figura 15 - Comparação do LOD200 onde as vigas e pilares não estava alinhados (Figura da esquerda) com o LOD300 com o alinhamento dos elementos (Figura da direita)



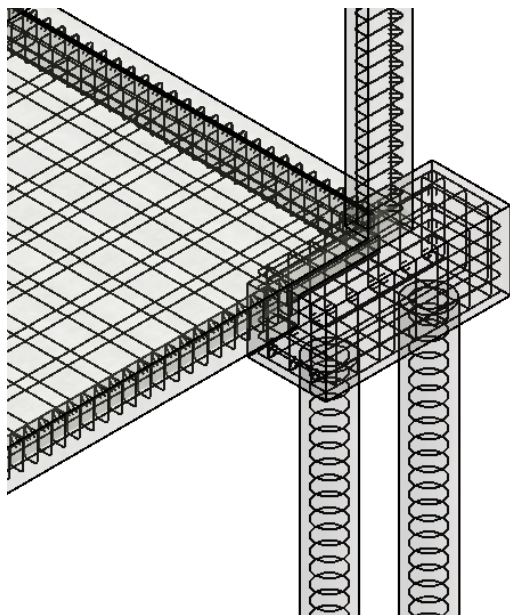
Fonte: Os autores (2017)

4.6 LOD400

No LOD400 os elementos da estrutura da edificação estão todos modelados corretamente, então nessa etapa é necessário modelar os elementos restantes para os documentos para a construção. Na modelagem foram definidos os reforços dos elementos de concreto armado.

Na figura 16 consta um exemplo da modelagem das armaduras referentes à locação da edificação. Com essa modelagem podemos extrair quantitativos precisos do concreto que será utilizado na obra, assim como também de toda a ferragem que será necessária.

Figura 16 - Modelagem das ferragens



Fonte: Os autores (2017)

5. CONCLUSÃO

A indústria AEC tem se desenvolvido com o surgimento de novas tecnologias, mas há uma dificuldade no processo de implantação da Metodologia BIM. Essa dificuldade tem relação com a gestão do nível de desenvolvimento no que se refere à inserção das informações dentro do modelo.

Para que o BIM seja implantado de forma eficiente, é necessária a compreensão da aplicação do Nível de Desenvolvimento. Com base na revisão bibliográfica, existem critérios padronizados para o auxílio do entendimento e desenvolvimento do LOD. Esses critérios norteiam os profissionais envolvidos, auxiliando na inserção de informações úteis em cada etapa do projeto, desde a concepção à manutenção do empreendimento já construído.

O desenvolvimento do presente trabalho permitiu averiguar que as referências bibliográficas apontam para uma compreensão singular sobre o conceito LOD, não havendo divergências quanto à necessidade da definição dos níveis de desenvolvimento do modelo.

Outra reflexão importante é de que há um aumento no esforço de modelação, assim também como o aumento de informações complexas dentro de um modelo conforme percorre os vários níveis de LODs. Esses esforços surgem da inserção de informações nos elementos e nas formas geométricas do modelo. Notou-se no estudo de caso a flexibilidade do modelo em sofrer alterações nos primeiros níveis de desenvolvimento, onde as mudanças não trazem riscos agravantes ao processo em comparação com as mudanças ocorridas no LOD 400 ou LOD 500.

O trabalho permitiu ainda concluir que, para todo processo de desenvolvimento do modelo deve haver planejamento e organização. Com isso o modelo se torna eficiente, atendendo a todas as necessidades de informação e visualização exigidas em cada etapa de desenvolvimento de um modelo BIM.

REFERÊNCIAS

LINO, J.C et al, **Integração da Metodologia BIM na Engenharia de Estruturas** 134f. Dissertação de mestrado em engenharia civil – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007.

SCHEER, S. et al, A **Utilização do BIM em projetos de construção**. Revista Ibero-americana de Engenharia Industrial, Florianópolis, vol. 1, n 2, p 24-42, dez 2009.

TARRAFA, Diogo Gonçalo Pinto. **Aplicabilidade prática do conceito BIM em projeto de estruturas**. 69f. Dissertação de mestrado em engenharia civil na especialidade de mecânica estrutural – Faculdade de Ciências e Tecnologia Universidade de Coimbra, Coimbra, 2012.

OLIVEIRA, Alisson. **BIM e os níveis de desenvolvimento**. Out. 2015. Disponível em: < <http://bimexperts.com.br/bim-e-os-niveis-de-desenvolvimento/>>. Acesso em: 18 jan. 2017

SILVA, Jorge Miguel Santos. **Os Princípios para o Desenvolvimento de Projetos com Recurso e Ferramenta BIM**. Dissertação de mestrado em Engenharia Civil – Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2013.

SUSTENTABILITY WORKSHOP, Autodesk. **Project Phases & Level of Development**. Disponível em: <https://sustainabilityworkshop.autodesk.com/buildings/project-phases-level-development>. Acesso em: 19 jan. 2017.