DIEGO RASTRELLI DE GUSMÃO DE FARIA

**Ferramenta informatizada de apoio à criação de documentos de
diretrizes para contratação de empreendimentos em BIM**

São Paulo

2018

DIEGO RASTRELLI DE GUSMÃO DE FARIA

**Ferramenta informatizada de apoio à criação de documentos de
diretrizes para contratação de empreendimentos em BIM**

Dissertação apresentada à Escola
Politécnica da Universidade de São Paulo
para obtenção do título de Mestre em
Ciências.

São Paulo

2018

DIEGO RASTRELLI DE GUSMÃO DE FARIA

**Ferramenta informatizada de apoio à criação de documentos de
diretrizes para contratação de empreendimentos em BIM**

Dissertação apresentada à Escola
Politécnica da Universidade de São Paulo
para obtenção do título de Mestre em
Ciências.

Área de Concentração: Inovação na
Construção Civil.

Orientador: Prof. Dr. Eduardo Toledo
Santos

São Paulo

2018

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Este exemplar foi revisado e corrigido em relação à versão original, sob responsabilidade única do autor e com a anuência de seu orientador.

São Paulo, _____ de _____ de _____

Assinatura do autor: _____

Assinatura do orientador: _____

Catálogo-na-publicação

Faria, Diego Rastrelli de Gusmão de

Ferramenta informatizada de apoio à criação de documentos de diretrizes para contratação de empreendimentos em BIM / D. R. G. Faria -- versão corr. -- São Paulo, 2018.
128 p.

Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Construção Civil.

1.BIM 2.Modelagem da informação da construção 3.Diretriz de contratação
I.Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Construção Civil II.t.

AGRADECIMENTOS

Meus agradecimentos vão para todos que participaram, das mais variadas formas, desta longa jornada.

À minha querida esposa Livia, cujo carinho e apoio incondicional foram vitais para me fazer seguir em frente.

Aos meus pais, Roberto e Celia, que sempre estimularam e prezaram pelo meu desenvolvimento acadêmico.

Ao amigo Marco, cuja participação ativa e contribuição teórica foram imprescindíveis para viabilizar este trabalho.

Ao amigo Leonardo, cujos conselhos e solidariedade deram força nova para que eu continuasse motivado.

Aos amigos Ivan e Priscila, que também cederam seu tempo e habilidades, minha profunda apreciação.

Aos parceiros Maicon, Eduardo e Fernando, cujo apoio e prontidão foram fundamentais para conclusão desta pesquisa.

Aos colegas de trabalho, suas contribuições foram as mais diversas e, sem dúvida alguma, muito relevantes para esta pesquisa.

Aos demais amigos e familiares, agradeço o apoio moral, por sempre serem solícitos e por respeitarem minha ausência em tantas ocasiões.

Finalmente, a todos os professores e professoras que compartilharam seu vasto conhecimento comigo e com os demais colegas. Em especial, ao Professor Toledo, que trilhou comigo todo este caminho e tanto contribuiu para este trabalho, tornando possível sua materialização na forma desta dissertação.

A todos vocês, meus mais profundos e sinceros agradecimentos.

RESUMO

Building Information Modeling (BIM), ou, no Brasil, Modelagem da Informação da Construção, auxilia em alguns dos principais desafios apresentados no cenário atual do mercado da construção civil nacional, como a redução de riscos e aumento da produtividade. Contudo, para que o BIM propicie esses benefícios, é necessário que existam padronizações e especificações de como sua utilização deve ser conduzida, quais são os usos esperados do modelo BIM, como as informações serão trocadas e quais informações os elementos do modelo devem conter. Para esta finalidade, são desenvolvidas diretrizes de contratação de empreendimentos em BIM, fundamentais para garantir o alinhamento entre contratante e contratadas em tudo o que tange à utilização do BIM no projeto. Utilizando-se a metodologia da pesquisa construtiva, foi realizada a análise bibliográfica de diretrizes de contratação BIM e a proposição de uma ferramenta de apoio à criação de diretrizes de contratação de empreendimentos em BIM para o mercado da construção civil nacional. A ferramenta proposta tem como principal objetivo facilitar a geração de diretrizes de contratação, usando como base referências difundidas para aplicação de processos BIM, mas também permitindo sua customização para melhor se adequar à realidade de cada contratante. Espera-se que a ferramenta apoie as empresas contratantes a vencer a barreira criada pela dificuldade de produzir sua própria diretriz, deixando mais claras as especificações para contratação, apoiando a implementação do BIM. Esta ferramenta foi avaliada em um caso teste, em duas rodadas, para avaliar sua aplicabilidade e aferir os resultados obtidos, tornando-a base para o desenvolvimento de outros documentos similares e para futuras pesquisas na área. A avaliação comprovou que a ferramenta foi capaz de operar dentro os limites de desempenho esperados, facilitando o processo de geração e consulta de uma diretriz, permitindo customização pelo usuário e alimentada por bases de conhecimento consolidadas.

Palavras-chave: Modelagem da Informação da Construção (BIM), Diretrizes BIM, Contratação em BIM, Normas BIM.

ABSTRACT

Building Information Modeling (BIM) may assist with some of the main challenges presented in the current state of the national civil construction industry, such as reducing risks and increasing productivity. However, for BIM to provide these benefits, the existence of standards and specifications is necessary, indicating what workflows should be followed, what are the expected uses, how the information will be exchanged and what properties should be included in the model. Therefore, contracting guidelines for BIM projects are developed, to ensure alignment between owner and providers in all matters related to the use of BIM in the project. Using the Constructive Research methodology, this research performed an analysis of BIM publications in countries with proven experience on successful project procurement and the proposition of a tool to support the creation of guidelines for the contracting of projects in BIM in the national civil construction market. The main objective of the proposed tool is to facilitate the generation of contracting guidelines, using well-known references on the application of BIM processes as basis, but also allowing their customization to better suit the reality of each contractor. It is expected that the tool supports contractors to overcome the barrier created by the difficulty of producing their own guideline, clarifying the specifications for contracting and supporting the implementation of BIM. This tool was evaluated in a test case, in two rounds, to assess its applicability and to gauge the obtained results, making it the basis for the development of other similar documents and for future research in the area. The evaluation proved that the tool was able to operate within the expected performance limits, facilitating the process of generation and consultation of a guideline, allowing customization by the user and fed by consolidated knowledge bases.

Keywords: Building Information Modeling (BIM), BIM Mandates, BIM Procurement, BIM Standards.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Comparação dos componentes da política do BIM entre 5 países da UE e Brasil...	35
Figura 2: Ambiente interativo de projeto do NBS BIM Toolkit.	41
Figura 3: Novo UMB sendo acrescentado ao projeto a partir da base de dados do <i>LOD Planner</i>	42
Figura 4: Configuração de ND em função das fases de projeto.	43
Figura 5: Diagrama expondo as características da pesquisa construtiva.....	45
Figura 6: Fluxo das etapas da Pesquisa Construtiva.....	47
Figura 7: Estrutura sistêmica da contratação em BIM.	49
Figura 8: Etapas de revisão para ampliar o entendimento do tópico estudado.....	50
Figura 9: Tipos de artefatos identificados.	51
Figura 10: Concepção do artefato.	55
Figura 11: Exemplo da diretriz gerada pela ferramenta.	56
Figura 12: UMB no ciclo de vida da edificação.....	62
Figura 13: Agregação dos NDs.....	69
Figura 14: Interface preliminar para os dados de entrada do usuário.	70
Figura 15: Interface preliminar para cadastro das informações de referência para a produção da diretriz.	70
Figura 16: Ambientes da primeira versão da ferramenta.	73
Figura 17: Diagrama de atividades da primeira versão da ferramenta.	74
Figura 18: Página inicial da ferramenta.....	75
Figura 19: Cadastro das informações gerais que irão compor a diretriz.	76
Figura 20: Seletores e botão de submissão para geração das diretrizes.	77
Figura 21: Exemplo da exibição da consulta da diretriz.	77
Figura 22: Exemplo do desmembramento do UMB selecionado na matriz.	78
Figura 23: Página de administração da ferramenta.	79
Figura 24: Inclusão/alteração de elementos no banco de dados.	80
Figura 25: Ambientes da segunda versão da ferramenta.	81
Figura 26: Diagrama de atividades da primeira versão da ferramenta.	82
Figura 27: Atribuição de responsáveis aos elementos que comporão a diretriz.....	83

Figura 28: Cadastro de responsáveis no banco de dados.	83
Figura 29: Exemplo de duas opções diferentes de filtro da diretriz gerada.	84
Figura 30: Exemplo da diretriz de modelagem e requisitos de informação de um elemento na diretriz da CPTM.	89

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Exemplo dos diferentes NDs de um elemento do modelo.....	27
Tabela 2: Comparação dos UMB da diretriz da companhia do caso teste com os UMB padrão da ferramenta.....	91
Tabela 3: Comparação das fases do empreendimento estabelecidas na diretriz da companhia do caso teste com as incluídas como padrão na ferramenta.	92
Tabela 4: Comparação das características da diretriz da companhia do caso teste com as incluídas como padrão na ferramenta.	92

GLOSSÁRIO DE SIGLAS

4D – Simulação da construção

AIA – American Institute of Architects

BIM – Building Information Modeling

CPTM – Companhia Paulista de Trens Metropolitanos

EAP – Estrutura Analítica de Projeto

GED – Gestão Eletrônica de Documentos

HTML – Hypertext Markup Language

IFC – Industry Foundation Classes

MVD – Model View Definitions

NBP – Noteworthy BIM Publication

ND – Nível de Desenvolvimento

PEB – Plano de Execução BIM

SQL – Structured Query Language

UMB – Uso do Modelo BIM

VBA – Visual Basic for Applications

SUMÁRIO

1	Introdução.....	19
1.1	Objetivo geral	22
1.2	Objetivos específicos.....	22
2	Fundamentação teórica	24
2.1	Aprofundamento do conhecimento no BIM.....	24
2.1.1	Usos do Modelo BIM	25
2.1.2	Nível de desenvolvimento.....	26
2.1.3	Plano de execução BIM	31
2.2	Diretrizes de contratação de projetos em BIM.....	34
2.3	Publicações de referência para contratação em BIM	39
2.4	Ferramentas interativas de apoio à criação de diretrizes.....	40
3	Método de pesquisa	44
3.1	Identificação do problema	48
3.2	Conscientização do problema	48
3.3	Revisão da literatura	50
3.4	Identificação dos artefatos e configuração das classes de problemas.....	51
3.5	Proposição de artefatos para resolução do problema	53
3.6	Projeto do artefato selecionado	54
3.7	Desenvolvimento do artefato	57
3.8	Avaliação do artefato	57
3.9	Explicitação das aprendizagens.....	59
3.10	Conclusões.....	59
3.11	Generalização para uma classe de problemas.....	59
3.12	Comunicação dos resultados	60

4	Resultados.....	61
4.1	Definição dos UMB.....	61
4.2	Definição das referências e agregação de NDs.....	67
4.3	Desenvolvimento da primeira versão do artefato.....	70
4.4	Alterações realizadas na segunda versão do artefato.....	80
5	Avaliação da ferramenta.....	85
5.1	Estruturação do caso teste.....	85
5.2	Características da empresa do caso teste.....	86
5.2.1	Características da diretriz de contratação da empresa.....	87
5.3	Avaliação da primeira versão da ferramenta.....	90
5.4	Avaliação da segunda versão da ferramenta.....	98
6	Conclusão.....	100
7	Referências bibliográficas.....	103
	APÊNDICE A – Diretrizes de modelagem geradas pela ferramenta informatizada.....	109
	APÊNDICE B – Requisitos de informações mínimas gerados pela ferramenta informatizada...	114
	ANEXO A – Diretrizes da empresa do caso teste.....	122

1 Introdução

Na edição de 2016 do ConstruBusiness, evento promovido pelo Departamento da Indústria da Construção da FIESP (DECONCIC) e um dos principais fóruns de discussão de políticas públicas para a cadeia produtiva da construção, o foco foi a apresentação de cenários para o crescimento e aumento da competitividade no setor. Para tanto, foram indicadas as necessidades de reduzir imprevisibilidades e aumentar a produtividade, além da importância do planejamento, controle de custos e cumprimento de prazos, dentre outros, para garantir um fluxo de obras contínuo no país (FIESP, 2016a). Neste contexto, a Modelagem da Informação da Construção contempla ferramentas que auxiliam na melhora de todos esses indicadores, ao longo de todo o ciclo de vida do projeto (EASTMAN et al., 2014; FIESP, 2016b).

Isto não passa despercebido pela indústria da construção civil, visto que é nítida a evolução da utilização do BIM no setor, no Brasil e no mundo, demonstrado pelo crescimento consistente de sua aplicação nos últimos anos (MCGRAW-HILL CONSTRUCTION, 2014; SILVA, 2015). Contudo, apenas a utilização de ferramentas BIM não garante a obtenção de resultados positivos, tanto em termos de produto final quanto financeiramente, uma vez que o modelo gerado pode não ter sido desenvolvido de forma a permitir todas as atividades que se esperava desenvolver com ele (EASTMAN et al., 2014; SOUZA; AMORIM; LYRIO, 2009). Em pesquisa, a McGraw-Hill Construction (2014), que vem avaliando extensivamente a utilização do BIM desde 2007, identificou que o Brasil está utilizando o BIM em níveis altos de implementação (60% ou mais dos projetos) em 73% das empresas que responderam ao seu questionário. Contudo, essa utilização cresceu abruptamente num curto espaço de tempo, criando um cenário de muitas empresas novas ingressando na metodologia e, conseqüentemente, com menos experiência na sua aplicação. O BIM ainda é uma inovação no mercado da construção civil nacional, restrito em boa parte ao mercado de projetos de Arquitetura e Engenharia e, recentemente, se expandindo para o da Construção.

O fato do conceito BIM ser amplo e ser utilizado de diferentes formas contribui ainda mais para a necessidade de padronizações. Atualmente, já podem ser apontados mais de 120 diferentes usos do BIM (BIM EXCELLENCE, 2016) mas, de forma simplificada, serão considerados neste trabalho seus usos mais corriqueiros, que são: análises, estimativas de custo, planejamento 4D (simulação da construção), coordenação, documentação e

gerenciamento de ativos. Estes objetivos estão alinhados com o documento *The Uses of BIM: Classifying and Selecting BIM Uses*, da Penn State University (KREIDER; MESSNER, 2013) e também com o Manual de BIM (EASTMAN et al., 2014).

Conforme o BIM difunde-se no país, tornam-se necessárias definições mais claras do que se espera obter com sua utilização, visto que o BIM pode atender todas as fases do ciclo de vida da construção. Nos países pioneiros na utilização do BIM, ficou claro que, conforme o nível de maturidade das implantações aumenta, cada vez mais o foco é a definição de normas, padrões e procedimentos para potencializar os benefícios associados ao uso de processos BIM (MCGRAW-HILL CONSTRUCTION, 2014; SMITH, 2014). Dodge Data & Analytics (2015) aponta que, dentre os fatores mais críticos para o sucesso do BIM, estão a existência de um plano de execução BIM e aplicação de normas e padrões de utilização da metodologia. Além disso, identificou-se que o maior impulso para a adoção do BIM é a definição, por órgãos governamentais, destas normas apontando as diretrizes e padronizações exigidas na utilização da metodologia (SMITH, 2014). Dessa forma, evita-se que ocorram esforços de padronizações fragmentadas, direcionando as iniciativas e fomentando a implementação do BIM no mercado. Dentre os principais motivos encontrados para a não utilização do BIM estão a falta de entendimento interno (na empresa) do BIM, falta de documentação específica apontando os benefícios, indefinição dos papéis/mudança de papéis dos participantes causada pela introdução do BIM num projeto, evidenciando a falta de documentação para guiar o uso da metodologia (MCGRAW-HILL CONSTRUCTION, 2009).

Estão disponíveis guias de referência para criar tais padronizações, geralmente na forma de um formulário em branco, para que o gerente BIM possa preenchê-lo de acordo com as necessidades individuais dos projetos. No entanto, isso mostra-se bastante oneroso, uma vez que as decisões sobre as diretrizes de modelagem e informações dos elementos de modelo devem ser feitas para cada elemento / categoria, para cada uso do modelo BIM, em cada fase do empreendimento. Se um gerente do BIM não tiver experiência suficiente (uma situação bastante comum em países que iniciaram a adoção de BIM em larga escala apenas recentemente), provavelmente negligenciará esse passo ou o desenvolverá levemente, devido à grande quantidade de tempo que leva para entender e criar tais diretrizes (BERLO et al., 2014).

Uma das iniciativas mais proeminentes de BIM, o *BIM framework*, definiu uma estratégia para identificação e avaliação de publicações notáveis de BIM (*noteworthy BIM publications*, ou NBPs), que são documentos que promovem o entendimento de BIM, regulam a implementação de BIM ou definem requisitos para utilização do BIM. Elas contêm conhecimento específico BIM e representam um esforço substancial no domínio do BIM (SUCCAR, 2009; KASSEM; SUCCAR; DAWOOD, 2015).

As NBPs foram categorizadas em uma taxonomia que “auxilie na implementação de BIM e melhore fluxos de trabalhos e entregáveis em todo o ciclo de vida da construção” (KASSEM; SUCCAR; DAWOOD, 2015, p. 330, tradução do autor), evidenciando mais uma vez a relevância do desenvolvimento deste tipo de documento. As NBPs são divididas nos seguintes tipos:

- Guias: documentos **descritivos** e **opcionais**. Apresentam informações de produtos alcançados usando metodologia BIM, estudos de caso, relatórios e pesquisas, entre outros;
- Protocolos: documentos **prescritivos** e **opcionais**. Apontam uma série de passos ou tarefas necessárias para se atingir determinados objetivos, mas não são obrigatórios como as diretrizes;
- Diretrizes BIM (*BIM mandates*): **prescritivos** e **ditados por uma autoridade**. Definem regras muito claras do que deve ser entregue e, às vezes, de como deve ser entregue, quando e por quem deve ser entregue.

Neste trabalho são analisados guias, protocolos e diretrizes BIM, para melhor entender as características necessárias para uma diretriz de contratação de projetos em BIM. Uma vez realizada esta análise, o resultado é utilizado como base para desenvolver uma ferramenta interativa que auxilie o usuário no processo de desenvolvimento da sua própria diretriz. Esta ferramenta deve facilitar o processo de geração da diretriz de contratação e permitir sua customização, para melhor se adequar às necessidades de cada contratante.

Sendo assim, as justificativas para o desenvolvimento deste trabalho são:

1. Oferecer ao mercado uma ferramenta que facilite a criação de diretrizes de contratação BIM (*BIM Mandates*) adequados a cada empreendimento;
2. Apenas a utilização de ferramentas BIM não garante a obtenção de resultados positivos (EASTMAN et al., 2014; SOUZA; AMORIM; LYRIO, 2009);

3. Dentre os fatores mais críticos para o sucesso do BIM, estão a existência de um plano de execução BIM e aplicação de padrões de utilização da metodologia (DODGE DATA ANALYTICS, 2015);
4. A grande dificuldade de criar tais padronizações para utilização do BIM, em especial para empresas que estão iniciando o processo de adoção e ainda não possuem conhecimento aprofundado dos possíveis Usos do Modelo BIM em cada fase do projeto (BERLO et al., 2014).

Por meio da avaliação das NBP voltadas à contratação de empresas em países com processos bem definidos para utilização da processos BIM este trabalho se propõe a responder à seguinte pergunta: qual a estrutura dos protocolos e das diretrizes BIM utilizados para contratação de projetos, adotados em países com alta atividade em BIM, e como aplicá-los efetivamente numa ferramenta que facilite a criação de documentos de Diretrizes BIM adequados para empreendimentos de base imobiliária nacionais? Portanto, são buscadas, nas NBPs, boas práticas para a implementação de processos BIM, premissas e objetivos do uso do BIM para cada fase do ciclo de vida, padronizações, dentre outras, sempre visando uma maior abrangência desta ferramenta.

1.1 Objetivo geral

Embasado nas justificativas apontadas na seção anterior, este trabalho visa atingir o seguinte objetivo: apoiar a contratação de empreendimentos desenvolvidos na metodologia BIM para o mercado da construção civil nacional, por meio de uma ferramenta para geração de documentos de diretrizes BIM.

Através desta ferramenta, espera-se auxiliar as contratantes para que especifiquem com precisão o que esperam de suas subcontratadas, fomentando implementações cada vez mais sólidas e aprofundadas do processo BIM.

1.2 Objetivos específicos

Alinhados com o objetivo geral, os objetivos específicos deste trabalho são os descritos a seguir:

- Levantamento e análise das características de guias, protocolos e diretrizes BIM que são utilizados com sucesso nos países pioneiros no desenvolvimento de diretrizes para contratação de empreendimentos em BIM;
- Identificação e detalhamento dos itens comuns entre tais publicações;
- Levantamento na literatura dos Usos do Modelo BIM mais comumente aplicados em projetos que utilizam a metodologia BIM;
- Explicitação do Nível de Desenvolvimento, das Informações Mínimas e das diretrizes de modelagem necessárias para atingir determinados Usos do Modelo BIM;
- Tradução de bases de conhecimento internacionais que fazem parte do banco de dados da ferramenta;
- Desenvolvimento de ferramenta que permita a geração de diretrizes em função dos Usos do Modelo e das Fases do Empreendimento;
- Avaliação da ferramenta através de caso teste.

2 Fundamentação teórica

Neste capítulo estão expostos os estudos que sustentam teoricamente os conteúdos abordados nesta dissertação. A fundamentação está dividida em 4 grandes grupos:

1. Aprofundamento inicial visando a exploração da metodologia BIM no Brasil e no mundo, buscando estabelecer os alicerces das diretrizes de contratação de projetos em BIM;
2. Revisão de guias, protocolos e diretrizes de contratação de empreendimentos em BIM de países com maior maturidade nesta atividade, para comparar as estratégias adotadas no desenvolvimento destes documentos;
3. Revisão de guias, protocolos e diretrizes que explicitem claramente os requisitos de geometria e informação dos elementos de modelo, em função dos Usos de BIM desejados e das fases de evolução do empreendimento, com intuito de embasar a seleção do mais adequado para ser referência do artefato proposto por este trabalho;
4. Revisão de ferramentas interativas de apoio a criação de diretrizes, com intuito de verificar a abordagem utilizada em ferramentas similares ao artefato proposto.

Após a realização das revisões indicadas, é possível definir a relevância deste trabalho e identificar como ele se diferencia das demais publicações e ferramentas disponíveis.

2.1 Aprofundamento do conhecimento no BIM

Foram buscadas publicações que permitissem o entendimento claro da utilização do BIM, de forma a criar os alicerces necessários para o desenvolvimento da pesquisa. Além das publicações mais emblemáticas, como é o caso do Manual de BIM (EASTMAN et al. 2014) e os diversos artigos que compõem o BIM Framework (SUCCAR, 2009), foram buscadas táticas de implementação da metodologia BIM nas bases de pesquisa, por meio das palavras chave “BIM framework”, “BIM implementation”, “BIM mandates” e “BIM guidelines”.

Também foram analisados guias, protocolos e outras publicações relacionadas ao BIM da iniciativa nacional, como foi o caso da Coletânea Guias BIM da Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI, 2018), da Coletânea Implementação do BIM Para

Construtoras e Incorporadoras, patrocinado pela CBIC (CBIC, 2016) e os Guias BIM da ASBEA (ASBEA, 2015). Tais publicações auxiliaram na criação do panorama geral do BIM no Brasil.

A seguir, serão detalhados alguns conceitos considerados de extrema relevância para o entendimento adequado da metodologia BIM, a partir dos quais será possível o aprofundamento para os níveis posteriores da fundamentação teórica.

2.1.1 Usos do Modelo BIM

Nesta seção, estão descritos em maior detalhe os principais Usos do Modelo e suas principais características, com base nas referências de CIC Research Program (2011), Eastman et al. (2014) e Succar (2015), além das experiências do autor. Um “Uso do Modelo BIM”, que será designado como UMB neste trabalho, pode ser descrito como *“Os entregáveis do empreendimento pretendidos ou esperados a partir da criação de modelos, da colaboração sobre eles e sua ligação a bancos de dados externos. Um uso do modelo representa as interações entre um usuário e um sistema de modelagem para gerar entregáveis derivados do Modelo. Há dezenas de Usos do Modelo, incluindo Detecção de Interferências, Estimativa de Custo e Gestão do Espaço”* (BIM DICTIONARY, 2018). O fato do BIM ser amplo e poder ser utilizado de diferentes formas contribui ainda mais para a necessidade de padronizações. Contudo, é necessário o entendimento de quais são os Usos possíveis e a dificuldade de sua aplicação antes de decidir quais deles serão requisitados num projeto. Em pesquisa recente, foram identificados mais de 120 diferentes UMB (BIM EXCELLENCE, 2016), mas, no âmbito nacional, a utilização ainda é muito restrita.

Segundo pesquisa realizada em 2014 (MCGRAW-HILL CONSTRUCTION, 2014), a maior parte dos respondentes brasileiros indicaram que os UMB mais comuns são os de detecção de interferências, planejamento 4D e extração de quantitativos. Esses são normalmente os UMB mais amplamente utilizados e, conforme o mercado ganha maturidade para trabalhar e contratar na metodologia BIM, evolui para UMB mais complexos.

A identificação adequada dos UMB que se deseja desenvolver num dado projeto é fator chave para garantir seu sucesso, visto que é preciso saber quais são os requisitos de modelagem e informação ao se iniciar o trabalho em BIM. O fluxo de informações precisa estar moldado para garantir que determinados UMB sejam facilitados, ou até possíveis. Ainda é comum encontrar no mercado situações em que se opta por determinados UMB, ou

simplesmente negligencia-se esta especificação e, chegada a hora de extrair os entregáveis, o resultado não pode ser obtido, ou torna-se necessário um retrabalho enorme no modelo, inviabilizando determinado UMB. Por exemplo, caso seja de interesse do contratante realizar a atividade de planejamento 4D, é preciso que o modelo seja desenvolvido segundo a metodologia construtiva que será aplicada, caso contrário, o contratante precisará retrabalhar extensivamente o modelo para realizar a atividade (DANTAS FILHO et al., 2015; DURANTE et al., 2015).

2.1.2 Nível de desenvolvimento

O conceito de Nível de Desenvolvimento (ND), do inglês *Level of Development* (LOD), surgiu em 2004, introduzido pela Vico Software com o nome de *Model Progression Specification*, ou Especificação de Progressão de Modelo, como o intuito de facilitar o gerenciamento de informações num Modelo BIM (BOLPAGNI, 2016). Ao longo dos anos, o conceito foi reutilizado de diversas formas por diferentes organizações, em busca de padronizar e garantir a confiabilidade nos dados presentes em um modelo BIM. O conceito que mais se destacou foi o cunhado pelo AIA (American Institute of Architects) em 2008, no protocolo E202, que batizou os chamados *Level of Development*, numa escala 100 a 500 (AIA, 2013a). Este foi aprimorado pelo BIMForum e consolidado no documento *Level of Development Specification (LOD Spec)*, atualizado anualmente desde 2013, que é referência para algumas diretrizes de âmbito nacional, como é o caso de Austrália e Cingapura, por exemplo (BIMFORUM, 2016; BOLPAGNI, 2016). O conceito também pode ser modificado e adaptado, como é o que acontece com a diretriz britânica – PAS 1192-2 (BSI, 2013) – e a neozelandesa – *New Zealand BIM Handbook* (BCPP, 2014) – servindo um propósito similar, mas moldado para a necessidade específica do contratante. O ND também é uma forma de reduzir ambiguidades que surgem na transmissão de informações pelo autor do projeto para outras pessoas, visto que o caráter tridimensional do modelo BIM pode causar a impressão de que as informações são definitivas, quando na verdade são fruto de uma evolução contínua (BIMFORUM, 2017).

O *LOD Spec* define os níveis numa escala incremental de 100 (conceitual) a 500 (*as-built*) para os diversos elementos de modelo, sendo que um nível superior sempre acrescenta, ou

amadurece, a informação já presente num nível inferior. O conceito base por trás de cada um dos itens da escala é descrito pelo *LOD Spec* conforme a lista a seguir:

100. Elementos não têm representação geométrica tridimensional vinculada com a realidade. Podem ser apenas informações vinculadas a outros elementos de modelo ou simbologias que demonstrem a existência do elemento. Qualquer informação vinculada deve ser considerada aproximada.

200. Elementos ou montagens são representados de forma genérica, com quantidades, dimensões, forma, posição e orientação aproximadas e informação não gráfica pode estar vinculada ao objeto. Qualquer informação vinculada deve ser considerada aproximada.

300. Elementos ou montagens são representados de forma específica, com quantidades, dimensões, forma, posição e orientação conforme projetado. Informação não gráfica pode estar vinculada ao objeto.

350. Similar ao 300, mas com a adição de elementos de interface entre sistemas que permitam a coordenação do elemento com os demais do modelo (ex.: suportes de equipamentos e furações em membros estruturais para passagem de tubos).

400. Elementos ou montagens são representados de forma específica, com quantidades, dimensões, forma, posição e orientação conforme projetado, contemplando também informações de detalhamento, fabricação e montagem para instalação do elemento. Informação não gráfica pode estar vinculada ao objeto.

500. Elementos são uma representação exata (verificada em campo) em termos de quantidades, dimensões, forma, posição e orientação. Informação não gráfica pode estar vinculada ao objeto. Este item é uma confirmação do ND 400, de que o elemento modelado e as informações vinculadas correspondem ao que está instalado em campo.

A Tabela 1 mostra um exemplo da evolução dos NDs de um elemento de modelo.

Tabela 1: Exemplo dos diferentes NDs de um elemento do modelo.

ND	Descrição	Imagem
100	Estimativas para todos os sistemas de escadas (incluindo corrimãos, escadas para saída de emergência, acessos de	N/A

ND	Descrição	Imagem
	<p>passarelas e escadas marinho) são incluídas em outros elementos modelados como elemento espacial ou massa;</p> <p>OU</p> <p>Modelo esquemático que indique as dimensões gerais aproximadas do sistema de escadas.</p>	
200	<p>Modelo genérico com pisos e espelhos simplificados</p> <p>A modelagem geral da unidade deve incluir:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Dimensões nominais de planta (largura, comprimento) • Dimensões nominais verticais (níveis, patamares)
300	<p>Principais elementos de suporte devem ser modelados (banzos).</p> <p>Pisos e degraus modelados para indicar especificações de bocel.</p>	

ND	Descrição	Imagem

350	Elementos secundários de fixação devem ser modelados.
400	Todos os elementos da escada devem ser modelados para possibilitar a fabricação e instalação.	

ND	Descrição	Imagem

Fonte: Adaptado de BIMForum, 2016.

O *LOD Spec* ainda conceitua uma importante questão que surge na busca da padronização do conteúdo inserido no modelo BIM: Nível de Detalhe. O Nível de Detalhe é utilizado para definir o grau de detalhamento gráfico num dado elemento de modelo. Já o Nível de Desenvolvimento, aprofunda este conceito para definir a confiabilidade dos dados incluídos no elemento. Por exemplo, se a especificação prevê que determinado elemento esteja em ND 300 em determinada entrega, apenas os dados que estão contemplados neste nível podem ser utilizados com confiabilidade, por mais que existam dados correspondentes a um ND superior (por exemplo, detalhes sobre a interface do elemento com outros sistemas). Também é comum ver a utilização da designação LOI (*Level of Information*), para tratar somente das informações necessárias nos elementos de modelo, sem considerar as diretrizes de modelagem dos mesmos. O conceito de Nível de Desenvolvimento engloba ambos.

Desta forma, a especificação do ND é uma das definições mais importantes para garantir que os UMB sejam atingidos com sucesso, visto que é o responsável por definir as características geométricas e de informação dos elementos do modelo. Contudo, cada UMB tem diferentes necessidades em termos de ND. Por exemplo, a atividade de Coordenação e revisão de projeto, na qual é conduzida a detecção de interferências, necessita de informações geométricas precisas, mas só de determinadas informações dos elementos; já a

atividade de Operação e manutenção demanda muito mais informações dos elementos dos modelos que detalhe geométrico – muitas vezes sequer necessitam da existência de qualquer geometria.

2.1.3 Plano de execução BIM

Para garantir que todas as partes envolvidas no desenvolvimento e na utilização do modelo BIM estejam em sintonia, é preciso que as principais orientações de trabalho de um projeto estejam claramente expostas e sejam acessíveis por todas as partes envolvidas. Esta é a principal atribuição do documento designado Plano de Execução BIM, que é de grande relevância para o estabelecimento da metodologia BIM com sucesso (CIC RESEARCH PROGRAM, 2011).

De forma sucinta, o Fascículo 2 do Guia BIM da ASBEA (ASBEA, 2015) define que as principais funções do Plano de Execução BIM são:

- Descrever os objetivos de cada equipe e suas expectativas com a utilização desse processo;
- Definir os usos aplicados aos modelos;
- Identificar os requisitos dos projetos em BIM;
- Definir as equipes;
- Estabelecer os procedimentos de colaboração;
- Desenhar o fluxograma e marcos das atividades com BIM;
- Estabelecer os procedimentos de controle da qualidade do modelo;
- Definir quais e com qual grau de profundidade serão os produtos extraídos dos modelos BIM (entregáveis).

O conceito do Plano de Execução BIM (PEB), do inglês *BIM Execution Plan* (BEP), foi inicialmente detalhado pelo guia da Pennsylvania State University, que é fornecido gratuitamente pelo seu site, em conjunto com o guia principal (CIC RESEARCH PROGRAM, 2011). Ele serve de referência para indicar as informações mais relevantes na utilização do BIM no empreendimento, indica os UMB desejados e diretrizes de utilização do BIM em diversas fases do processo, mas é totalmente aberto para alterações em função dos padrões da companhia ou às necessidades específicas de dado empreendimento. A estrutura do PEB da Penn State apresenta os itens listados a seguir:

- A. Visão geral do PEB:** introdução da necessidade de utilização do documento e sua importância.
- B. Informação do projeto:** informações gerais do projeto, como nome, localização, tipo de contrato, números e códigos de contrato e cronograma geral de entregas.
- C. Principais contatos do projeto:** contatos mais importantes de pessoas chave envolvidas no projeto, como gerentes, coordenador BIM (*BIM manager*) e responsáveis por disciplinas ou pela coordenação em BIM de uma subcontratada.
- D. Objetivos do projeto/Usos do modelo BIM:** definição do intuito da adoção de BIM no projeto, além dos UMB que precisam ser realizados.
- E. Papéis e responsabilidades:** definição dos papéis envolvidos e suas respectivas responsabilidades no processo BIM. Informações adicionais como tamanho da equipe envolvida, número de homens/hora estimados para atingir determinado Uso do Modelo selecionado no item D devem estar explicitadas para aumentar a transparência entre todas as partes.
- F. Processo de projeto em BIM:** detalhamento por meio de fluxogramas das tarefas envolvidas na aplicação de um determinado Uso do Modelo apontado na seção D.
- G. Trocas de informações em BIM:** detalhamento claro das informações mínimas necessárias e responsáveis por elas em função das disciplinas, ou até por categorias de elementos do modelo. Neste item também deve estar contemplado o ND necessário de cada categoria de elementos em função dos UMB, caso isto não tenha sido especificado em nenhum outro documento.
- H. Dados específicos da contratante:** caso a contratante exija um conjunto de informações específicas para seu fluxo de trabalho, eles devem estar detalhados nesse item, para garantir que todas as partes tenham conhecimento de que, além das propriedades base, estas também serão exigidas e verificadas no modelo BIM (ex.: código da EAP da contratante).
- I. Procedimentos de colaboração:** definição dos procedimentos de colaboração, comunicação, sistemas de troca de arquivo e periodicidade da atualização de modelos BIM e suas informações vinculadas. As principais tarefas que serão conduzidas ao longo do desenvolvimento do projeto também devem estar detalhadas neste item, incluindo responsáveis, local de execução e periodicidade. Por exemplo, a tarefa de Revisão de Modelo, cujo responsável é o colaborador P, terá duração de X horas e acontecerá semanalmente na empresa X, com a participação das equipes A, B e C.

J. Controle de qualidade: detalhamento dos procedimentos de verificação que serão aplicados no modelo, associados aos seus objetivos, responsáveis e aplicativos utilizados. Devem também ser explicitadas as precisões e tolerâncias exigidas pela contratante.

K. Requisitos tecnológicos e de infraestrutura: listagem dos aplicativos, e suas respectivas versões, utilizadas no processo de projeto BIM, para cada tipo de entrega necessária. Podem também estar definidos os requisitos de *hardware* e arquivos de referência (ex.: repositório de elementos modelados e *templates* fornecidos ou tabela de referência de EAP da contratante.)

L. Estrutura do modelo: convenção de nomenclatura dos arquivos, sugestão/exigência de divisão dos modelos BIM, definição do sistema de coordenadas utilizado e padrões de representação gráfica exigidos pela contratante.

M. Entregáveis do projeto: listagem dos arquivos de entrega com formato (extensão) e versão definidos.

N. Estratégia de entrega/Contrato: estratégias para seleção de equipe e contratação para projetos futuros.

O. Anexos: tabelas e documentos de referência utilizados no PEB.

Esta estrutura serve de guia para muitas outras diretrizes e pode ser nomeada de forma diferente, como Project BIM Brief (NATSPEC, 2011), Information Requirements (CIC, 2013), Project Digital Data Protocol Form (AIA, 2013b), entre outras designações.

Como um exemplo real, pode ser citado o PEB utilizado pela Companhia Paulista de Trens Metropolitanos (CPTM, 2017) nas suas licitações em BIM, que contém os seguintes itens:

- Informações de projeto: informações gerais de identificação do projeto, como nome, descrição, número do contrato, entre outras;
- Responsáveis: informações de contato pelos responsáveis pelos modelos BIM em cada uma das empresas contratadas e da CPTM;
- Fluxo de atividades: definição de macro-fluxos de atividades entre a contratada e a CPTM, em todas as fases cobertas pelo contrato;
- Coordenação e revisão: descrição dos procedimentos que serão usados para coordenação e revisão do modelo BIM;
- Aplicativos: listagem de todas as aplicações que serão usadas em cada disciplina do projeto, juntamente com as suas versões e usos;

- Controle de qualidade: descrição da estratégia que será usada para garantir o controle de qualidade do modelo BIM;
- Plano de trabalho e divisão dos modelos: descrição de como será feita a divisão dos modelos (ex.: por edificação, extensão, área, nível, disciplina, etc.);
- Nomenclatura dos arquivos: listagem dos nomes dos arquivos dos modelos que serão desenvolvidos;
- Sistema de coordenadas: definição do sistema de coordenadas que deverá ser utilizado para o projeto e, caso seja necessário usar coordenadas locais no projeto, as informações do sistema de coordenadas locais;
- Cronograma físico-financeiro: cronograma de projeto BIM indicando as atividades e suas interdependências, incluindo periodicidade das reuniões de avaliação do estágio de atualização do modelo BIM.

2.2 Diretrizes de contratação de projetos em BIM

As publicações analisadas neste nível tiveram o intuito de produzir um entendimento claro sobre as similaridades entre os guias, protocolos e diretrizes de utilização da metodologia BIM, em países com alto índice de estruturação – traduzidos na própria existência de diretrizes nacionais – para contratação de empreendimentos em BIM.

A Figura 1, retirada da publicação “Building Information Modeling no Brasil e na União Européia” (KASSEM, AMORIM; 2015), mostra a comparação de componentes da política BIM, proposta inicialmente por Succar (SUCCAR, 2014), de alguns países da União Europeia, em relação ao Brasil. Esta análise permite visualizar o nível de maturidade do país na implementação do BIM de forma geral, sendo o item mais relevante para este trabalho a existência de “Padrões, protocolos e guias”. Os países são Reino Unido (RU), França (FR), Holanda (HO), Finlândia (FI) e Noruega (NO), sendo que destes, a França apresenta níveis mais baixos de maturidade e, portanto, não foi incluída na comparação detalhada posteriormente nesta seção.

Figura 1: Comparação dos componentes da política do BIM entre 5 países da UE e Brasil.

		PAÍS						
		RU	FR	HO	FI	NO	BR	
Componentes da política do BIM	Estratégia, visão e marco							NÃO EXISTENTE
	Padrões, protocolos e guias							
	Motivadores e promotores							INICIADO
	Resultados padronizados							
	Marco regulatório							DESENVOLVIMENTO EM ANDAMENTO
	Medidas e otimização							
	Educação e aprendizado							BEM DESENVOLVIDO
	Infraestrutura de tecnologia*							

Fonte: Kassem e Amorim (2015).

A comparação proposta neste nível da pesquisa foi apresentada no Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, na edição de 2016 (FARIA et al., 2016). As publicações analisadas estão apresentadas no Quadro 1:

Quadro 1: Guias, protocolos e diretrizes comparados.

Identificação	Título do documento	País / Referência
[FIN]	COBIM - Common BIM Requirements	Finlândia (HENTTINEN, 2012)
[DIN]	BIPS 3D Working Method	Dinamarca (BIPS, 2007)
[NOR]	Statsbygg Building Information Modelling Manual - Version 1.2.1 (SBM1.2.1)	Noruega (STATSBYGG, 2013)
[HOL]	Rgd BIM Standard	Holanda (VAN RILLAER et al., 2012)
[REI]	Building Information Model (BIM) Protocol - Standard Protocol for use in projects using Building Information Models, CIC/BIM ProFirst Edition 2013	Reino Unido (CIC, 2013)
[EUA1]	National BIM Standard-United States Version 3	EUA (BSA, 2015)
[EUA2]	AIA Document E203: Building Information Modeling and Data Exhibit	EUA (AIA, 2013a)
[EUA3]	BIM Project Execution Planning Guide and Templates – Version 2.1	EUA (CIC RESEARCH PROGRAM, 2011)
[AUS]	NATSPEC National BIM Guide	Austrália (NATSPEC, 2011)
[NZ]	New Zealand BIM Handbook	Nova Zelândia (BIM ACCELERATION COMMITTEE, 2014)
[CIN]	Singapore BIM Guide – v2	Cingapura (BCA, 2013)
[HK]	CIC Building Information Modelling Standards Draft 6.1	Hong Kong (HONG KONG CIC, 2015)

Fonte: Faria et al., 2016.

As publicações buscam padronizar a utilização de processos demasiadamente amplos, que é o caso do BIM, numa convergente focal do que as contratantes que o produziram de fato necessitam. Contudo, as diretrizes de contratação destacam-se dos guias e protocolos por apresentar especificações ainda mais claras das informações e da forma que elas devem estar contidas nos entregáveis. A PAS 1192 descreve uma diretriz como um método para o desenvolvimento, organização e gerenciamento de informações de produção para o setor de construção. Para este fim, estabelece um processo disciplinado de colaboração e uma política de convenções de nomenclaturas comuns e abordagens para o trabalho colaborativo para uso em arquitetura, engenharia e construção (BSI, 2013). O documento de diretriz deste trabalho tem maior foco em especificar o desenvolvimento e a organização de informações para produção de modelos BIM.

Sendo assim, são especificados os UMB esperados dos modelos, padrões exigidos, diretrizes de modelagem, entre diversos outros aspectos, com intuito de balizar o uso do BIM nas suas subcontratadas e garantir que o resultado final se adeque aos processos já implementados em cada uma delas.

O comparativo (Quadro 2) permitiu estabelecer a correlação entre as publicações analisadas (FARIA et al., 2016) e será referência para compor o artefato proposto neste trabalho.

Quadro 2: Comparativo da estrutura das publicações analisadas.

	FIN	DIN	NOR	HOL	REI	EU1	EU2	EU3	AUS	NZ	CIN	HK
Plano de Execução BIM	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Formato de arquivos para troca de informações	○	●	●	●	○	●	●	●	●	○	●	○
Propriedade intelectual do modelo e seus componentes	●	●			●	●	●	●	●	●	●	●
Uso dos modelos	○	●	●	●	●	●	●	●	●	○	●	○
Papéis e responsabilidades	●	○			●	●	●	●	●	○	●	○
Ambiente colaborativo de trabalho	○	○	○			●	○	●	●	○	●	●
Estruturação dos modelos BIM	●	●	○	●	○	●	●	●	●	○	●	●
Especificação de softwares	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Diretrizes de modelagem	○	●	●	●	●	●	●	●	●	○	●	●
Padrões de nomenclatura	○	●	●	●	○	●	●	●	●	○	●	●
Padrões de representação gráfica	○	●		●	○	●	●	●	●	○	●	●
Controle de qualidade	●	○	●	●		●	●	●		○	●	○

- Previsto na diretriz ou protocolo BIM
- Previsto exclusivamente no Plano de Execução BIM ou em contrato de acordo com exigência do cliente

Fonte: Faria et al. (2016).

2.3 Publicações de referência para contratação em BIM

Neste nível, foram buscadas publicações que fossem estruturadas de tal forma a permitir que servissem de referência para a contratação de empreendimentos em BIM. A principal característica buscada era a presença de diretrizes de modelagem e de informações mínimas dos elementos de modelo, em função dos UMB e das fases do empreendimento. Estes itens estão detalhados a seguir:

- **Nível de desenvolvimento:** ND mínimo que os elementos de modelo devem ter para garantir determinado UMB;
- **Diretrizes de modelagem:** principais cuidados que devem ser tomados na modelagem para que seja garantida a aplicação adequada do UMB;
- **Informações mínimas:** principais propriedades que devem constar nos elementos de modelo e seus respectivos aplicativos para garantir o UMB;

Conforme introduzido na seção 2.1.2, é necessário estabelecer claramente as definições do Nível de Desenvolvimento dos elementos do modelo BIM, afim de garantir que as informações necessárias para atingir determinado UMB tenham sido contempladas na modelagem. Contudo, cada UMB demanda diferentes necessidades, em termos de geometria e informações presentes nos elementos, fazendo com que uma especificação vaga do que se espera do BIM no projeto geralmente resulte em dificuldades, ou até retrabalho.

Sendo assim, as publicações que apresentavam tal característica estão apresentadas no Quadro 3, a seguir:

Quadro 3: Publicações analisadas que são base para o artefato.

Publicação	Referência
AIA G202-2013 Project Building Information Modeling Protocol Form	(AIA, 2013c)
BIMForum LOD Specification 2017	(BIMFORUM, 2017)
PAS 1192-2:2013 Specification for information management for the capital/delivery phase of construction projects using building information modelling	(BSI, 2013)

Fonte: O autor.

Outras diretrizes muito difundidas, como a da Dinamarca (BIPS, 2006) e a da Finlândia (HENTTINEN, 2012), apesar de muito completas, não apresentavam definições específicas por categorias de elementos das informações mínimas e das diretrizes de modelagem esperadas. Já o *VA BIM Guide*, produzido pelo departamento de *Veterans Affairs* dos Estados Unidos (VA, 2010), apresentava tais características, mas para uma quantidade restrita de categorias de itens e com muito menos informações que o *LOD Spec*.

O documento *LOD Spec* segue como referência o AIA G202-2013, que define os ND de referência para determinados UMB. A partir disto, expande as definições de informações e diretrizes de modelagem para diversas categorias de elementos. Portanto, é necessário entendimento do AIA G202-2013 para que seja possível analisar o *LOD Spec*.

Estas publicações ainda denominam de formas diferentes os UMB e preveem diferentes fases do empreendimento, sendo necessário estabelecer uma correlação entre elas para que sejam analisadas adequadamente. Isto é explorado no capítulo 4.

2.4 Ferramentas interativas de apoio à criação de diretrizes

Além das publicações mencionadas na seção anterior, cabe citar quaisquer outras ferramentas interativas de apoio à criação de diretrizes, assim como a que é proposta neste trabalho. Durante o desenvolvimento desta dissertação, foram identificadas apenas duas ferramentas com proposta similar, o *NBS BIM Toolkit* (NBS, 2017) e o *LOD Planner* (LOD PLANNER, 2017).

A primeira tem como base as diretrizes da PAS 1192, com fases (*Stages*), entregáveis (*Deliverables*) e LOD/LOI totalmente compatíveis com este documento. Esta ferramenta ainda possui módulo de cadastro de empresas envolvidas (*Roles*), cadastro de tarefas referentes à cada fase (*Tasks*) e uma sub-rotina de verificação e exportação de todas as informações anteriores para submissão ao governo britânico (*Verify*). A Figura 2 apresenta a interface geral do ambiente interativo da ferramenta, considerando as funcionalidades mencionadas.

Figura 2: Ambiente interativo de projeto do NBS BIM Toolkit.

Fonte: NBS (2017).

Os principais benefícios do *NBS BIM Toolkit* são a aderência aos padrões de entrega demandados pelo governo britânico, permitindo ainda a configuração da ferramenta para adequação projeto a projeto, além do fato de ser gratuito. Contudo, a ferramenta é específica para aplicação da PAS 1192, não permitindo configuração de outras fases, diferentes especificações de LOD/LOI ou definição de entregáveis, além do fato de ser completamente em inglês.

A segunda ferramenta, o *LOD Planner*, tem uma abordagem diferente. Esta ferramenta se assemelha muito mais ao artefato proposto neste trabalho, pois sua proposta é ser plenamente configurável pelo usuário, utilizando múltiplas bases de dados e permitindo a definição de marcos de entrega variáveis. Na Figura 3 é mostrado que podem ser adicionados

UMB ao projeto no *LOD Planner*, sendo que é possível buscar na base de dados da ferramenta especificações para o UMB desejado, ou defini-las manualmente.

Figura 3: Novo UMB sendo acrescentado ao projeto a partir da base de dados do *LOD Planner*.

Fonte: LOD Planner (2017).

Já na Figura 4, é apresentada a configuração do ND desejado em função das fases de projeto definidas. Também é possível criar imagens de referências para cada ND, para melhor ilustrar o que se espera da entrega, e especificar os times que serão responsáveis por determinado elemento de modelo.

Figura 4: Configuração de ND em função das fases de projeto.

BIM Uses	Schematic Design	Bid Package 1	Construction	
Client Animation				
Floor Construction	200			
Roof Construction	200			
Exterior Walls	200			
Exterior Windows	200			
Roofing	100
4D Structural Simulation				
Standard Foundations		300		

Fonte: LOD Planner (2017).

Esta ferramenta apresenta muito mais flexibilidade que o *NBS BIM Toolkit*, permitindo a geração de um PDF com as especificações que foram configuradas na plataforma, incluindo dados do projeto, diretrizes de modelagem e outras informações que forem desejadas. Contudo, a ferramenta é inteiramente em inglês e não é gratuita, além de não contemplar nativamente as codificações da ABNT, que estão sendo desenvolvidas para ser o padrão nacional. Além disso, a ferramenta não apresenta as informações mínimas dos elementos já preenchidas e o fato de permitir total flexibilidade nas definições dos ND em função dos marcos de projeto é problemático, no caso do usuário não ter o conhecimento necessário para fazer a especificação.

3 Método de pesquisa

O método de pesquisa adotado neste trabalho consiste na aplicação formal da Pesquisa Construtiva (*Constructive Research*, também conhecida como *Design Science Research*), que é definida como um procedimento para o desenvolvimento de inovações, explicitamente vinculadas a conhecimentos teóricos preexistentes e que objetivam a solução de problemas reais. A inovação, designada nesta metodologia como artefato – interface entre o ambiente interno e o ambiente externo de um determinado sistema (DRESCH et al., 2015) –, é o principal resultado da pesquisa, que deve ser avaliado em função do valor ou utilidade gerado por ele. Este tipo de pesquisa é principalmente utilizado em áreas onde há a necessidade de uma intervenção prática, como a engenharia e a arquitetura, sempre com o intuito de criar ou aprimorar um artefato. Também é característica da Pesquisa Construtiva, o legado da avaliação empírica, seja o resultado positivo ou negativo, para embasar futuras pesquisas no campo (LUKKA, 2014; DRESCH et al., 2015).

A Pesquisa Construtiva é aplicável para este trabalho devido ao teor das pesquisas no campo do BIM, em sua maioria, aplicadas e práticas. Além disso, existe a necessidade de o pesquisador possuir a experiência prática no campo de interesse da pesquisa de escolha, embasada por extensa exploração teórica (OYEGOKE, 2011), como é o caso.

Dresch et al. (2015) ainda definem que a Pesquisa Construtiva é um caminho para reduzir a distância entre a teoria e a prática, aproximando a academia das organizações através do desenvolvimento dos artefatos que promovem desenvolvimento tecnológico e encaminham soluções aos problemas identificados no contexto da pesquisa.

De forma resumida, o processo da Pesquisa Construtiva inicia-se pela identificação de problemas de relevância cotidiana com potencial para investigação, embasado por revisão teórica e experiência prática. A partir desta, constrói-se o artefato que deve ser testado, para que seja avaliada sua aplicabilidade, aferindo-se a contribuição da pesquisa neste campo de conhecimento. A Figura 5 representa de forma simplificada as etapas da Pesquisa Construtiva, em especial, as iterações entre o campo prático e teórico.

Figura 5: Diagrama expondo as características da pesquisa construtiva.

Fonte: Tradução do autor, adaptado de Oyegoke (2011).

Oyegoke (2011) descreve seis fases da aplicação de Pesquisa Construtiva, listadas a seguir:

1. Encontrar um problema prático relevante que tenha potencial de pesquisa;
2. Desenvolver entendimento profundo do tópico;
3. Desenvolver um novo artefato;
4. Demonstrar que a solução funciona;
5. Demonstrar as conexões teóricas e a contribuição da pesquisa;
6. Examinar o escopo de aplicabilidade da solução.

Dresch et al. (2015) expandem estas definições a partir da análise das publicações que promoveram o desenvolvimento da Pesquisa Construtiva ao longo dos anos. Tais pesquisas, apesar de apresentarem diferentes propostas para alcançar um artefato relevante e aplicável, tiveram suas metodologias correlacionadas, sendo sugeridos os seguintes passos para condução da Pesquisa Construtiva:

1. Identificação do problema;
2. Conscientização do problema;

3. Revisão da literatura;
4. Identificação dos artefatos e configuração das classes de problemas;
5. Proposição de artefatos para resolução do problema;
6. Projeto do artefato selecionado;
7. Desenvolvimento do artefato;
8. Avaliação do artefato;
9. Explicitação das aprendizagens;
10. Conclusões;
11. Generalização para uma classe de problemas;
12. Comunicação dos resultados.

A Figura 6 mostra o fluxo das etapas propostas por Dresch et al. (2015). As setas contínuas indicam a ordem direta para realização dos passos e, as setas tracejadas, representam os possíveis *feedbacks* que podem ocorrer ao longo do desenvolvimento da pesquisa.

Figura 6: Fluxo das etapas da Pesquisa Construtiva.

Fonte: Adaptado de Dresch et al. (2015).

As etapas da Pesquisa Construtiva descritas na seção anterior por Dresch et al. (2015) estão detalhadas a seguir, correlacionadas às etapas da pesquisa desenvolvida neste trabalho.

3.1 Identificação do problema

Busca de um problema prático da indústria, baseado em evidência anedótica, experiência prática ou de outras pesquisas (OYEGOKE, 2011), podendo surgir do interesse do pesquisador em encontrar resposta para uma questão importante (DRESCH et al., 2015).

O problema apresentado nesta pesquisa é o da necessidade de viabilizar o planejamento adequado, através das diretrizes de contratação, para utilização apropriada da metodologia BIM em empreendimentos no Brasil, embasado nas justificativas apontadas no capítulo 1. Este problema tem relevância prática para a indústrias de Arquitetura, Engenharia e Construção nacional que, apesar de já terem percebido os benefícios da utilização do BIM, ainda têm dificuldade em implementá-lo e criar diretrizes adequadas para a contratação de empreendimentos nesta metodologia de trabalho. Sem diretrizes de contratação adequadas, os usos de BIM pretendidos pelo contratante dificilmente podem ser desenvolvidos devido às limitações e características inadequadas dos modelos preparados pelos fornecedores.

3.2 Conscientização do problema

Etapa de exploração para compreender adequadamente o problema do estudo. Propõe-se a estrutura sistêmica para auxiliar na identificação dos fatores que influenciam o sistema onde será aplicado o artefato (DRESCH et al., 2015). A Figura 7 apresenta a estrutura sistêmica deste estudo:

Figura 7: Estrutura sistêmica da contratação em BIM.

Fonte: O autor.

Em linhas gerais, a figura descreve o processo de contratação de empreendimentos que se inicia pelas especificações contratuais que gerirão os *stakeholders* e as fases do empreendimento com as quais cada um está associado. Logicamente, as diferentes fases demandam que diferentes documentações sejam produzidas e, consequentemente, diferentes definições são necessárias para garantir que tenham o conteúdo adequado ao seu uso no processo. Neste ponto, para contratação em BIM, são necessárias novas definições que incorporam ou substituem as tradicionais, de forma a estabelecer claramente os itens necessários para a utilização de processos BIM, como UMB, diretrizes de modelagem e informações mínimas necessárias dos elementos. Estas definições podem ser correlacionadas e se utilizar de informações presentes em publicações já existentes, tanto nacionais quanto internacionais. O desenvolvimento dessas definições é uma tarefa demandante, em termos de tempo, esforço e conhecimento, surgindo a oportunidade de criar uma ferramenta que apoie esta atividade.

Desta maneira, explicita-se o problema e a fronteira na qual está inserido (dificuldade de adequar o processo tradicional à contratação de empreendimentos em BIM), a solução proposta (apoiar a criação de diretrizes com a utilização de uma ferramenta interativa) e os requisitos necessários (ser de fácil utilização, ser modular e permitir a configuração/customização).

3.3 Revisão da literatura

A etapa de revisão da literatura é primordial para garantir entendimento suficiente do pesquisador do que já foi pesquisado, como foi pesquisado, quais resultados foram encontrados e, principalmente, do que ainda não foi pesquisado (DRESCH et al., 2015). A observação em campo das organizações que têm o problema estudado também é de grande valor para entender e moldar melhor o artefato proposto (OYEGOKE, 2011).

A revisão focada deste trabalho se deu em três níveis distintos, mas correlacionados, visando ampliar o entendimento no tópico alvo do estudo e permitir a sugestão de uma solução pertinente, conforme representado na Figura 8:

Figura 8: Etapas de revisão para ampliar o entendimento do tópico estudado.

Fonte: O autor.

Os três níveis podem ser definidos da seguinte forma (da base para o topo da pirâmide):

1. Revisão para compreensão aprofundada do BIM, no Brasil e no mundo;
2. Análise e comparação da estrutura dos guias, protocolos e diretrizes de contratação de empreendimentos em BIM em países que apresentam maior maturidade nesta atividade;
3. Revisão de publicações que apoiem ou que sirvam de referência para o artefato proposto nesta pesquisa.

Os resultados desta revisão foram apresentados no capítulo 2 desta dissertação.

3.4 Identificação dos artefatos e configuração das classes de problemas

O intuito desta etapa é o de evidenciar artefatos e classes de problemas relacionados à pesquisa, momento em que se inicia a compreensão e definição das soluções que poderão ser consideradas satisfatórias no desempenho do artefato proposto (DRESCH et al., 2015).

As diretrizes, guias e ferramentas avaliadas, descritas no capítulo 2, são capazes de trazer o entendimento do BIM e seus processos relacionados. As diretrizes especificam claramente o que é demandado do modelo contratado, enquanto guias prescrevem tarefas necessárias para se atingir determinados objetivos. Ainda existem ferramentas de apoio ao desenvolvimento de diretrizes, para agilizar e facilitar a padronização do desenvolvimento destes documentos.

Tais documentos e ferramentas foram divididos em três categorias, conforme apresentado na Figura 9:

Figura 9: Tipos de artefatos identificados.

Fonte: O autor.

A classificação se faz necessária pelas diferenças inerentes do propósito básico de cada um dos tipos de artefatos. Eles podem ser caracterizados da seguinte maneira:

- Diretrizes de contratação de projetos em BIM: disponibilizadas por contratantes de empreendimentos utilizando a metodologia BIM, definem regras muito claras do que deve ser entregue e, às vezes, de como, quando e por quem deve ser entregue (ex. PAS 1192, conjunto de normas que especificam as diretrizes de contratação de empreendimentos em BIM para o governo britânico);
- Publicações de apoio à criação de diretrizes: Tem caráter prescritivo, descrevendo de forma genérica os objetivos da utilização do BIM, para que o leitor seja capaz de criar sua diretriz após a leitura do guia. Às vezes, oferecem planilhas auxiliares ou modelos (*templates*) para geração de documentos (ex.: o *BIM Execution Planning Guide*, desenvolvido pela Penn State, repleto de informações e documentos de apoio para criação de diretrizes BIM);
- Ferramentas interativas de apoio à criação de diretrizes: Tem a característica de serem ferramentas informatizadas, permitindo configurações que às tornem mais adequadas para o projeto do usuário (ex.: o *BIM Toolkit*, desenvolvido pela NBS, em conformidade com as diretrizes da PAS 1192, tornando interativo o processo de definição, gerenciamento e verificação da responsabilidade pelo desenvolvimento de informações e entregas nas diversas etapas do ciclo de vida do empreendimento).

O terceiro tipo é o que se almeja desenvolver nesta pesquisa. Ao analisar diretrizes já existentes ao redor do mundo, é possível adquirir conhecimento e até verificar sua aplicabilidade para que contribuam como base para o artefato deste trabalho. O segundo tipo, apesar de muito completo, ainda não é capaz de tornar o processo de geração da diretriz interativo. A partir da leitura de documentos deste tipo é possível entender com maior profundidade os conceitos que pautam a utilização da metodologia BIM e, através das ferramentas de apoio fornecidas, é possível ter um ponto de partida para a criação de uma diretriz. Já o terceiro tipo, oferece plataformas interativas para criação de ambiente de projeto, a partir de predefinições do mercado local, estabelecendo os entregáveis necessários para as diversas fases do empreendimento. Também é possível estabelecer papéis para os usuários cadastrados no ambiente de projeto e, além das predefinições, as plataformas

permitem a inclusão de novas tarefas para que seja possível ajustar o processo às necessidades da contratante.

A partir da revisão realizada na etapa anterior, é notável que os problemas que os artefatos avaliados procuram resolver são de aplicação prática. Portanto, em conformidade com o que é proposto por Veit (2013), é possível estabelecer a classe de problema que mais se adequa como sendo a de Fluxo e Gestão da Informação.

Nesta classe, as publicações (diretrizes) avaliadas demonstram o intuito de solucionar dois problemas distintos:

1. Como garantir que os processos, os padrões e as informações necessárias do modelo BIM sejam aplicadas em conformidade com as expectativas da contratante;
2. Como tornar mais acessível a criação destas diretrizes para as necessidades específicas de cada empresa contratante.

O primeiro, é a principal questão que os documentos procuram solucionar. Contudo, o segundo, não é foco em nenhuma das publicações avaliadas. Portanto, torna-se relevante a criação de um artefato que apoie este problema específico.

3.5 Proposição de artefatos para resolução do problema

A revisão bibliográfica deve apoiar o pesquisador no entendimento e mapeamento do problema alvo, tornando-o capaz de propor um artefato condizente para endereçar a lacuna de conhecimento do mercado, encontrada nas etapas anteriores (OYEGROKE, 2011; DRESCH et al., 2015).

Para selecionar os artefatos que poderiam solucionar as lacunas apresentadas na etapa anterior, iniciou-se um processo criativo para determinar o tipo de ferramenta que fosse capaz de suprir tais necessidades. Algumas soluções possíveis estão listadas a seguir:

- Traduzir e adaptar à realidade nacional o guia proposto pela Penn State, para apoiar o desenvolvimento da diretriz pela própria contratante;
- Oferecer uma coleção de diretrizes e a indicação de qual delas é mais adequada para cada situação encontrada pela contratante;

- Oferecer um manual com vários estudos de caso que permitissem ao usuário reconhecer sua situação e preparar seu próprio documento de diretrizes inspirado nos cases;
- Oferecer um guia passo a passo com perguntas que permitissem ao usuário preparar sua diretriz;
- Desenvolver um sistema que estruture os principais tópicos, sem sugerir o seu conteúdo, necessários para contratação de um projeto em BIM com base na literatura;
- Desenvolver um sistema informatizado onde, ao responder a questões sobre a intenção da utilização do BIM no empreendimento, uma diretriz é produzida semiautomaticamente, com referência nas bases de conhecimento, pronta para o uso.

3.6 Projeto do artefato selecionado

Nesta etapa, um dos artefatos propostos deve ser selecionado e ter seu projeto detalhado. Devem ser consideradas características internas e o contexto externo onde o artefato será operado, além de ser estabelecido o seu desempenho esperado e como ele será avaliado (DRESCH et al., 2015).

Todas as alternativas propostas na seção anterior, exceto a última, iriam fornecer insumos para a contratante desenvolver sua própria diretriz, mas ainda demandariam um investimento considerável de tempo, conhecimento e experiência. Sendo assim, a sexta alternativa é o foco do desenvolvimento deste trabalho, visando minimizar ao máximo o esforço inicial da contratante e permitir a utilização mais adequada do BIM no empreendimento.

Desta forma, o artefato proposto nesta pesquisa parte da premissa de facilitar ao máximo a geração de uma diretriz, com dados de entrada configuráveis, a partir de referências sólidas do mercado. Ele poderia ser tanto uma planilha quanto um site na internet, cujo intuito principal é a produção de um documento (diretriz) que especifique a utilização do BIM no empreendimento.

Foi utilizado o conceito de uma planilha para iniciar a concepção de uma ferramenta que permitisse como entrada os UMB desejados pela contratante e as fases do empreendimento em que o BIM seria utilizado, conforme ilustrado pela Figura 10.

Figura 10: Concepção do artefato.

	Fase 1	Fase 2	Fase n
Uso A	✓	✓	
Uso B		✓	
Uso n			

Fonte: O autor.

O artefato deve ser de fácil utilização e permitir a configuração dos dados de entrada, além de permitir a customização posterior, para inserção de outras bases de dados que o usuário venha a precisar. O produto final gerado pelo artefato seria um documento composto pelas diretrizes de modelagem e informações mínimas necessárias para se atingir determinado UMB, em determinada fase, conforme apresentado na Figura 11.

Figura 11: Exemplo da diretriz gerada pela ferramenta.

3. Diretrizes de modelagem em função das Fases de Projeto e Usos de Modelo

3.1. Projeto Básico

3.1.1. Documentação

3.1.1.1. Subestrutura

	ND	Informações mínimas	Diretrizes de modelagem
Fundação rasa	200	<ul style="list-style-type: none"> • Descrição • Material 	<p>A modelagem deve incluir:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Dimensões aproximadas e formato geral do elemento • Eixos da edificação para localização geográfica devem estar definidos no modelo e

Fonte: O autor.

A diretriz deve ser ajustada para impressão em tamanho A4 e que também receber outros itens relevantes, conforme estabelecido por Faria et al. (2016):

- Padrões de nomenclatura;
- Padrões de representação gráfica;
- Papéis e responsabilidades;
- Ambiente colaborativo para troca de informações;
- Estruturação dos modelos BIM;
- Especificação dos aplicativos.

O procedimento de construção do artefato será dividido nos seguintes itens:

1. Preparação da interface de dados de entrada;
2. Preparação do banco de dados de referência para a produção da diretriz;
3. Desenvolvimento do código para fazer a associação dos itens 1 e 2;
4. Configuração e geração da diretriz;
5. Preparação de um ambiente para inserção de novas informações no banco de dados.

O desempenho esperado do artefato é de ser simples, mas ao mesmo tempo permitir a customização da ferramenta para que ela melhor se adeque às necessidades da contratante. A diretriz gerada precisa ser de fácil entendimento para o leitor e trazer as informações relevantes para o uso do BIM para as condições de entrada estabelecidas. Sua avaliação é realizada através de caso teste com empresas que já possuam uma diretriz de contratação para empreendimentos em BIM, que sejam capaz de avaliar criticamente o desempenho da ferramenta ante o seu documento customizado e sugerir melhorias para a ferramenta informatizada.

3.7 Desenvolvimento do artefato

Nesta etapa, é construído o ambiente interno do artefato, tendo como saída o artefato em seu estado funcional e a heurística de construção – requisitos necessários para o funcionamento adequado do ambiente interno do artefato (DRESCH et al. 2015).

Para o desenvolvimento do artefato, foi adotada a plataforma Django Web Framework, baseado na linguagem Python, que permite atingir as premissas referentes ao artefato, definidas na seção 3.6. O Django já conta com um sistema de gerenciamento de banco de dados interno, baseado em SQL.

Para tanto, são necessários dois ambientes distintos no artefato, um de “consumo” e outro de “alimentação”, para garantir a segurança e rastreabilidade das informações inseridas no banco de dados. Tais informações são unificadas em função dos dados de entrada providos pelo usuário para geração do produto final do artefato.

Para garantir a coerência deste ambiente, é necessária a definição de quais UMB fazem sentido para cada fase do empreendimento. Além disso, é necessário filtrar as fontes de dados que subsidiarão o conteúdo que será gerado. Isto está detalhado no capítulo 4 deste trabalho.

3.8 Avaliação do artefato

Etapa dedicada à observação e medição do comportamento do artefato na solução do problema – em ambiente experimental ou em um contexto real –, sendo que os requisitos

definidos na seção 3.2 devem ser revistos e comparados com os resultados apresentados (DRESCH et al., 2015).

Conforme mencionado na seção 3.6, a avaliação deste trabalho se dá através da condução de um caso teste com uma empresa que já desenvolveu sua própria diretriz de contratação. O principal intuito da avaliação é comparar a utilização do artefato proposto com o procedimento já utilizado na empresa para melhor entender a aplicabilidade do conjunto de informações e regras carregadas na ferramenta e se sua interatividade traz benefícios em relação ao que já é aplicado.

A avaliação proporciona o entendimento de se o artefato foi capaz de solucionar o problema identificado na seção 3.1 e se os requisitos estabelecidos na seção 3.2 precisam ser revistos para propiciar o funcionamento adequado do artefato de forma diferente da inicialmente proposta.

Além do detalhamento de como o caso teste será realizado, Dresch et al. (2016) sugerem a criação de um quadro para verificação de atendimento a requisitos. O Quadro 4, a seguir, está preenchido com os requisitos específicos deste trabalho, para verificação do atendimento do artefato aos requisitos estabelecidos na seção 3.6:

Quadro 4: Quadro de verificação do atendimento dos requisitos estabelecidos para a ferramenta.

Requisito	Atendido		
	Sim	Não	Por quê?
Facilitar a geração de uma diretriz			
Possuir dados de entrada configuráveis			
Contemplar informações de referências sólidas do mercado			
Ser de fácil utilização			
Permitir a customização das bases de dados			
Gerar um documento composto pelas diretrizes de modelagem e informações mínimas necessárias para atingir determinado UMB em determinada fase do empreendimento			

Permitir a inserção de outros itens relevantes comumente presentes em um PEB			
Documento gerado deve ser de fácil entendimento para o leitor			

Fonte: O autor.

Após a primeira rodada de avaliação, é realizada uma reflexão acerca do problema inicial e foi proposta uma segunda versão da ferramenta. Portanto, foi realizada uma segunda rodada de avaliação com a empresa de caso teste para verificar se as novas funcionalidades implementadas na ferramenta de fato geraram as melhorias esperadas

3.9 Explicitação das aprendizagens

Etapa reservada para a explicitação das aprendizagens obtidas durante a pesquisa, tanto os fatos de sucesso quanto de insucesso, com objetivo de permitir que a pesquisa possa servir de referência para geração de conhecimento prático e/ou teórico (DRESCH et al., 2015).

A partir das informações coletadas na etapa anterior, é possível apontar onde o artefato melhora os procedimentos vigentes e também onde ele deixa a desejar. Todas as considerações são detalhadas e traduzidas para possíveis novas funcionalidades do artefato em uma próxima versão.

3.10 Conclusões

Etapa onde ocorre a exposição dos resultados obtidos e das decisões tomadas durante a execução da pesquisa, sendo recomendável que sejam apontadas as limitações da pesquisa, para orientar trabalhos futuros (DRESCH et al., 2015).

3.11 Generalização para uma classe de problemas

Nesta etapa, ocorre a generalização para uma classe de problemas, que é fundamental para o avanço do conhecimento e permite que a situação específica na qual foi aplicado este conhecimento, possa ser aplicado em outras organizações que passam por problemas similares (DRESCH et al., 2015). Sendo assim, é realizada uma reflexão para verificar a

aplicabilidade da ferramenta em outras condições ou mercados para os quais ela não foi inicialmente projetada.

3.12 Comunicação dos resultados

Etapa final do método, que visa estimular a propagação dos resultados obtidos para o maior número de pessoas, por meio de publicações nos diversos veículos científicos (DRESCH et al., 2015).

A comunicação dos resultados do trabalho ocorre na forma desta própria dissertação, em conjunto com dois artigos científicos publicados em congresso (FARIA et al., 2016; FARIA; SANTOS, 2018, submetido).

4 Resultados

Este capítulo detalha o desenvolvimento do artefato proposto com base nas características apontadas no capítulo 2.

4.1 Definição dos UMB

Para que seja possível desenvolver o artefato, é necessário selecionar os UMB que devem ser considerados e estabelecer definições claras para eles. Também é preciso garantir que os UMB selecionados sejam relevantes e que exista a correlação com as etapas do ciclo de vida do empreendimento, ou marcos de projeto.

Kreider e Messner (2013), apontam que para definir mais precisamente os UMB, é preciso ir além de seu propósito e objetivo. Eles propõem que é necessário estabelecer uma correlação entre quatro características para definir corretamente os UMB:

- Elemento da edificação – o sistema construtivo da edificação no qual será implementado o UMB;
- Fase do ciclo de vida – a fase na qual será implementado o UMB;
- Disciplina – a disciplina responsável pela implementação do UMB;
- ND – o grau de assertividade ao qual será implementado o UMB.

Em suma, é determinado que deve ser identificado “o quê”, “quando”, “por quem” e “o quanto” dado UMB será implementado no projeto. Isso vai ao encontro das premissas básicas sob as quais o artefato deste trabalho foi concebido e, portanto, é preciso estabelecer a heurística de construção que conecta esses elementos.

Como já foi mencionado na seção 2.1.1, mais de 120 UMB foram identificados, demonstrando a ampla gama de aplicações do BIM (BIM EXCELLENCE, 2016). Contudo, alguns destes UMB são muito específicos, sendo utilizados num número restrito de situações. O BIM Project Execution Planning Guide, da Penn State (CIC RESEARCH PROGRAM, 2011), reduz este número para 25 UMB, classificados entre UMB Primários e Secundários, conforme a Figura 12:

Figura 12: UMB no ciclo de vida da edificação.

Fonte: CIC Research Program (2011).

Nesta proposta já estão incluídas as principais etapas do ciclo de vida do empreendimento – Planejamento, Projeto, Construção e Operação – sendo que alguns UMB se estendem por mais de uma etapa, como é o caso da Estimativa de Custo, por exemplo.

De forma similar, o documento G202 da AIA (2013c) descreve seus UMB propostos de forma ainda mais concisa, sendo eles: Análises, Estimativa de custos, Sequenciamento da construção e Coordenação. Este documento ainda trata de forma flexível a inclusão de outros UMB desejados pelo contratante que estiver utilizando-o, permitindo que ele especifique outros usos autorizados para o empreendimento que está sendo contratado.

Ainda analisando o G202, seus UMB propostos não estão diretamente associados às etapas do ciclo de vida do empreendimento, mas ao ND do modelo – 100, 200, 300, 400 e 500. Ao associar os UMB ao ND, são criados subtipos de dado UMB referente ao que aquele ND permite gerar. Por exemplo, o UMB de Estimativa de custo, atrelado ao ND 200, poderia ser traduzido como uma Extração de quantitativos “preliminar”, enquanto que atrelado ao ND 350, poderia ser traduzido como Extração de quantitativos “detalhada”.

Tanto o documento E202 (AIA, 2013a) – que detalha os ND 100 a 500 – quanto o G202 são utilizados como referência para o desenvolvimento do *LOD Spec* do BIMForum, que é o

principal documento de referência para o artefato, visto que apoia o estabelecimento das diretrizes de modelagem e informações dos elementos de modelo.

Outra referência imprescindível para adequação ao contexto nacional é a compatibilidade com as normas brasileiras, desenvolvidas pela ABNT/CEE-134. O Quadro 5 indica os UMB considerados:

Quadro 5: UMB previstos para normalização pelo GT de Objetos BIM da ABNT/CEE-134.

Parte	UMB
1	Concepção arquitetônica
2	Concepção de estruturas de concreto
3	Concepção de estruturas metálicas
4	Concepção de sistemas prediais hidráulicos
5	Concepção de sistemas prediais elétricos
6	Concepção de sistemas AVAC-R
7	Concepção de sistemas de iluminação
8	Concepção acústica
9	Extração de quantidades para orçamento executivo
10	Planejamento e controle da execução de obras
11	Análise energética
12	Análise de sustentabilidade
13	Geração de documentação gráfica
14	Deteção de interferências
15	Visualização
16	Gerenciamento de facilidades
17	Comissionamento

Fonte: O autor.

Nota-se que os UMB descritos pelo G202 são similares aos que já foram desenvolvidos, ou que estão em desenvolvimento pela ABNT/CEE-134. A partir da associação dos UMB propostos por ambas, excluindo-se UMB específicos de disciplinas e também aqueles desenvolvidos pela ABNT/CEE-134 sem correspondência com os definidos no G202 obtém-se: Extração de quantidades, Planejamento 4D, Análise energética, Geração de documentação, Deteção de interferências, e Gerenciamento de facilidades.

Sendo assim, são estabelecidos os UMB para a ferramenta, relacionados às fases do ciclo de vida do empreendimento, conforme listados a seguir:

- **Análise energética preliminar:** análise energética a partir de elementos genéricos do modelo, para efeito de estudos de viabilidade e simulação de alternativas de projeto;

- **Extração de quantitativos preliminar:** quantificação, associada às referências de preço, para geração de quantitativos conforme projeto básico, a partir dos elementos do modelo BIM, ou de cálculos associados a eles
- **Extração de quantitativos detalhada:** quantificação, associada às referências de preço, para geração de quantitativos conforme projeto executivo, a partir dos elementos do modelo BIM, ou de cálculos associados a eles;
- **Coordenação genérica:** revisão de projeto e coordenação utilizando o modelo BIM, para efeito de verificação genérica, em fase prévia ao detalhamento executivo;
- **Coordenação específica:** revisão de projeto e coordenação utilizando o modelo BIM, para efeito de verificação de interferências entre elementos dentro da própria disciplina, durante a etapa do detalhamento executivo;
- **Coordenação detalhada:** revisão de projeto e coordenação utilizando o modelo BIM, para efeito de verificação de interferências entre elementos de diferentes disciplinas, durante a etapa do detalhamento executivo;
- **Geração de documentação:** geração de documentos (plantas, vistas, cortes, isométricos, detalhes, etc.) em nível de detalhamento suficiente para atender às exigências da etapa do ciclo de vida compatível;
- **Planejamento 4D:** preparação dos elementos do modelo BIM para desenvolvimento da atividade de sequenciamento da construção, para apoiar o planejamento da obra;
- **Gerenciamento de facilidades:** desenvolvimento das atividades gerenciamento de ativos a partir das informações contidas no modelo BIM, atualizadas conforme verificação em campo do que foi executado (*as-built*).

A NBR 12722 (Discriminação de serviços para construção de edifícios) estabelece quatro grandes fases que se podem distinguir em um empreendimento de construção de edificações: estudos preliminares, projeto, construção e recebimento. A fase de projeto ainda é subdividida em 4 partes, estudo preliminar, anteprojeto, projeto para aprovação nas repartições públicas (projeto legal) e projeto definitivo (NBR 12722, 1992).

Como os UMB previstos nesse trabalho têm relação principalmente com as fases de desenvolvimento do projeto em diante, será considerada a fase de estudo preliminar

relacionada à atividade de projeto, não a anterior a ela. Outra consideração é a de fusão das fases de anteprojeto e projeto legal, visto que o último é a produção de documentação específica para aprovação nas repartições públicas do projeto desenvolvido na fase de anteprojeto, prévia ao desenvolvimento do projeto definitivo. A última fase, de recebimento, também pode ser endereçada pelo BIM nas suas atividades específicas, como recebimento do *databook* da edificação ou testes de verificação do funcionamento das instalações. Contudo, será considerado para este trabalho o UMB posterior ao recebimento, o de operação da edificação, que é um dos UMB mais buscados pelos responsáveis pela implementação do BIM.

Desta forma, as fases consideradas e suas definições, conforme a NBR 12722, estão listadas a seguir:

- Estudo preliminar: consiste na definição das alternativas viáveis de solução arquitetônica, para estabelecimento de objetivos, por parte do responsável pelo empreendimento, para permitir a opção do melhor partido e posteriormente a elaboração do anteprojeto;
- Anteprojeto/Projeto legal: estudo apresentado em desenhos sumários gerados a partir do modelo BIM, em número e escala suficientes para perfeita compreensão, por parte do responsável pelo empreendimento, da obra planejada, acrescido de plantas, cortes e elevações, de acordo com as exigências legais, quando necessário para apresentação nas repartições públicas competentes;
- Projeto definitivo: plantas, cortes e elevações, esclarecendo todos os pormenores de que se constituirá a obra a ser executada; determinação, com a assistência dos autores dos projetos da estrutura e das instalações, da distribuição dos elementos do sistema estrutural e dos pontos de distribuição de redes hidráulica, sanitária, elétrica, telefônica, de ar-condicionado, elevadores, etc. O projeto definitivo ainda acompanha detalhes construtivos, memorial descritivo, elementos urbanísticos e plantas para execução;
- Construção: é serviço exclusivo do construtor e deve ser realizado em conformidade com as disposições legais, inclusive as do contrato existente entre o proprietário da obra e o construtor, em perfeita conformidade com o projeto;

- **Operação:** Etapa que se inicia após a fase de recebimento da edificação e termina na sua demolição. Contempla a utilização da edificação e dos sistemas nela instalados, bem como a manutenção e substituição dos mesmos ao longo do seu ciclo de vida.

Esses marcos podem ser utilizados como referências padrão para estabelecer as restrições de UMB por fase. Por exemplo, um UMB classificado como “detalhado”, demanda um ND dos elementos de modelo suficiente para suportar a sua finalidade, não podendo ser aplicados em fases iniciais do ciclo de vida do empreendimento. O Quadro 6 apresenta em cinza as células nas quais a correlação não é possível e, em verde, onde é possível.

Quadro 6: Restrições de UMB por fase do projeto.

Fases de Projeto Usos de Modelo	Estudo preliminar	Anteprojeto / Projeto legal	Projeto definitivo	Construção	Operação
Análise energética preliminar					
Extração de quantitativos preliminar					
Extração de quantitativos detalhada					
Coordenação genérica					
Coordenação específica					
Coordenação detalhada					
Geração de documentação					
Planejamento 4D					
Gerenciamento de facilidades					

Fonte: O autor.

Nenhum dos UMB de interesse da pesquisa se aplicam à etapa de “Concepção do produto”, portanto, ela será desconsiderada. Isso não significa que não existam UMB relacionados à esta fase, como é o caso da Conceitualização (*Conceptualization*) e do Planejamento Espacial (*Spatial Programming*) (BIM DICTIONARY, 2017a; BIM DICTIONARY, 2017b). Como uma das premissas do artefato é permitir que o usuário defina novos marcos de projeto, é possível adequar a ferramenta às necessidades de cada empresa/projeto.

Também vale ressaltar que a ferramenta considera a evolução do modelo BIM ao longo das fases. Portanto, um modelo utilizado na fase de Operação, considera um modelo

composto de elementos ND 500, cujo desenvolvimento foi constituído na etapa anterior, Construção, como ND 400, e assim por diante.

4.2 Definição das referências e agregação de NDs

Após o estabelecimento dos UMB e das fases do empreendimento em que serão utilizadas, é preciso definir as referências que especificam as diretrizes de modelagem e as informações mínimas necessárias para cada UMB, nas diversas fases, para cada categoria de elemento do modelo.

A principal referência para este fim, assim como no estabelecimento dos UMB na seção 4.1, é o *LOD Spec* (BIMFORUM, 2017). Além de ser uma das referências mais completas e amplamente utilizadas para este propósito, possui referência direta com as tabelas da Omniclass e, analogamente, com o trabalho que está sendo desenvolvido pela ABNT/CEE-134.

Contudo, o *LOD Spec* não possui todas as definições necessárias para embasar a ferramenta. Sendo assim, serão utilizadas também, referências dos trabalhos da ABNT/CEE-134 e a *NBS BIM Toolkit*. Dessa forma, o Quadro 6 é reapresentado a seguir como Quadro 7, incluindo as referências para diretrizes de modelagem e informações mínimas:

Quadro 7: Referências para diretrizes de modelagem e informações mínimas em relação aos UMB.

Fases de Projeto Usos de Modelo	Estudo preliminar		Anteprojeto / Projeto legal		Projeto definitivo		Construção		Operação	
	Diretriz	Informações	Diretriz	Informações	Diretriz	Informações	Diretriz	Informações	Diretriz	Informações
Análise energética preliminar	LOD Spec	ABNT/CEE-134	LOD Spec	ABNT/CEE-134	LOD Spec	ABNT/CEE-134				
Extração de quantitativos preliminar			LOD Spec	LOD Spec	LOD Spec	LOD Spec				
Extração de quantitativos detalhada					LOD Spec	LOD Spec	LOD Spec	LOD Spec		
Coordenação genérica			LOD Spec	LOD Spec	LOD Spec	LOD Spec				
Coordenação específica					LOD Spec	LOD Spec				
Coordenação detalhada					LOD Spec	LOD Spec				
Geração de documentação	LOD Spec	LOD Spec	LOD Spec	LOD Spec	LOD Spec	LOD Spec				
Planejamento 4D					LOD Spec	ABNT/CEE-134	LOD Spec	ABNT/CEE-134		
Gerenciamento de facilidades									LOD Spec	PAS 1192-2

Fonte: O autor.

Os UMB que geram seus resultados a partir dos próprios elementos de modelo, sem a necessidade de informações adicionais, podem ser todos extraídos do *LOD Spec*. Este é o caso da Estimativa de custos, Coordenação e Documentação. Já a Análise energética, o Planejamento 4D e o Gerenciamento de ativos, todos requerem informações específicas para serem viabilizados, que não estão definidas no *LOD Spec* e, portanto, foram buscadas nas demais referências.

Por último, é preciso estabelecer um ND padrão condizente com cada UMB, em cada fase, para servir de referência inicial caso não seja de interesse do usuário especificar manualmente os NDs. O critério para realizar esta definição está descrito a seguir e é apresentado de forma geral no Quadro 7:

- UMB “preliminares” ou “genéricos”: ND até o nível 300, não sendo necessária a carga de trabalho adicional para modelagem das interfaces para estes UMB;
- UMB “detalhados” ou “específicos”: ND até o nível 350, para realização dos UMB para que sejam consideradas as interfaces entre os elementos;
- UMB não baseados no *LOD Spec*
 - Análise energética e Planejamento 4D: as informações para esses UMB são baseadas na ABNT/CEE-134 e não são divididos por níveis de ND, portanto, as informações são as mesmas nas diversas fases, alterando-se apenas a complexidade geométrica dos elementos;
 - Gerenciamento de ativos: esse UMB baseia-se no LOI 6 da britânica PAS 1192-2:2013 para definir as informações necessárias, sendo este o nível mais alto da norma e compatível com a atividade definida para este UMB. Para as diretrizes de modelagem, é sugerido o ND 500, pela sequência lógica de etapas pelas quais o modelo passa até chegar nesta fase, considerando-se que será atualizado com as informações de *as-built*.

Quadro 8: Níveis padrão de ND para diretrizes de modelagem e informações.

Fases de Projeto Usos de Modelo	Estudo preliminar		Anteprojeto / Projeto legal		Projeto definitivo		Construção		Operação	
	Diretriz	Informações	Diretriz	Informações	Diretriz	Informações	Diretriz	Informações	Diretriz	Informações
Análise energética preliminar	LOD Spec (ND 100)	ABNT/CEE-134	LOD Spec (ND 200)	ABNT/CEE-134	LOD Spec (ND 300)	ABNT/CEE-134				
Extração de quantitativos preliminar			LOD Spec (ND 200)	LOD Spec (ND 200)	LOD Spec (ND 300)	LOD Spec (ND 300)				
Extração de quantitativos detalhada					LOD Spec (ND 350)	LOD Spec (ND 350)	LOD Spec (ND 400)	LOD Spec (ND 400)		
Coordenação genérica			LOD Spec (ND 200)	LOD Spec (ND 200)	LOD Spec (ND 300)	LOD Spec (ND 300)				
Coordenação específica					LOD Spec (ND 350)	LOD Spec (ND 350)				
Coordenação detalhada					LOD Spec (ND 350)	LOD Spec (ND 350)				
Geração de documentação	LOD Spec (ND 100)	LOD Spec (ND 100)	LOD Spec (ND 200)	LOD Spec (ND 200)	LOD Spec (ND 350)	LOD Spec (ND 350)				
Planejamento 4D					LOD Spec (ND 300)	ABNT/CEE-134	LOD Spec (ND 400)	ABNT/CEE-134		
Gerenciamento de facilidades									LOD Spec (ND 400)	PAS 1192-2

Fonte: O autor.

Como a diretriz gerada tem o foco de especificar o que deve estar contido no modelo num determinado marco de entrega, a ferramenta automaticamente agrega as informações que serão apresentadas em função dos NDs mais elevados dos UMB e fases definidas pelo usuário. Por exemplo, caso o UMB Geração de documentação na fase Projeto definitivo (ND 350 para diretriz de modelagem e 350 para informação) seja selecionado em conjunto com Extração de quantitativos preliminar na mesma fase (ND 300 para diretriz de modelagem e 300 para informação) e Análise energética preliminar na fase Anteprojeto/Projeto legal (ND 200 para diretriz de modelagem e informações oriundas da ABNT/CEE-134) a ferramenta apresentará apenas as diretrizes de modelagem e informações pertinentes ao ND 350, acrescidas das informações relativas à análise energética da ABNT/CEE-134, de forma a garantir que o modelo terá todas as informações necessárias para aquela entrega. A Figura 13 a seguir ilustra a agregação supramencionada:

Figura 13: Agregação dos NDs.

	Diretriz	Informação
Análise energética preliminar	LOD Spec 200	ABNT/CEE-134
Extração de quantitativos preliminar	LOD Spec 300	LOD Spec 300
Geração de documentação	LOD Spec 350	LOD Spec 350
ND mais elevado:	LOD Spec 350	LOD Spec 350 + ABNT/CEE-134

Fonte: O autor.

4.3 Desenvolvimento da primeira versão do artefato

Iniciou-se o desenvolvimento do artefato como uma planilha eletrônica do Microsoft Excel®, customizada com programação VBA, pela facilidade e agilidade propiciada pela utilização desta ferramenta. Foi possível criar o seletor para os dados de entrada do usuário e estabelecer um formato inicial para a inserção da base de dados de referência, conforme apresentado pela Figura 14 e pela Figura 15, respectivamente.

Figura 14: Interface preliminar para os dados de entrada do usuário.

Fases de Projeto	Estudo de Viabilidade	Concepção	Projeto Básico	Projeto Executivo	Execução	Operação e Manutenção
Usos de Modelo						
Documentação	☒	☐	☒	☒	NA	NA
Quantificação	☒	☐	☒	☒	NA	NA
Detecção de Interferências	NA	NA	☐	☐	☐	NA
Simulação da Construção	NA	NA	NA	☐	☐	NA
Orçamentação	☒	☐	☒	☒	☒	NA
Visualização	☒	☐	☒	☒	☒	☒
Análise Energética	NA	NA	☐	☐	NA	NA
Análise Estrutural	NA	NA	☒	☒	NA	NA
As-built	NA	NA	NA	NA	☒	☒
Gerenciamento do Ativos	NA	NA	NA	NA	NA	☒

Fonte: O autor.

Figura 15: Interface preliminar para cadastro das informações de referência para a produção da diretriz.

Fases do Projeto	Estudo de Viabilidade			Concepção			Projeto Básico		
Usos de Modelo	ND	Informações	Diretriz de Modelagem	ND	Informações	Diretriz de Modelagem	ND	Informações	Diretriz de Modelagem
Documentação									
Infraestrutura									
Fundação Rasa	100	NA	NA	200	• Descrição • Material	O material predominante deve compor a geometria do elemento ou ser apresentado como um parâmetro adicional.	350	• Identificador	O material deve compor a geometria do elemento
Fundação Profunda	100	NA	NA	200	• Descrição • Material	O material predominante deve compor a geometria do elemento ou ser apresentado como um parâmetro adicional.	350	• Identificador	O material deve compor a geometria do elemento
Contenção	100	NA	NA	200	• Descrição • Material	O material predominante deve compor a geometria do elemento ou ser apresentado como um parâmetro adicional.	350	• Identificador	O material deve compor a geometria do elemento

Fonte: O autor.

Contudo, foram encontradas limitações para o uso do Microsoft Excel® que inviabilizariam as características de desempenho pré-estabelecidas na etapa de projeto do

artefato. A composição do documento de diretriz no Microsoft Excel® não tem flexibilidade suficiente para permitir a formatação adequada. Além disso, não seria possível criar o ambiente de alimentação do banco de dados de referência num ambiente isolado e seguro.

Sendo assim, optou-se por adotar outra plataforma para o desenvolvimento do artefato. A plataforma adotada foi o Django Web Framework, que é uma ferramenta para desenvolvimento rápido de aplicações web baseado na linguagem Python, que, por sua vez é uma linguagem de programação de altíssimo nível. Isto permite que códigos sejam elaborados com baixo custo de programação, traduzidos em redução do tempo de programação, facilidade para revisão, atualização e correção de problemas no código, entre outros (DJANGO, 2017).

Como já foi mencionado, a versão inicial deste trabalho foi implementada em Excel, utilizando programação em VBA. O desenvolvimento em VBA demanda maior esforço de programação, em especial quando comparado ao Python, que possui uma extensa biblioteca de subprogramas que podem ser utilizados no código de programação, a fim de agregar mais recursos como ferramentas para trabalhar com imagens, bancos de dados e centenas de outras possibilidades, em código aberto.

Em geral, quando feito em Excel, o resultado de um projeto como o proposto é uma interface com recursos limitados e pouco intuitiva para o usuário final. Para garantir o funcionamento das macros, e consequentemente do produto, deve-se garantir que as estruturas das planilhas não sejam modificadas. Por outro lado, com o Django é possível criar interfaces muito mais diretas e confiáveis, com custo de programação relativamente baixo. A comparação entre desenvolver o gerador proposto neste trabalho no Excel com o desenvolvimento em Django é difícil de ser feita, pois requerem conhecimentos distintos. Em linhas gerais, no primeiro caso, a interface da aplicação é obtida ao se dividir e colorir tabelas manualmente vinculadas entre si. No caso do Django, a interface é desenvolvida em HTML e optou-se por utilizar um template disponível na *web*. Ou seja, todos os padrões de fonte e alguns *layouts* da página estavam previamente definidos no template, restando inserir o conteúdo e as regras de funcionamento. Entretanto, a parte principal da aplicação é a programação do gerador e o vínculo com a interface. Neste caso, as duas alternativas são muito distintas.

No Excel os dados são armazenados em tabelas e a relação entre os dados é feita implicitamente (uma determinada linha da tabela representa um determinado objeto) e manualmente (“Célula X” = “Célula Y”). A manipulação destes dados é feita por meio de programação em linguagem VBA ou por meio de inúmeras equações escritas diretamente nas células das tabelas. Conforme citado anteriormente, no Django os dados são armazenados em forma de banco de dados e as relações entre os dados é explícita, portanto mais seguras. Por exemplo, o banco de dados que representa os elementos BIM é representado, no Django, por um “modelo”. Um modelo é uma classe em Python, onde cada atributo da classe representa um campo do banco de dados. Assim, um elemento (objeto) desta classe deverá sempre possuir os atributos pré-estabelecidos, tal como “nome”, “código ABNT”, “lod 100”, “lod 200”, “imagem”, “disciplina” e demais. Isto torna a manipulação dos dados muito mais simples, pois pode-se buscar e identificar elementos com base nos valores de seus atributos e realizar operações de programação direto na lista de objetos. Além disso, é possível escalar o banco de dados sem praticamente nenhuma limitação, algo que seria bastante limitado com o uso de tabelas no Excel.

As características deste projeto são adequadas a um banco de dados que possa ser mantido, atualizado e ser acessado por diferentes níveis de usuários, tal que suas informações possam ser utilizadas para gerar relatórios por meio de uma interface independente. Portanto, o Django mostrou-se muito mais adequado aos propósitos deste trabalho, comparando-o ao Excel.

Para o desenvolvimento da ferramenta foram considerados 2 ambientes distintos, conforme apresentado esquematicamente na Figura 16 a seguir:

Figura 16: Ambientes da primeira versão da ferramenta.

Fonte: O autor.

O diagrama de atividades da Figura 17 apresenta em mais detalhes o fluxo de informações na ferramenta:

Figura 17: Diagrama de atividades da primeira versão da ferramenta.

Fonte: O autor.

A “Interface Usuário” é a primeira página que o usuário tem contato com a ferramenta. Descreve de forma geral o projeto e permite ao usuário verificar todos os itens que estão cadastrados no banco de dados da ferramenta (Figura 18), configurar as condições para geração da diretriz e fazer *login* para acessar a página de administração.

Figura 18: Página inicial da ferramenta.

Fonte: O autor.

A ferramenta permite a inserção de informações relevantes para uma diretriz em caixas de texto, conforme definido na seção 3.6, com uma breve sugestão do que deve ser inserido no item (Figura 19).

Figura 19: Cadastro das informações gerais que irão compor a diretriz.

<p>Papéis e responsabilidades:</p> <p>definição dos agentes do processo de projeto em BIM, bem como suas responsabilidades específicas</p>
<p>Ambiente colaborativo de trabalho:</p> <p>definição de como deve estar estruturado o ambiente de colaboração para troca ou envio de informações e arquivos digitais</p>
<p>Estruturação dos modelos BIM:</p> <p>definição clara de como os modelos BIM devem estar divididos ou formatados (pavimento, área, subárea, disciplina, etc.)</p>

Fonte: O autor.

A geração da diretriz pode ser realizada ao final desta página, após a seleção de uma ou mais opções de Uso do Modelo e Fase do Empreendimento (Figura 20).

Figura 20: Seletores e botão de submissão para geração das diretrizes.

Elementos

Lista de elementos cadastrados

Fases/Usos	Estudo preliminar	Anteprojeto / Projeto legal	Projeto definitivo	Construção	Operação
Análise energética preliminar	☐	☐	☐		
Estimativa de custos preliminar		☐	☐		
Estimativa de custos detalhada			☐	☐	
Coordenação genérica		☐	☐		
Coordenação específica			☐		
Coordenação detalhada			☐		
Documentação para projeto	☐	☐	☐		
Planejamento 4D			☐	☐	
Gerenciamento de ativos					☐
Gerar diretriz					

Fonte: O autor.

Após a seleção na matriz, a diretriz é gerada e exibida numa nova janela para consulta (Figura 21).

Figura 21: Exemplo da exibição da consulta da diretriz.

Portas internas de entrada - 3E.03.10.30.20

ND 300

Informações mínimas:

- Tipo / Texto / Exemplo: [Simples, Dupla, De Correr, etc.]

Diretrizes de modelagem:

Montagens das portas modeladas por tipo, de forma a incluir:

- Batentes e folhas específicos (caso aplicável)
- Operação deve ser indicada

Fonte: O autor.

Exemplos dos dados inseridos na diretriz, tanto para diretrizes de modelagem, quanto para informações mínimas dos elementos, podem ser encontrados no APÊNDICE A – Diretrizes de modelagem geradas pela ferramenta informatizada e APÊNDICE B – Requisitos de informações mínimas gerados pela ferramenta informatizada, respectivamente. São apresentados 5 exemplos de elementos distintos – Fundações, Escadas, Paredes, Janelas e Portas – com o intuito de cobrir uma maior gama de componentes da construção.

Como detalhado na seção 4.2, no caso da seleção de diferentes UMB e fases na matriz, a diretriz gera o resultado em função dos NDs mais altos da seleção já que cada ND inclui todos os requisitos dos NDs mais baixos. Para facilitar a consulta das informações, a ferramenta ainda permite filtro em função das fases individuais que compõem a diretriz gerada (Figura 22).

Figura 22: Exemplo do desmembramento do UMB selecionado na matriz.

ESTUDO PRELIMINAR

Concepção ▼

Concepção
Anteprojeto
Projeto definitivo
Construção

Análise energética preliminar

Requisitos gerais de informação:

- Densidade (kg/m^3)
- Calor Específico (J/kg-K)
- Condutividade (W/m-K)

Fonte: O autor.

A “Interface Administrador” é um ambiente acessível somente através de *login* que permite a inclusão e a alteração do banco de dados da ferramenta (Figura 23 e Figura 24).

Figura 23: Página de administração da ferramenta.

Fonte: O autor.

Neste ambiente é possível cadastrar Grupos e Usuários, assim como suas respectivas permissões, além de Elementos, Fases do Empreendimento e UMB. Os dois últimos são os mesmos apresentados nos seletores para geração da diretriz, conforme Figura 24.

À direita da janela, encontram-se as dez últimas ações que foram executadas no banco de dados, que podem ser de adição, remoção ou edição, indicadas pelos ícones respectivos.

Figura 24: Inclusão/alteração de elementos no banco de dados.

The screenshot shows the Django administration interface for editing an element. The breadcrumb trail is: Home > Elementspage > Elements > Lajes estruturais de fundação. The form is titled 'Change element'.

Fields in the form include:

- Element name:** Lajes estruturais de fundação
- Published date:**
 - Date:** 2017-09-13 (with a 'Today' button and calendar icon)
 - Time:** 19:16:27 (with a 'Now' button and clock icon)
- Abnt 3e sub1:** 3E
- Abnt 3e sub2:** 1
- Abnt 3e sub3:** 40
- Abnt 3e sub4:** 20
- Abnt 3e sub5:** 0
- Lod 100:** Estimativas da laje devem ser incluídas em outros elementos modelados, como um elemento de piso ou uma massa que contenha uma camada para profundidade estimada da estrutura.

Fonte: O autor.

No ato de criação/edição de uma entrada no banco de dados, é possível registrar a data em que foi esta foi realizada. As informações presentes em cada entrada são o nome do elemento, o código da tabela 3E (desmembrado), as informações do ND 100/200/300/350/400 e uma figura ilustrativa para cada um deles.

Esta versão foi avaliada em um caso teste, conforme descrito na seção 5.3, a partir do qual foram estabelecidas melhorias e foi produzida a segunda versão do artefato.

4.4 Alterações realizadas na segunda versão do artefato

Após a primeira avaliação no caso teste, verificou-se a oportunidade de realizar algumas mudanças na ferramenta, apesar da primeira versão já atender em boa parte as necessidades da empresa e os requisitos estabelecidos nas etapas iniciais da metodologia.

A primeira mudança foi a reestruturação dos ambientes até então denominados "interface usuário" e "interface administrador", por "interface contratante" e "interface de consulta". A Figura 25 demonstra a estrutura geral nova dos ambientes:

Figura 25: Ambientes da segunda versão da ferramenta.

Fonte: O autor.

O diagrama de atividades da Figura 26 apresenta em mais detalhes o fluxo de informações na nova versão da ferramenta:

Figura 26: Diagrama de atividades da primeira versão da ferramenta.

Fonte: O autor.

Como é possível notar ao comparar com a versão anterior, a interface contratante incorporou ambas as interfaces existentes e foi criada uma interface nova, apenas para consulta da diretriz gerada. Optou-se por fazer essa alteração pelas razões explanadas a seguir. A geração da diretriz, bem como o cadastro de informações no banco de dados, são ambos de responsabilidade da contratante. Todo esse ambiente deve ser protegido por *login*, para garantir que apenas pessoas com autorização possam gerar diretrizes ou modificar o banco de dados. A interface de consulta à diretriz gerada, tanto para contratante quanto para fornecedores, não deve permitir nenhuma alteração de informações, apenas aplicação de filtros para facilitar a consulta. Vale ressaltar que na versão anterior da ferramenta também não era permitida a alteração de informações após a geração da diretriz, mas a interface do gerador de diretriz era o único caminho para chegar à interface de consulta da diretriz. Para acessar a interface de consulta, é preciso inserir o código do contrato referente àquela diretriz, assinalado pela contratante no ato de geração da diretriz.

Na interface contratante, após a definição das informações gerais e seleção dos UMB em função das fases para geração da diretriz, foi acrescentada uma interface intermediária para atribuição de responsáveis aos elementos cadastrados no banco de dados que compõem a diretriz (Figura 27).

Figura 27: Atribuição de responsáveis aos elementos que comporão a diretriz.

Fundações - 3E.1.10.0.0	Engenheiro de Estruturas
Fundações padrão - 3E.1.10.10.0	Arquiteto Engenheiro de Estruturas
Paredes de fundação - 3E.1.10.10.10	Engenheiro de Estruturas
Pilares de fundação - 3E.1.10.10.30	Engenheiro de Estruturas

Fonte: O autor.

A lista de responsáveis é definida no ambiente de configuração do banco de dado da ferramenta, conforme apresentado na Figura 28.

Figura 28: Cadastro de responsáveis no banco de dados.

Django administration

Home > Elementspage > Responsaveis > Add Responsavel

Add Responsavel

Empresa:

Nome do contato:

E-mail:

Telefone:

Fonte: O autor.

Essa alteração vai de encontro com as principais referências de ferramentas e publicações de apoio consultadas neste trabalho, que estabelecem a importância de definir os responsáveis pelos diversos elementos do modelo (CIC RESEARCH PROGRAM, 2011; LOD PLANNER, 2017; NBS, 2017; ABDI, 2018).

Outro intuito da mudança nas interfaces é facilitar a consulta da diretriz gerada pelas contratadas, ficando claro quais itens são de sua responsabilidade em cada marco de entrega. Para permitir ainda maior flexibilidade na consulta, foram incluídos dois outros filtros, por disciplina e por marco de entrega, além do filtro da existente por UMB. A partir da seleção de qual filtro deseja-se utilizar, a lista de opções é atualizada em função das informações cadastradas para a diretriz gerada, conforme apresentado na

Figura 29.

Figura 29: Exemplo de duas opções diferentes de filtro da diretriz gerada.

Filtro Selecionado	Opções Disponíveis
Disciplina	-
Responsável	Arquiteto Engenheiro de Estruturas Projetista de Instalações
Marco de Entrega	-
Uso do Modelo BIM	Análise energética preliminar Extração de quantitativos Coordenação específica Planejamento 4D

Fonte: O autor.

As alterações realizadas na segunda versão da ferramenta foram avaliadas com a companhia que realizou a primeira rodada de avaliação. As informações coletadas na segunda avaliação estão descritas na seção 5.4.

5 Avaliação da ferramenta

Neste capítulo, o artefato desenvolvido é avaliado em um caso teste, conforme as premissas estabelecidas na seção 3.8, para verificar seu atendimento aos problemas identificados no início da pesquisa e verificar pontos fortes e fracos do seu uso em comparação com uma diretriz BIM de contratação já desenvolvida.

5.1 Estruturação do caso teste

O principal intuito do caso teste é a comparação direta do produto gerado automaticamente pelo artefato desenvolvido com a diretriz de contratação desenvolvida manualmente pela empresa avaliada. Para tanto, é preciso entrevistar os responsáveis pela estratégia e desenvolvimento da diretriz de contratação da empresa, capazes de avaliar criticamente o produto gerado pelo artefato em comparação ao seu próprio documento. As características mais relevantes para comparação são a abrangência dos UMB e das fases do empreendimento escolhidas para a ferramenta e a compatibilidade das informações de diretrizes de modelagem e informações mínimas dos elementos carregadas na ferramenta.

Com intuito de verificar aspectos subjetivos da usabilidade da ferramenta, também se optou por conduzir entrevistas semiestruturadas contemplando questionamentos gerais. A razão de propor tais questionamentos é entender, além da comparação direta dos produtos - automático (ferramenta) e manual (diretriz de contratação da empresa) - outros pontos de interesse em relação às características da ferramenta que possam não ter sido considerados.

Após esta primeira etapa de avaliação, os aprendizados coletados no caso teste, além de outras melhorias, foram implementados na ferramenta e uma segunda etapa de avaliação com a mesma empresa foi realizada. A segunda etapa consistiu em mais uma rodada de entrevistas semiestruturadas para verificar as melhorias implementadas e coletar mais informações para melhorias futuras.

5.2 Características da empresa do caso teste

A empresa selecionada para o caso teste para validar a ferramenta foi a Companhia Paulista de Trens Metropolitanos (CPTM), que é uma companhia ferroviária de passageiros do Departamento Transportes Metropolitanos do Estado de São Paulo. A CPTM foi fundada em 1992 a partir de várias empresas ferroviárias que já existiam na Grande São Paulo. Atualmente, a CPTM possui e opera mais de 260 km de ferrovias e 92 estações de trem, atendendo 22 cidades, e tem mais de 8.000 funcionários. A CPTM também está envolvida em todas as fases do ciclo de vida do projeto quando se trata de construir novas ferrovias e estações e, para projetos menores, até possui seu próprio departamento de planejamento e projeto para desenvolvê-los internamente.

A implementação do BIM iniciou-se em 2012 na empresa, avaliando-se ferramentas e eventos para melhor entender a metodologia, como uma oportunidade de revisar processos internos, transpor barreiras entre áreas e criar maior eficiência em todo o ciclo de vida do empreendimento. Em 2013, foi publicado edital para projetos de modernização de 8 estações. Ainda não existia maturidade em BIM na companhia, mas a estratégia traçada foi justamente criar um comprometimento formal de se estruturar e assegurar o andamento do processo.

Em 2014, foi contratada consultoria especializada para apoiar no processo de implementação e foram conduzidas atividades de workshops para disseminação do conceito BIM, definição de um núcleo composto por colaboradores responsáveis em definir a estratégia, levantamento dos processos praticados, elaboração de bibliotecas de projetos padrões, desenvolvimento de *templates*, capacitação e elaboração de manuais para contratação e uso interno. Nesta última etapa, foram elaborados projetos de reforma de estações com a equipe interna da CPTM, com os objetivos de sedimentar o conhecimento, aplicar os padrões definidos e as diretrizes constantes nos manuais. Como a CPTM usualmente não desenvolve projetos internamente, foi definido como produto principal a elaboração de um manual de contratação BIM estabelecendo as regras para executar o projeto e obra utilizando processo BIM. Também foi elaborado um manual interno para ser usado pela equipe CPTM com recomendações, instruções de uso das tecnologias e fluxos de trabalho. O principal uso definido para o BIM é extrair quantitativos a partir dos modelos do

projeto, vinculados à codificação do sistema de custos da companhia, permitindo ter uma planilha de quantidades mais precisa para a licitação da obra, diminuir pleitos em fase de construção e com critérios bem definidos para pagamentos vinculados ao modelo do projeto. O mercado foi consultado para analisar o manual de contratação desenvolvido e também avaliar a receptividade do conteúdo elaborado.

Apesar de já contar com o envolvimento das Diretorias de Engenharia e Obras e Diretoria de Operação e Manutenção para o estabelecimento de fluxos que constam nos manuais desenvolvidos, ainda é preciso incorporar as especificidades dessas áreas no documento. Para a Diretoria de Engenharia e Obras, a empresa já realizou a etapa de levantamento dos processos praticados e o grupo de colaboradores para compor o núcleo BIM foi definido. Por fim, busca-se definir uma diretriz específica para a Diretoria de Operação e Manutenção onde será possível ter o BIM permeando todo ciclo de vida dos seus empreendimentos.

5.2.1 Características da diretriz de contratação da empresa

Antes de realizar o processo de avaliação, é preciso entender claramente as características do manual (diretriz) de contratação BIM e das diretrizes estabelecidas por ele, para que seja possível compará-lo adequadamente à ferramenta desenvolvida.

O escopo de disciplinas que são abarcadas pela diretriz da CPTM é superior ao que normalmente encontra-se num empreendimento imobiliário – Arquitetura, Estrutura, Instalações – incluindo Infraestrutura da Via. Portanto, foi desconsiderada na comparação as diretrizes para a última disciplina e, por ainda não estarem implementadas na ferramenta, as de Instalações também. Vale ressaltar que boa parte das categorias de elementos considerados para as disciplinas de Instalações são compatíveis com os encontrados num empreendimento imobiliário, à exceção de elementos de cabines primárias e de via aérea. Fora esses, os elementos definidos para Arquitetura e Estruturas das estações de trem são comparáveis aos normalmente definidos para empreendimentos imobiliários.

As fases do empreendimento consideradas na diretriz da CPTM são: Concepção, Projeto, Construção e Operação. A fase de Projeto, subdividida em entregas parciais que variam entre projetos, compreende tanto as etapas de Anteprojeto quanto Projeto definitivo, estabelecidas na NBR 12722. Tais fases já apresentam alterações em função das que eram tradicionalmente utilizadas na empresa, aplicadas em conjunto com processos CAD.

A diretriz considera os seguintes UMB:

- Estudo de alternativas do projeto;
- Análise de viabilidade técnica e ambiental;
- Apresentação para tratativas com prefeituras e outros órgãos envolvidos;
- Reuniões de apresentação e revisão do projeto;
- Detecção de interferências;
- Extração de documentação técnica;
- Extração de quantitativos;
- Planejamento da construção;
- Controle e acompanhamento de obras;
- Manutenção;
- *As-built*.

Para estes UMB, são definidas diretrizes de modelagem e informações mínimas dos elementos para as principais categorias de elementos de Arquitetura, Estruturas, Instalações e Infraestrutura da Via. A Figura 30 exemplifica a estrutura padrão da especificação de um elemento:

Figura 30: Exemplo da diretriz de modelagem e requisitos de informação de um elemento na diretriz da CPTM.

INTERIOR	
Porta Interna	
Categoria: Portas {Doors}	
LOD	Descrição
100	As portas internas podem ser descritas por meio de aberturas ou símbolos.
200	O conjunto pode ser modelado como um único elemento com dimensões aproximadas. As dimensões nominais podem ser fornecidas por meio de propriedades. Propriedades: • Descrição {Description}.
300	O conjunto deve conter folha e ser atribuído com os seus materiais primários. As ferragens podem ser especificadas por meio de propriedades. Localização, orientação e dimensões nominais da porta devem ser modelados com precisão e em quantidade exata. O Material {Material} deve estar caracterizado conforme sua tabela específica (pág. 76).
400	Todos os elementos precisam ser modelados com dimensões para fabricação e/ou montagem.
500	Geometria e propriedades conforme construído.

Fonte: CPTM (2017).

Exemplos das diretrizes para os mesmos elementos que são usados de exemplo nos apêndices A e B são apresentados no ANEXO A – Diretrizes da empresa do caso teste. Vale ressaltar que as diretrizes são sempre revisadas antes da sua publicação em um edital, portanto, não necessariamente serão exatamente iguais às apresentadas no seu formato atual nesta dissertação.

Além das informações específicas dos elementos, as seguintes propriedades são demandadas para todos os elementos:

- Código PP: os elementos que correspondem a um Projeto Padrão (PP) CPTM devem possuir a sua codificação em uma propriedade denominada “Código PP”, já incluída nas bibliotecas fornecidas, a qual será usada também para identificá-las na documentação técnica;
- Fase Criada/Fase Demolida: a fase inicial dos elementos deverá ser definida na propriedade nativa “Fase Criada” (Phase Created). A propriedade nativa “Fase Demolida” (Phase Demolished) deverá ser utilizada para os itens de demolição ou remanejamento. Nestes campos, utilizar os valores “Existente”, “Nova Construção”, “Demolição” ou “Remanejamento”, conforme demanda (quando estas fases não forem suficientes, novos valores podem ser criados);

- Ambiente CPTM: os elementos devem possuir a propriedade “Ambiente CPTM”, que indica o nome do ambiente/área onde o elemento está localizado, em conformidade com as diretrizes de subdivisão definidas pela CPTM;
- Código SIEC: os elementos e materiais do modelo BIM devem ser classificados conforme o sistema SIEC, para extração de quantitativos do modelo;
- Elemento Não Computável: os elementos que não devem constar nas tabelas de quantificação devem estar com o parâmetro Booleano (Sim/não) “Elemento Não Computável” marcado. Assim, estes elementos farão parte do modelo, mas serão ignorados em extrações de quantitativos;
- Todos os elementos do modelo BIM devem possuir a propriedade correspondente à sua unidade de quantificação específica. A unidade de quantificação está definida na tabela de códigos SIEC entregue pela CPTM no início do contrato.

5.3 Avaliação da primeira versão da ferramenta

O estudo de caso foi realizado na CPTM com o Chefe de Estudos e Planejamento Econômico e o Chefe de Inovação de Projetos, ambos responsáveis pelo planejamento estratégico da implementação e uso do BIM na empresa. A diretriz gerada automaticamente pela ferramenta foi comparada com a licitação utilizada para convidar empresas projetistas e construtoras para um projeto de extensão de 12 km e de 3 novas estações de trem.

O objetivo principal da pesquisa e o uso da ferramenta foram descritos para os entrevistados e foi-lhes permitido que utilizassem a ferramenta livremente. Também foi apontado que atualmente a ferramenta cria somente a diretriz de modelagem acompanhada das informações mínimas comumente estabelecidas em PEB (Faria et al., 2016), não a diretriz de contratação completa, que contempla outras definições específicas da empresa e do tipo de projeto desenvolvido.

A avaliação teve foco inicial em comparar as características mais relevantes das diretrizes, conforme definido na seção 5.1, que são os UMB, as fases do empreendimento e as diretrizes de modelagem em si. As tabelas apresentadas a seguir foram preenchidas em conjunto com os entrevistados, sendo que os possíveis resultados da comparação eram:

- Atende: a ferramenta atende a necessidade da empresa, sem necessidade de configuração;
- Atende parcialmente: a ferramenta atende a necessidade da empresa, com necessidade de configuração;
- Não atende: a ferramenta não permite o nível de configuração necessário para atender a necessidade da empresa.

A Tabela 2 detalha o atendimento da ferramenta aos UMB da diretriz da companhia:

Tabela 2: Comparação dos UMB da diretriz da companhia do caso teste com os UMB padrão da ferramenta.

Diretriz da companhia	Ferramenta
Estudo de alternativas do projeto	Atende parcialmente
Análise de viabilidade técnica e ambiental	Atende parcialmente
Apresentação para tratativas com prefeituras e outros órgãos envolvidos	Atende parcialmente
Reuniões de apresentação e revisão do projeto	Atende
Deteção de interferências	Atende
Extração de documentação técnica	Atende
Extração de quantitativos	Atende
Planejamento da construção	Atende
Controle e acompanhamento de obras	Atende parcialmente
Manutenção	Atende parcialmente
<i>As-built</i>	Atende parcialmente

Fonte: O autor.

Como mencionado anteriormente, os itens apontados como “Atende parcialmente” não estão incluídos por padrão na ferramenta, mas ela pode ser configurada para passar a atendê-los pelo ambiente de edição do banco de dados. Ou seja, os UMB da empresa não são os mesmos carregados por padrão na ferramenta, mas é possível realizar a alteração no ambiente de banco de dados.

A Tabela 3 detalha o atendimento às fases estabelecidas na diretriz da companhia:

Tabela 3: Comparação das fases do empreendimento estabelecidas na diretriz da companhia do caso teste com as incluídas como padrão na ferramenta.

Diretriz da companhia	Ferramenta
Concepção	Atende
Projeto	Atende
Construção	Atende
Operação	Atende

Fonte: O autor.

Todas as fases previstas na diretriz da companhia são compatíveis com as cadastradas na ferramenta e, mesmo que seja preciso subdividir uma fase em marcos intermediários, é possível fazer essa configuração pelo ambiente de edição do banco de dados.

Quatro características da diretriz da companhia foram comparadas com a ferramenta: Níveis de desenvolvimento estabelecidos, Diretrizes de modelagem dos elementos, Informações mínimas dos elementos e Grupos de elementos especificados.

A Tabela 4 detalha o atendimento às características da diretriz da companhia:

Tabela 4: Comparação das características da diretriz da companhia do caso teste com as incluídas como padrão na ferramenta.

Diretriz da companhia	Ferramenta
Níveis de desenvolvimento	Não atende
Diretrizes de modelagem	Atende parcialmente
Informações mínimas	Atende parcialmente
Grupos de elementos	Atende parcialmente

Fonte: O autor.

Os níveis de desenvolvimento adotados pela CPTM são baseados nos LODs definidos pela AIA – LOD 100, 200, 300, 400 e 500 – não havendo o desmembramento explícito do nível 300 em 300 e 350, como no *LOD Spec*. As características do nível 350 (elementos de interface entre sistemas que permitam a coordenação do elemento) foram incorporadas ao nível 300, por normalmente não serem exigidas em marcos de projeto distintos pela companhia. Ao utilizar a interface de cadastro de informações no banco de dados da ferramenta, não é possível acrescentar, alterar ou remover NDs. Como os NDs cadastrados são previamente

associados a matriz de UMB em função das fases, não seria possível fazer o cadastro de forma a ter compatibilidade plena com a diretriz da companhia. Apesar dessa característica da ferramenta ser indesejada no caso da companhia já ter sua diretriz definida, ela é relevante para solucionar o problema ao qual foi projetada, apoiar companhias que ainda não têm sua diretriz desenvolvida.

As diretrizes de modelagem estabelecidas pela ferramenta são, em sua maioria, mais detalhadas que as definidas na diretriz de contratação. Contudo, podem ser facilmente ajustadas interface de cadastro de informações no banco de dados da ferramenta.

A forma com que as informações mínimas são especificadas na ferramenta difere do conceito aplicado na diretriz da companhia. No caso da CPTM, muitas características dos elementos são requisitadas com informações, enquanto que na ferramenta, elas são estabelecidas como parte das diretrizes de modelagem. Como já mencionado anteriormente, isso também pode ser alterado com facilidade.

No caso dos grupos de elementos especificados, a forma com que a companhia faz sua divisão não é tão esmiuçada quanto a das referências para a ferramenta. Contudo, isso não gera prejuízo algum para utilização, visto que novos elementos podem ser cadastrados e os existentes podem ser alterados ou removidos com facilidade.

Também foram avaliadas as heurísticas de construção da ferramenta, em relação ao ND definido para as diversas fases do empreendimento. No caso da companhia, sua diretriz está dividida em duas fases principais, Concepção e Projeto definitivo, sendo que o último abarca também a etapa de Anteprojeto como um dos seus marcos de entrega preliminares. O ND esperado para a primeira fase, é majoritariamente o nível 100, com alguns elementos principais como paredes externas, lajes e fundações no nível 200, enquanto alguns outros elementos não são requisitados. Já o ND para a segunda fase é, majoritariamente, o nível 350, definido para a companhia apenas como 300. Mais uma vez, alguns elementos estipulados pela companhia devem ser representados em ND 400, como fundações, para que seja quantificada e coordenada com precisão a armadura destes elementos. Tais ajustes, são opções da companhia para compatibilização dos processos BIM com sua própria realidade de projeto. Portanto, assumir que o ND intermediário é compatível com os estipulados pela ferramenta é factível. Além disso, as restrições de UMB por fase operaram dentro os limites estabelecidos para a ferramenta, reforçando mais uma vez as heurísticas de construção.

Após a comparação, foram aplicadas as perguntas do questionário semiestruturado, gerando os comentários listados a seguir.

- Quais as principais dificuldades relacionadas à normalização ao licitar um projeto em BIM?
 - Antes do desenvolvimento do manual, a normatização relacionada ao BIM era extremamente simplista, com alguns requisitos mínimos, como formato de entrega em IFC e alguns outros tópicos prontos de referências de mercado. Não havia solicitação de padrões, diretrizes de modelagem ou informações dos elementos de modelo. Houve crítica já esperada do mercado, devido à falta de definições, mas foi a estratégia adotada para criar a motivação e comprometimento para a empresa iniciar o processo de reorganização para implementação do BIM.
- A ferramenta é capaz de viabilizar o desenvolvimento de uma diretriz BIM para licitação de um projeto? Caso negativo, o conteúdo gerado é suficiente para auxiliar a geração da diretriz ou precisa ser melhorado?
 - A ferramenta não seria capaz de viabilizar sozinha a diretriz para uma licitação, mas sem dúvidas contém boa parte das questões relevantes que precisam ser abordadas no documento. Seria uma ferramenta de grande valor numa fase em que ainda não tivesse sido desenvolvida a diretriz BIM da companhia.
- Quais características da ferramenta você destacaria como mais relevantes?
 - O fato de ser intuitiva e de fácil consulta. Além disso, a manutenção das informações no banco de dados é muito facilitada, em oposição a um documento completamente baseado em texto. A consulta ao banco de dados poderia ser mais facilitada ao permitir filtro por disciplinas, visto que cada área poderia facilmente encontrar os elementos que são de sua responsabilidade.
- A ferramenta permite as configurações necessárias para gerar uma diretriz compatível com as necessidades do projeto? (Pensando apenas no ambiente usuário da ferramenta)

- A ferramenta possui flexibilidade minimamente suficiente para atender às necessidades do projeto. Mais opções de formatos de saída, além da simples exibição na tela da diretriz seriam interessantes para automatizar o processo de geração de documentação para licitação.
- A ferramenta permite as configurações necessárias para gerar uma diretriz compatível com as necessidades do projeto? (Pensando apenas no ambiente administrador da ferramenta)
 - Apesar de já ter uma quantidade de opções razoável, falta a possibilidade de incluir campos específicos da companhia, como o código do sistema de custos interno. Além disso, falta a possibilidade de incluir imagens para ilustrar as diretrizes por elemento.
- A diretriz gerada é de fácil consulta/leitura?
 - A possibilidade de filtrar a diretriz gerada por disciplinas seria muito relevante para facilitar a leitura. Além disso, a criação de um índice interativo para navegar diretamente para partes específicas da diretriz gerada.
- Existe alguma outra informação que deveria constar na diretriz?
 - As que já foram citadas, como a possibilidade de criar campo de código específico da companhia e a adição de imagens para facilitar o entendimento.
- Quais as principais dificuldades de garantir o uso da diretriz BIM da companhia pelos colaboradores responsáveis pela licitação de projetos?
 - Os responsáveis por incluir informações relacionadas ao BIM nos documentos para licitação não necessariamente têm conhecimento suficiente da diretriz da companhia para selecionar quais partes dela devem ser incluídas ou não no documento. Portanto, sempre é preciso recorrer à área responsável pelo BIM na companhia para requisitar a documentação necessária. Neste sentido, a ferramenta seria muito útil, no caso de conseguir gerar uma diretriz padronizada no formato da companhia.
- A diretriz gerada agrega algo novo em relação às diretrizes já estabelecidas na diretriz BIM da companhia?

- A ferramenta contempla alguns UMB que não estão descritos na diretriz da companhia, como é o caso da análise energética. Neste caso, todas as definições para este UMB agregam a possibilidade de rapidamente poder incluí-lo numa contratação.
- O caráter interativo da ferramenta facilitaria o processo de contratação de projetos em BIM?
 - A consulta facilitada, tanto às diretrizes quanto às informações do banco de dados são pontos importantes de melhoria. O fato do ambiente de cadastro ser protegido por *login* é relevante, para melhorar o controle das informações lá inseridas. Principalmente se o *login* já definisse a quais elementos a pessoa teria acesso (elementos específicos da sua área). As restrições estabelecidas na matriz de seleção, caso adaptadas às necessidades da companhia, também são relevantes, visto que podem impedir que uma licitação seja preparada para um UMB numa fase (e ND) que não seja compatível.
- Existe alguma característica da ferramenta que dificulta ou inviabiliza seu uso em conformidade com as diretrizes estabelecidas na diretriz BIM da companhia?
 - Além dos pontos de atenção já levantados, nenhuma outra característica inviabilizaria a utilização da ferramenta.

Por último, foi verificado o atendimento aos requisitos básicos estabelecidos para a ferramenta, conforme apresentado no Quadro 9:

Quadro 9: Aplicação da tabela de verificação do atendimento dos requisitos estabelecidos para a ferramenta.

Requisito	Atendido		
	Sim	Não	Por quê?
Facilitar a geração de uma diretriz	X		Ficou claro que o processo iterativo muito facilita a geração de uma diretriz específica para contratação de um projeto em relação ao método tradicional, baseado na extração de

			informações de um documento de texto estático.
Possuir dados de entrada configuráveis	X		Diversos dos itens já cadastrados na diretriz não tinham correlação direta com os definidos pela companhia do caso teste. Contudo, em praticamente todos os casos é possível alterar a configuração da ferramenta para atender a necessidade da companhia.
Contemplar informações de referências sólidas do mercado	X		As referências utilizadas para a ferramenta se baseiam em normativas nacionais e documentos internacionais de ampla utilização no mercado. Em alguns casos, as referências utilizadas para a geração da diretriz da companhia foram as mesmas que as da ferramenta.
Ser de fácil utilização	X		Foi mencionado em diversas oportunidades durante a avaliação que a ferramenta era de fácil utilização e consulta, além de facilitar outros aspectos operacionais de cadastro e manutenção do banco de dados da companhia que nem tinham sido considerados inicialmente.
Permitir a customização das bases de dados	X		Apesar da ferramenta permitir ampla customização da base de dados, notou-se que ainda são necessárias mais opções para atender plenamente as especificidades da companhia.
Gerar um documento composto pelas diretrizes de modelagem e	X		A diretriz gerada estava de acordo com

informações mínimas necessárias para atingir determinado UMB em determinada fase do empreendimento			esta especificação inicial, sendo que as alterações sugeridas são em função das especificidades da diretriz já produzida pela companhia. Num cenário onde a empresa não tem uma diretriz de contratação ou parâmetros especiais que precisassem ser contemplados, o atendimento a este item seria pleno.
Permitir a inserção de outros itens relevantes comumente presentes em um PEB	X		A ferramenta permite a inserção de informações relevantes de um PEB, estabelecidas com base na comparação de guias e diretrizes amplamente utilizadas como referência no mercado.
Documento gerado deve ser de fácil entendimento para o leitor	X		Apesar de terem sido apontadas sugestões de melhoria, o documento já foi considerado de fácil entendimento.

Fonte: O autor.

Sendo assim, é possível verificar que a ferramenta apoia na resolução dos problemas inicialmente identificados e desempenha conforme os limites estabelecidos na metodologia do trabalho.

5.4 Avaliação da segunda versão da ferramenta

Em função das alterações descritas na seção 4.4, foi realizada uma segunda rodada de avaliação com a empresa de caso teste para verificar se as novas funcionalidades implementadas na ferramenta de fato geraram as melhorias esperadas.

Dos requisitos básicos dispostos no Quadro 9, os que são afetados pelas mudanças realizadas na segunda versão são: "Facilitar a geração de uma diretriz", "Ser de fácil utilização" e "Documento gerado deve ser de fácil entendimento para o leitor". Portanto, eles são reavaliados neste segundo caso teste para melhor entender se os benefícios aspirados se concretizaram.

Mais uma vez, foi aplicado um questionário semiestruturado para pautar as principais questões que precisavam ser verificadas, deixando espaço para o entrevistado dar suas opiniões e contribuir de forma abrangente na avaliação da ferramenta.

As perguntas realizadas no questionário e o resumo da discussão gerada estão listados a seguir:

- A nova divisão de interfaces (contratante/consulta) contribui para a ferramenta?
 - A nova divisão das interfaces faz mais sentido que a anterior, visto que todas as ferramentas e recursos necessários para geração da diretriz foram centralizados. A interface de consulta é facilmente acessível, por meio do número do edital e pode ser compartilhada entre os envolvidos para que permita a verificação das informações da diretriz.
- A atribuição de responsáveis, tanto pelo banco de dados quanto no ato de geração da diretriz, é de fácil utilização?
 - No caso da CPTM, a contratação é realizada com apenas uma empresa ou consórcio, que, por sua vez, subcontrata outras empresas para desenvolver os projetos ou atividades de construção. Sendo assim, esta funcionalidade seria relevante somente no caso da empresa contratada compartilhar de antemão as suas subcontratadas para que a informação fosse gerada com a diretriz, permitindo a consulta tanto da CPTM quanto da contratada (e suas subcontratadas) posteriormente. Apesar de não se aplicar diretamente à CPTM, fica claro o valor disso num modelo contratual em que várias subcontratadas respondem diretamente à contratante. A atribuição de responsáveis é simples e intuitiva.
- Os novos filtros (disciplina, responsável, UMB e marco de entrega) facilitam a consulta da diretriz gerada?
 - Os novos filtros ajudam muito na consulta das informações e suprem algumas deficiências apontadas na avaliação da versão anterior. Principalmente os filtros de responsável e marco de entrega, que facilitam a consulta das contratadas às diretrizes e informações necessárias para seus modelos individuais.

6 Conclusão

A utilização do BIM com sucesso está diretamente vinculada com a qualidade e a forma com que são construídos os modelos e as informações neles contidas. Para tanto, são necessárias definições claras pela contratante do que ela espera destes modelos, como fará uso das informações neles inseridas, como será seu processo de desenvolvimento ao longo do ciclo de vida do empreendimento, entre outras. Os documentos de diretrizes de contratação de projetos em BIM são os responsáveis por estabelecer tais definições.

Constatou-se através de revisão bibliográfica que diversos tipos de publicações orientadas à padronização BIM estão disponíveis para utilização como referência para empresas desenvolverem suas próprias diretrizes de contratação de empreendimentos. Contudo, poucos deles de fato agilizam o processo para empresas iniciantes nos processos BIM, normalmente requerendo grande dispêndio de tempo para que sejam completamente entendidos e compilados num documento de aplicação prática. Este fator, aliado ao desconhecimento dos processos e potenciais usos dos modelos BIM, criam uma enorme barreira para empresas iniciantes na adoção destes para desenvolverem suas próprias diretrizes de contratação.

A partir da seleção de bases de conhecimento sólidas e amplamente utilizadas no mercado, a ferramenta desenvolvida neste trabalho teve seu principal foco na aceleração da etapa supramencionada, ainda permitindo, assim, sua flexibilização para que pudesse ser adaptada para a realidade de diferentes empresas e tipos de projeto.

Desde o início do seu desenvolvimento, ficou claro que soluções mais robustas de manipulação de dados seriam necessárias para garantir as características necessárias para o funcionamento esperado da ferramenta. Portanto, foi elegida como ferramenta de desenvolvimento a plataforma Python, associada ao framework Django, amplamente utilizados devido a sua agilidade e diversidade de recursos disponíveis.

Na primeira versão desenvolvida, fez-se a opção de criar dois ambientes na ferramenta, um para geração e consulta da diretriz e outro, protegido por *login*, para cadastro de informações no banco de dados. A primeira interface ainda conta com a possibilidade de

definir itens relevantes para um PEB, de acordo com diversas referências de mercado, que depois são exibidos na diretriz gerada.

A avaliação da primeira versão da ferramenta no caso teste permitiu que fosse verificado o atendimento às premissas de desempenho estabelecidas no início da pesquisa. As heurísticas de construção da ferramenta – restrições de UMB por fase e ND definido para as fases – puderam ser verificadas no caso teste e, apesar das diferenças intrínsecas à forma de trabalho da companhia, estavam inseridas dentro do contexto previsto.

Adicionalmente, as características da ferramenta, como os próprios UMB e fases, eram compatíveis ou passíveis de configuração pelo banco de dados para atendimento aos padrões definidos pela companhia. Na mesma situação estão as diretrizes de modelagem, as informações mínimas requeridas e a forma com que os elementos estão agrupados. Entretanto, o fato da empresa não utilizar a referência do *LOD Spec*, mas sim a do AIA para especificar seus ND, cria um ruído que não é passível de configuração na ferramenta. Apesar da incompatibilidade, este comportamento da ferramenta é proposital e visa maior facilidade de uso para empresas que ainda não possuem suas diretrizes desenvolvidas, que são o foco deste trabalho.

As entrevistas conduzidas ainda possibilitaram vislumbrar algumas necessidades ainda não identificadas, como a necessidade de incluir novos campos no cadastro de elementos no banco de dados e a criação de filtros para facilitar a consulta da diretriz gerada.

Tais sugestões, associadas com outras propostas feitas pelo pesquisador ao revisitar as questões iniciais da pesquisa, foram a base para a criação de uma segunda versão da ferramenta. Buscou-se mudar as interfaces disponíveis para melhor refletir a realidade de um projeto, criando-se um ambiente para a contratante cadastrar as informações necessárias e gerar sua diretriz, protegido por *login*, e outro ambiente voltado apenas para a consulta das informações geradas. Ainda foi incluída a possibilidade de atribuir responsáveis pelos diversos elementos definidos na diretriz, para explicitar as incumbências de cada fornecedor.

Uma segunda rodada de avaliação permitiu verificar que a ferramenta de fato amadureceu em relação à primeira versão, tornando mais fácil o processo de consulta às diretrizes geradas e agregando novas funcionalidades, como foi o caso da atribuição de

responsáveis. A nova divisão das interfaces também foi bem recebida e pontuou-se que ela é mais interessante que a da versão anterior.

Também é possível comparar a ferramenta criada àquelas utilizadas como base para o seu desenvolvimento, como o NBS BIM Toolkit e o LOD Planner. Neste caso, a ferramenta apresenta-se como uma alternativa que já prevê UMB e padronizações nacionais, apesar de estar num estágio menos maduro que as outras.

É importante ressaltar que o banco de dados da ferramenta desenvolvida continha apenas elementos das disciplinas de Arquitetura e Estruturas, não sendo possível validar os mesmos aspectos para as disciplinas de Instalação e Infraestrutura de via, também parte do escopo da empresa do caso teste. Escopo este que não é necessariamente o mesmo das empresas do setor imobiliário, mas que foi aproximado para tal, baseado na similaridade da construção dos edifícios das estações com o de empreendimentos comerciais. O desenvolvimento da ferramenta foi limitado pelo conhecimento do autor, que não é especialista em programação ou desenvolvimento de aplicativos, sendo possível para indivíduos mais expertos no campo desenvolverem funcionalidades mais elaboradas.

Verificadas as heurísticas de construção, as soluções encontradas para o problema identificado no trabalho podem ser generalizadas para a classe de problemas Fluxo e Gestão da Informação, focado especialmente em facilitar o processo de geração de diretrizes para especificação de projetos contratados em BIM. Os aprendizados e os produtos deste trabalho podem ser generalizados para outros tipos de edificação a partir da configuração do banco de dados da ferramenta. Esta premissa inicial que visava flexibilizar as informações disponíveis acaba sendo um fator chave para abrir uma gama maior de aplicabilidade da ferramenta em outros mercados, que não o de empreendimentos metroferroviários.

Como recomendação para próximos estudos, sugere-se a criação de mais opções que facilitem a consulta das diretrizes geradas e maior flexibilidade nos formatos de exportação do documento, a possibilidade de agregar mais bases de conhecimento como referência para a ferramenta, para que cada empresa possa eleger aquela que melhor se encaixa na realidade dos seus projetos, além de incluir elementos das demais disciplinas faltantes. Também se sugere a possibilidade de integração da ferramenta com fluxos para gerenciamento da produção de projeto, permitindo que sejam assinalados responsáveis para produção de cada conjunto de elementos do modelo e o acompanhamento do seu desenvolvimento.

7 Referências bibliográficas

ABDI – Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial. **Coletânea GUIAS BIM ABDI-MDIC**. ABDI, 2018. 6 v.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12722: Discriminação de serviços para construção de edifícios. 1992. 14 p.

AIA – AMERICAN INSTITUTE OF ARCHITECTS. **AIA Document E203-2013: Building Information Modeling and Data Exhibit**, 2013a. Disponível em: <<http://www.aia.org/aiaucmp/groups/aia/documents/pdf/aiab099084.pdf>>. Acesso em: 15 ago. 2015.

____. **AIA Document G201-2013: Project Digital Data Protocol Form**, 2013b. Disponível em: <<http://www.aia.org/aiaucmp/groups/aia/documents/pdf/aiab099085.pdf>>. Acesso em: 15 ago. 2015.

____. **AIA Document G202-2013: Project Building Information Modeling Protocol Form**, 2013c. Disponível em: <<http://aiad8.prod.acquia-sites.com/sites/default/files/2016-09/AIA-G202-2013-Free-Sample-Preview.pdf>>. Acesso em: 15 ago. 2015.

AsBEA – GTBIM. **Boas Práticas em BIM**. Fascículo II. São Paulo: AsBEA, 2015.

BCA. Singapore BIM Guide version 2.0, Singapura, 2013. Disponível em: <[https://www.corenet.gov.sg/integrated_submission/bim/BIM/Singapore BIM Guide_V2.pdf](https://www.corenet.gov.sg/integrated_submission/bim/BIM/Singapore_BIM_Guide_V2.pdf)>. Acesso em: 15 ago. 2015.

BERLO, L. A. H. M. VAN, BOMHOF, F., KORPERSHOEK, G. (2014). Creating the Dutch National BIM Levels of Development. In: **14th International Conference on Computing in Civil and Building Engineering**, 2014, Orlando, EUA. **Anais...**: American Society of Civil Engineers, 2014. pp. 129-136.

BIM Acceleration Committee. **New Zealand BIM Handbook: A guide to enabling BIM on building projects**, 2014. Disponível em: <<http://www.building.govt.nz/bim-in-nz>>. Acesso em: 15 dez. 2015.

BIM DICTIONARY. **Uso do Modelo**. 2018. Disponível em: <<https://bimdictionary.com/pt/model-use>>. Acesso em: 15 fev 2018.

____. **Conceptualization.** 2017a. Disponível em: < <https://bimdictionary.com/en/conceptualization> >. Acesso em: 01 out 2017.

____. **Space Programming.** 2017b. Disponível em: < <https://bimdictionary.com/en/space-programming> >. Acesso em: 01 out 2017.

BIM EXCELLENCE. **Model Uses List.** 2016. Disponível em: < <http://bimexcellence.com/model-uses/> >. Acesso em: 01 out 2017.

BIMFORUM. **Level of Development Specification: For Building Information Models,** 2017. Disponível em: < <http://bimforum.org/lod/> >. Acesso em: 02 jan 2018.

BIPS. **3D Working Method 2006,** 2007. Disponível em: <[http://changeagents.blogs.com/Linked_Documents/BIPS 3D Working Method.pdf](http://changeagents.blogs.com/Linked_Documents/BIPS_3D_Working_Method.pdf)>. Acesso em: 19 abr 2016.

BOLPAGNI, M.; CIRIBINI, A. L. C. The Information Modeling and the Progression of Data-Driven Projects. In: **CIB World Building Congress,** 2016, Tampere, Finlândia. **Anais...** Tampere: Tampere University of Technology, 2016.

BSA. **National Building Standards – United States Version 3,** 2015. Disponível em: <https://www.nationalbimstandard.org/files/NBIMS-US_V3.zip>. Acesso em: 15 ago. 2015.

BSI. **PAS 1192-2:2013 – Specification for information management for the capital/delivery phase of construction projects using building information modelling.** The British Standards Institution, 2013.

CBIC – CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO **Coletânea Implementação do BIM para Construtoras e Incorporadoras.** Brasília: CBIC, 2016. 5 v.

CIC Research Program. **BIM Project Execution Planning Guide Version 2.1,** 2011. Disponível em: <<http://bim.psu.edu>>. Acesso em: 15 ago. 2015.

CIC. **Building Information Model (BIM) Protocol: Standard Protocol for use in project using Building Information Models,** 2013. Disponível em: <<http://www.bimtaskgroup.org/bim-protocol/>>. Acesso em: 15 ago. 2015.

CPTM – Companhia Paulista de Trens Metropolitanos. **Instrução Técnica para Contratação em BIM.** 2017. 178 p.

DANTAS FILHO, J.B.P.; AMORIM, G.B.A.; TABATINGA NETO, J.L.; SOUZA, A.F.R.D.; BERTINI, A.A.; BARROS NETO, J.P. BIM em construtora. Prototipagem e compatibilização de projetos de alvenarias e instalações. In: **VII Encontro de Tecnologia de Informação e Comunicação na Construção**, 2015. Recife. **Anais...**, Porto Alegre, ANTAC, 2015.

DJANGO. Django Overview. 2017. **Django**, jun. 2017. Disponível em: <<https://www.djangoproject.com/start/overview/>>. Acesso em: 02 jun 2017.

DODGE DATA ANALYTICS. **SmartMarket Brief**: BIM Advancements No. 1. 2015. Disponível em: <http://images.marketing.construction.com/Web/McGrawHillConstruction/%7Bfba205cd-d9d3-41fb-8e27-d490b9c5be4e%7D_SMBrief-BIM-Advancements-01.pdf>. Acesso em: 12, jun. 2017.

DRESCH, A.; LACERDA, D. P.; ANTUNES JR, J. A. V. A. **Design Science Research: método de pesquisa para avanço da ciência e tecnologia**. 1ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2015. 181 p.

DURANTE, F. K.; MENDES JR, R.; SCHEER, S.; GARRIDO, M. C. Avaliação de aspectos fundamentais para a gestão integrada do processo de projeto e planejamento com uso do BIM. In: **VII Encontro de Tecnologia de Informação e Comunicação na Construção**, 2015. Recife. **Anais...**, Porto Alegre, ANTAC, 2015.

EASTMAN, C. M.; TEICHOLZ, P.; SACKS, R.; LISTON, K. **Manual de BIM**. 1ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2014. 483 p.

FARIA, Diego R. G.; BARROS, Mercia M. S. B.; SANTOS, Eduardo T. Proposição de um protocolo para contratação de projetos em BIM para o mercado da construção civil nacional. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2016.

FIESP – FEDERAÇÃO DA INDÚSTRIA DO ESTADO DE SÃO PAULO. **BIM** Modelagem de Informação da Construção. 2016a. Disponível em: <<http://az545403.vo.msecnd.net/observatoriodaconstrucao/2016/05/Relatorio-DECONCIC-sobre-BIM.pdf>>. Acesso 04 mar. 2018.

FIESP – FEDERAÇÃO DA INDÚSTRIA DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Investir com responsabilidade**. 12º Congresso Brasileiro da Construção – ConstruBusiness. São Paulo: 05, dez. 2016b.

HENTTINEN, G. O. T. **COBIM Common BIM Requirements v1.0**, 2012. Disponível em: <<http://www.en.buildingsmart.kotisivukone.com/3>>. Acesso em: 04 abr. 2016.

Hong Kong CIC. **CIC Building Information Modelling Standards**, 2015. Disponível em: <<http://www.hkcic.org/WorkArea/linkit.aspx?LinkIdentifier=id&ItemID=14875&libID=14933&langType=1033>>. Acesso em: 19 abr 2016.

KASSEM, M.; AMORIM, S. R. L. **BIM: BUILDING INFORMATION MODELING no Brasil e na União Européia**. MDIC/UE. Brasília, p. 162. 2015.

KASSEM, M.; SUCCAR, B.; DAWOOD, N. Building Information Modeling: Analyzing Noteworthy Publications of Eight Countries Using a Knowledge Content Taxonomy. In: ASCE **Building Information Modeling: Applications and Practices**. Gainesville, FL: University of Florida, 2015. Cap. 13, p. 329-371.

KREIDER, R. G.; MESSNER, J. I. **The Uses of BIM: Classifying and Selecting BIM Uses**, University Park, PA, EUA, Set. 2013. Disponível em: < http://bim.psu.edu/uses/the_uses_of_bim.pdf >. Acesso em: 04 dez. 2015.

KREIDER, R.; MESSNER, J. DUBLER, C. Determining the Frequency and Impact of Applying BIM for Different Purposes on Building Projects. In: **Proceedings of the 6th International Conference on Innovation in Architecture, Engineering and Construction (AEC)**. University Park: Penn State University, 2010. Disponível em: <http://bim.psu.edu/uses/Freq-Benefit/BIM_Use-2010_Innovation_in_AEC-Kreider_Messner_Dubler.pdf>. Acesso em 11 jun 2017.

LOD PLANNER. **BIM Execution Planning Software – LOD Planner | Product** , 2017. Disponível em: <<https://www.lodplanner.com/product>>. Acesso em: 20 nov. 2017.

LUKKA, K. “**The constructive research approach**”. In: Ojala, L. & Hilmola, O-P. (eds.) Case study research in logistics. Publications of the Turku School of Economics and Business Administration: Series B1, p.83-101. 2014.

MCGRAW-HILL CONSTRUCTION. **Detailed Findings Non-Users of BIM**, jul. 2009. Disponível em: <http://www.bim.construction.com/research/pdfs/2009_BIM_Non-Users_of_BIM.pdf>. Acesso em: 15 ago. 2015.

_____. **The business value of BIM for Construction in Global Markets**. McGraw-Hill Construction. Bedford, MA, E.U.A. 2014.

NATSPEC. **NATSPEC National BIM Guide, 2011**. Disponível em: <<http://bim.natspec.org/index.php/natspec-bim-documents/national-bim-guide>>. Acesso em: 15 ago. 2015.

NBS – National Building Specification. **NBS BIM Toolkit, 2017**. Disponível em: <<https://toolkit.thenbs.com>>. Acesso em: 12 jun. 2017.

OYEGOKE, A. The constructive research approach in project management research. **International Journal of Managing Projects in Business**, Vol. 4 No. 4, 2011. p. 573-595.

SANTOS, E. T.; CATELANI, W. S. Normas brasileiras sobre BIM – parte 2: componentes BIM. **Concreto & Construções**, v. 44, nº 55, 2017. p. 55-59.

SILVA, F. A. C. Construtoras, entidades setoriais e fornecedores se mobilizam e aumentam uso do processo de Modelagem da Informação da Construção no País. **Construção Mercado**, n. 162, jan. 2015. Disponível em: <<http://construcaomercado.pini.com.br/negocios-incorporacao-construcao/162/construtoras-entidades-setoriais-e-fornecedores-se-mobilizam-e-aumentam-uso-335413-1.aspx>>. Acesso em: 16 ago. 2015.

SMITH, P. BIM implementation - global strategies. **Procedia Engineering**, 2014. P. 482-492.

SOUZA, L. L. A.; AMORIM, S. R. L.; LYRIO, A. M. Impactos do uso do BIM em escritórios de Arquitetura: Oportunidades no mercado imobiliário. **Gestão & Tecnologia de Projetos**, vol. 4, nº 2, nov. 2009. p. 26-53.

STATSBYGG. **Statsbygg Building Information Modelling Manual Version 1.2.1**, Oslo, Noruega, 2013. Disponível em: <<http://www.statsbygg.no/Files/publikasjoner/manualer/StatsbyggBIM-manual-ver1-2-1eng-2013-12-17.pdf>>. Acesso em: 04 abr. 2016.

SUCCAR, B. Building information modeling framework: A research delivery foundation for industry stakeholders. **Automation in Construction**, 18, 2009. 357-375.

SUCCAR, B. Macro Maturity Components. **BIM Thinkspace**, jul. 2014. Disponível em: <<http://www.bimframework.info/2014/07/macro-maturity-components.html>>. Acesso em: 03 jul. 2017.

VA. **The VA BIM Guide v1.0.** 2010. Disponível em: <<https://www.cfm.va.gov/til/bim/bimguide/downloads/VA-BIM-Guide.pdf>>. Acesso em: 12 mar. 2017.

VAN RILLAER, D; BURGER, J.; PLOEGMAKERS, R.; MITOSSI, V. **Rgd BIM Standard Version 1.0.1**, 2012. Disponível em: <http://www.rijksvastgoedbedrijf.nl/binaries/central-government-real-estate-agency/documents/publication/2014/07/08/rgd-bim-standard-v1.0.1-en-v1.0_2/Rgd_BIM_Standard_v1_0_1_EN_v1_0__2_.pdf>. Acesso em: 04 abr. 2016.

VEIT, D. R. **Em direção a produção de conhecimento modo 2: análise de proposição de um framework para pesquisa em processos de negócios.** 2013. 113 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção e Sistemas) – Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, 2013.

APÊNDICE A – Diretrizes de modelagem geradas pela ferramenta informatizada

Pilares de fundação - 3E.1.10.10.30	
ND 100	<p>Fundações previstas devem ser incluídas em outros elementos modelados, como um elemento de piso ou uma massa que contenha uma camada para profundidade estimada da estrutura.</p> <p>OU</p> <p>Representadas por elementos esquemáticos que não sejam distinguíveis por tipo ou material. Profundidade/espessura da montagem e localização ainda são flexíveis.</p>
ND 200	<p>A modelagem deve incluir:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Dimensões aproximadas e formato geral do elemento • Eixos da edificação para localização geográfica devem estar definidos no modelo e coordenados com o sistema de coordenadas global
ND 300	<p>A modelagem deve incluir:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Profundidade estimada de embutimento do pilar na camada de suporte do carregamento deve ser modelada conforme relatório geotécnico • Topo do pilar • Base do pilar
ND 350	<p>A modelagem deve incluir:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Posição real do topo do pilar e estimada do fundo do pilar devem ser modeladas conforme inspeção de campo • Esperas da fundação e barras de ancoragem, caso aplicável
ND 400	<p>A modelagem deve incluir:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Profundidade até a camada de suporte do solo • Embutimento na camada de suporte do solo • Localização das sobreposições das armaduras • Detalhamento das armaduras, incluindo ganchos e sobreposições • Esperas • Espaçadores (distanciadores) circulares para garantir cobrimento lateral

Construção de escada - 3E.2.10.80.10	
ND 100	<p>Estimativas para todos os sistemas de escadas (incluindo corrimãos, escadas para saída de emergência, acessos de passarelas e escadas marinheiro) são incluídas em outros elementos modelados como elemento espacial ou massa;</p> <p>OU</p> <p>Modelo esquemático que indique as dimensões gerais aproximadas do sistema de escadas.</p>
ND 200	<p>Modelo genérico com pisos e espelhos simplificados</p> <p>A modelagem geral da unidade deve incluir:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Dimensões nominais de planta (largura, comprimento) • Dimensões nominais verticais (níveis, patamares)
ND 300	<p>Principais elementos de suporte devem ser modelados (banzos).</p> <p>Pisos e degraus modelados para indicar especificações de bocel.</p>
ND 350	Elementos secundários de fixação devem ser modelados.
ND 400	Todos os elementos da escada devem ser modelados para possibilitar a fabricação e instalação.

Parede externa com revestimento - 3E.2.20.10.10	
ND 100	<p>Modelo de massa sólida representando volume geral da construção. OU Elementos esquemáticos não distinguíveis por tipo ou material.</p> <p>Espessura/profundidade e localização da montagem ainda são flexíveis.</p>
ND 200	<p>Elementos genéricos da parede são separados por tipo de material (ex.: parede de tijolo vs parede de blocos).</p> <p>Espessura geral aproximada da parede representada por uma montagem única.</p> <p>Disposição e localização ainda são flexíveis.</p>
ND 300	<p>Elemento de modelo único, com espessura geral especificada que leve em conta camada de revestimento externo, estrutura, isolamento, camada de ar e acabamento interno especificados para o sistema de parede. (Referir ao LOD350 e LOD 400 para elementos modelados individualmente)</p> <p>Furações são modeladas conforme suas dimensões nominais para grandes aberturas, como janelas, portas ou elementos mecânicos grandes.</p> <p>Informação não-gráfica requerida para os elementos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tipo de parede • Materiais
ND 350	<p>Revestimento externo modelado como um elemento separado.</p> <p>Todas as aberturas devem ser modeladas com dimensões aproximadas.</p> <p>Painéis de concreto pré-moldado são individualmente modelados. Pontos de conexão devem ser especificados.</p> <p>Conexões com sistemas de interface.</p>
ND 400	<p>A modelagem deve incluir:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Blocos modelados individualmente • Retardante de umidade • Chapa de madeira (drywall) • Isolamento • Estrutura do núcleo (drywall) • Parafusos (drywall) • Base de concreto

Janelas externas fixas - 3E.2.20.20.20	
ND 100	<p>Modelo de massa sólida representando volume geral da construção. OU Elementos esquemáticos não distinguíveis por tipo ou material.</p> <p>Espessura/profundidade e localização da montagem ainda são flexíveis.</p>
ND 200	<p>Janelas aproximadas em termos de localização, dimensões, quantidade e tipo. Unidades são modeladas como um componente monolítico simples; ou representadas com caixa e painel de vidro simplificados.</p> <p>Dimensão nominal da unidade deve ser provida.</p>
ND 300	<p>Unidades devem ser modeladas com base em localização e dimensões nominais especificadas. Geometria externa da caixa da janela e dos painéis de vidro devem ser modelados na localização correta.</p> <p>Uso da janela deve ser indicado.</p>
ND 350	<p>Vão de abertura deve ser modelado na parede hospedeira.</p> <p>Definição do método de união da janela à estrutura.</p> <p>Modelagem dos elementos embutidos.</p> <p>Modelagem de vedações e selantes.</p>
ND 400	<p>Perfis dos caixilhos devem ser detalhados.</p> <p>Sub-elementos dos painéis de vidro (juntas).</p> <p>Modelagem dos elementos de fixação associados.</p>

Porta e Batente - 3E.2.20.50.20	
ND 100	<p>Modelo de massa sólida representando volume geral da construção. OU Elementos esquemáticos não distinguíveis por tipo ou material.</p> <p>Espessura/profundidade e localização da montagem ainda são flexíveis.</p>
ND 200	<p>Unidades são modeladas com um elemento monolítico simples; OU Representadas com uma geometria simples de batente e painel.</p> <p>Tamanho nominal da unidade deve ser incluído.</p>
ND 300	<p>Portas de entrada devem ser modeladas por tipo, incluindo:</p> <p>Painéis e batentes específicos (caso aplicável).</p> <p>Especificação para a operação do elemento. Requerimentos espaciais para operação podem ser modelados caso definido no Plano de Execução BIM.</p>
ND 350	<p>Vão de abertura deve ser modelado na parede hospedeira.</p> <p>Elementos principais da estrutura nas aberturas, como guias e montantes (instalações em drywall) devem ser modelados.</p> <p>Soleira.</p> <p>Operação e mecanismos envoltórios da porta devem ser modelados.</p> <p>Todas as conexões e interfaces devem ser modeladas, incluindo dobradiças e suportes.</p>
ND 400	<p>Todas as conexões e interfaces devem ser modeladas, incluindo dobradiças, suportes, selantes e soleira.</p>

APÊNDICE B – Requisitos de informações mínimas gerados pela ferramenta informatizada

Pilares de fundação - 3E.1.10.10.30	
ND 200	<p>Concreto</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tipo do Membro / Inteiro / Opções: [(0) Fundação (1) Viga (2) Coluna (3) Laje (4) Parede] <p>Madeira:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tipo de Membro / Inteiro / Opções: [(0) Fundação (1) Viga (2) Coluna (3) Deque (4) Parede] <p>Alvenaria</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tipo de Parede • Parede Suporta Carga / Booleano[Sim/Não] <p>Concreto Pré-moldado</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tipo de Membro / Inteiro / Opções: [(0) Fundação (1) Viga (2) Coluna (3) Laje (4) Parede]
ND 300	<p>Concreto:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tipo do Membro / Inteiro / Opções: [(0) Fundação (1) Viga (2) Coluna (3) Laje (4) Parede] • Resistência à Compressão do Concreto / Decimal[Pa] / Exemplo: [15MPa] • Resistência à Flexão da Armadura / Decimal[Pa] / Exemplo: [400MPa] • Resistência ao Cisalhamento da Armadura / Decimal[Pa] / Exemplo: [400MPa] <p>Madeira:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tipo de Membro / Inteiro / Opções: [(0) Fundação (1) Viga (2) Coluna (3) Deque (4) Parede] • Resistência à Flexão / Decimal[Pa] • Resistência ao Cisalhamento / Decimal[Pa] <p>Alvenaria:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tipo de Parede • Espessura Total da Parede / Exemplo: [20cm] • Espessura do Substrato da Parede / Exemplo: [20cm] • Acabamento da Face 1 da Parede / Exemplo: [5cm] • Acabamento da Face 2 da Parede • Parede Suporta Carga / Booleano[Sim/Não] <p>Concreto Pré-moldado</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tipo de Membro / Inteiro / Opções: [(0) Fundação (1) Viga (2) Coluna

Pilares de fundação - 3E.1.10.10.30	
	<p>(3) Laje (4) Parede]</p> <ul style="list-style-type: none"> • Resistência à Compressão do Concreto / Decimal[Pa] / Exemplo: [15MPa] • Resistência à Flexão da Armadura / Decimal[Pa] / Exemplo: [400MPa] • Resistência ao Cisalhamento da Armadura / Decimal[Pa] / Exemplo: [400MPa]
ND 350	<p>Concreto:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tipo do Membro / Inteiro / Opções: [(0) Fundação (1) Viga (2) Coluna (3) Laje (4) Parede] • Resistência à Compressão do Concreto / Decimal[Pa] / Exemplo: [15MPa] • Resistência à Flexão da Armadura / Decimal[Pa] / Exemplo: [400MPa] • Resistência ao Cisalhamento da Armadura / Decimal[Pa] / Exemplo: [400MPa] <p>Madeira:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tipo de Membro / Inteiro / Opções: [(0) Fundação (1) Viga (2) Coluna (3) Deque (4) Parede] • Resistência à Flexão / Decimal[Pa] • Resistência ao Cisalhamento / Decimal[Pa] <p>Alvenaria:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tipo de Parede • Espessura Total da Parede / Exemplo: [20cm] • Espessura do Substrato da Parede / Exemplo: [20cm] • Acabamento da Face 1 da Parede / Exemplo: [5cm] • Acabamento da Face 2 da Parede • Parede Suporta Carga / Booleano[Sim/Não] • Tipo de Bloco / Exemplo: [Bloco Cerâmico 14x19x29] <p>Concreto Pré-moldado</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tipo de Membro / Inteiro / Opções: [(0) Fundação (1) Viga (2) Coluna (3) Laje (4) Parede] • Resistência à Compressão do Concreto / Decimal[Pa] / Exemplo: [15MPa] • Resistência à Flexão da Armadura / Decimal[Pa] / Exemplo: [400MPa] • Resistência ao Cisalhamento da Armadura / Decimal[Pa] / Exemplo: [400MPa]
ND 400	<p>Concreto:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tipo do Membro / Inteiro / Opções: [(0) Fundação (1) Viga (2) Coluna (3) Laje (4) Parede] • Resistência à Compressão do Concreto / Decimal[Pa] / Exemplo: [15MPa] • Resistência à Flexão da Armadura / Decimal[Pa] / Exemplo: [400MPa] • Resistência ao Cisalhamento da Armadura / Decimal[Pa] / Exemplo: [400MPa]

Pilares de fundação - 3E.1.10.10.30	
	<p>Madeira:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tipo de Membro / Inteiro / Opções: [(0) Fundação (1) Viga (2) Coluna (3) Deque (4) Parede] • Resistência à Flexão / Decimal[Pa] • Resistência ao Cisalhamento / Decimal[Pa] <p>Alvenaria:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tipo de Parede • Espessura Total da Parede / Exemplo: [20cm] • Espessura do Substrato da Parede / Exemplo: [20cm] • Acabamento da Face 1 da Parede / Exemplo: [5cm] • Acabamento da Face 2 da Parede • Parede Suporta Carga / Booleano[Sim/Não] • Tipo de Bloco / Exemplo: [Bloco Cerâmico 14x19x29] <p>Concreto Pré-moldado</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tipo de Membro / Inteiro / Opções: [(0) Fundação (1) Viga (2) Coluna (3) Laje (4) Parede] • Resistência à Compressão do Concreto / Decimal[Pa] / Exemplo: [15MPa] • Resistência à Flexão da Armadura / Decimal[Pa] / Exemplo: [400MPa] • Resistência ao Cisalhamento da Armadura / Decimal[Pa] / Exemplo: [400MPa]

Construção de escada - 3E.2.10.80.10	
ND 200	<p>Concreto</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tipo do Membro / Inteiro / Opções: [(0) Fundação (1) Viga (2) Coluna (3) Laje (4) Parede]
ND 300	<p>Concreto Pré-moldado</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tipo de Membro / Inteiro / Opções: [(0) Fundação (1) Viga (2) Coluna (3) Laje (4) Parede] • Resistência à Compressão do Concreto / Decimal[Pa] / Exemplo: [15MPa] • Resistência à Flexão da Armadura / Decimal[Pa] / Exemplo: [400MPa] • Resistência ao Cisalhamento da Armadura / Decimal[Pa] / Exemplo: [400MPa] <p>Estrutura Metálica:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Dimensão e Seção NBR / Texto / Exemplo: [W150x13,0, etc.] • Resistente ao fogo / Booleano[Sim/Não] <p>Concreto:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tipo do Membro / Inteiro / Opções: [(0) Fundação (1) Viga (2) Coluna (3) Laje (4) Parede] • Resistência à Compressão do Concreto / Decimal[Pa] / Exemplo: [15MPa] • Resistência à Flexão da Armadura / Decimal[Pa] / Exemplo: [400MPa] • Resistência ao Cisalhamento da Armadura / Decimal[Pa] / Exemplo: [400MPa]
ND 350	<p>Concreto Pré-moldado</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tipo de Membro / Inteiro / Opções: [(0) Fundação (1) Viga (2) Coluna (3) Laje (4) Parede] • Resistência à Compressão do Concreto / Decimal[Pa] / Exemplo: [15MPa] • Resistência à Flexão da Armadura / Decimal[Pa] / Exemplo: [400MPa] • Resistência ao Cisalhamento da Armadura / Decimal[Pa] / Exemplo: [400MPa] <p>Estrutura Metálica:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Dimensão e Seção NBR / Texto / Exemplo: [W150x13,0, etc.] • Resistente ao fogo / Booleano[Sim/Não] • Grau do Material / Texto / Exemplo: [ASTM A53 Grau B, etc.] <p>Concreto:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tipo do Membro / Inteiro / Opções: [(0) Fundação (1) Viga (2) Coluna (3) Laje (4) Parede] • Resistência à Compressão do Concreto / Decimal[Pa] / Exemplo: [15MPa] • Resistência à Flexão da Armadura / Decimal[Pa] / Exemplo: [400MPa] • Resistência ao Cisalhamento da Armadura / Decimal[Pa] / Exemplo: [400MPa]

Construção de escada - 3E.2.10.80.10	
ND 400	<p>Concreto Pré-moldado</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tipo de Membro / Inteiro / Opções: [(0) Fundação (1) Viga (2) Coluna (3) Laje (4) Parede] • Resistência à Compressão do Concreto / Decimal[Pa] / Exemplo: [15MPa] • Resistência à Flexão da Armadura / Decimal[Pa] / Exemplo: [400MPa] • Resistência ao Cisalhamento da Armadura / Decimal[Pa] / Exemplo: [400MPa] <p>Estrutura Metálica:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Dimensão e Seção NBR / Texto / Exemplo: [W150x13,0, etc.] • Resistente ao fogo / Booleano[Sim/Não] • Grau do Material / Texto / Exemplo: [ASTM A53 Grau B, etc.] <p>Concreto:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tipo do Membro / Inteiro / Opções: [(0) Fundação (1) Viga (2) Coluna (3) Laje (4) Parede] • Resistência à Compressão do Concreto / Decimal[Pa] / Exemplo: [15MPa] • Resistência à Flexão da Armadura / Decimal[Pa] / Exemplo: [400MPa] • Resistência ao Cisalhamento da Armadura / Decimal[Pa] / Exemplo: [400MPa]

Parede externa com revestimento - 3E.2.20.10.10	
ND 200	Alvenaria: <ul style="list-style-type: none"> • Tipo de Parede • Parede Suporta Carga / Booleano[Sim/Não]
ND 300	Alvenaria: <ul style="list-style-type: none"> • Tipo de Parede • Espessura Total da Parede / Exemplo: [20cm] • Espessura do Substrato da Parede / Exemplo: [20cm] • Acabamento da Face 1 da Parede / Exemplo: [5cm] • Acabamento da Face 2 da Parede • Parede Suporta Carga / Booleano[Sim/Não]
ND 350	Alvenaria: <ul style="list-style-type: none"> • Tipo de Parede • Espessura Total da Parede / Exemplo: [20cm] • Espessura do Substrato da Parede / Exemplo: [20cm] • Acabamento da Face 1 da Parede / Exemplo: [5cm] • Acabamento da Face 2 da Parede • Parede Suporta Carga / Booleano[Sim/Não] • Tipo de Bloco / Exemplo: [Bloco Cerâmico 14x19x29]
ND 400	Alvenaria: <ul style="list-style-type: none"> • Tipo de Parede • Espessura Total da Parede / Exemplo: [20cm] • Espessura do Substrato da Parede / Exemplo: [20cm] • Acabamento da Face 1 da Parede / Exemplo: [5cm] • Acabamento da Face 2 da Parede • Parede Suporta Carga / Booleano[Sim/Não] • Tipo de Bloco / Exemplo: [Bloco Cerâmico 14x19x29]

Janelas externas - 3E.2.20.20.0	
ND 200	<p>Abertura Externa Envidraçada:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Construção / Texto / Exemplo: [Utilizado (painel de vidro e estruturas combinado), Colado (Stick), Envidraçamento Estrutural]
ND 300	<p>Abertura Externa Envidraçada:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Construção / Texto / Exemplo: [Unitizado (painel de vidro e estruturas combinado), Colado (Stick), Envidraçamento Estrutural] • Material / Texto / Exemplo: [Alumínio, Bronze, Aço-inox, Vidro Perfil-U (Channel Glass)] • Isolação Térmica / Número[W/m².K]
ND 350	<p>Abertura Externa Envidraçada:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Construção / Texto / Exemplo: [Unitizado (painel de vidro e estruturas combinado), Colado (Stick), Envidraçamento Estrutural] • Material / Texto / Exemplo: [Alumínio, Bronze, Aço-inox, Vidro Perfil-U (Channel Glass)] • Isolação Térmica / Número[W/m².K]
ND 400	<p>Abertura Externa Envidraçada:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Construção / Texto / Exemplo: [Unitizado (painel de vidro e estruturas combinado), Colado (Stick), Envidraçamento Estrutural] • Material / Texto / Exemplo: [Alumínio, Bronze, Aço-inox, Vidro Perfil-U (Channel Glass)] • Isolação Térmica / Número[W/m².K]

Portas e Grelhas Externas - 3E.2.20.50.0	
ND 200	Porta Externa: <ul style="list-style-type: none"> • Tipo / Texto / Exemplo: [Simples, Dupla, De Correr, etc.]
ND 300	Porta Externa: <ul style="list-style-type: none"> • Tipo / Texto / Exemplo: [Simples, Dupla, De Correr, etc.] • Material - Batente / Texto / Exemplo: [Madeira, Metal, Vidro, etc.] • Material - Folha / Texto / Exemplo: [Sólida/Sarrafeada, Metal/Madeira, etc.] • Conjunto de ferragens / Texto • Resistência a fogo / Texto / Opções: [P-30, P-60, P-90, P-120]
ND 350	Porta Externa: <ul style="list-style-type: none"> • Tipo / Texto / Exemplo: [Simples, Dupla, De Correr, etc.] • Material - Batente / Texto / Exemplo: [Madeira, Metal, Vidro, etc.] • Material - Folha / Texto / Exemplo: [Sólida/Sarrafeada, Metal/Madeira, etc.] • Conjunto de ferragens / Texto • Resistência a fogo / Texto / Opções: [P-30, P-60, P-90, P-120]
ND 400	Porta Externa: <ul style="list-style-type: none"> • Tipo / Texto / Exemplo: [Simples, Dupla, De Correr, etc.] • Material - Batente / Texto / Exemplo: [Madeira, Metal, Vidro, etc.] • Material - Folha / Texto / Exemplo: [Sólida/Sarrafeada, Metal/Madeira, etc.] • Conjunto de ferragens / Texto • Resistência a fogo / Texto / Opções: [P-30, P-60, P-90, P-120]

ANEXO A – Diretrizes da empresa do caso teste

As propriedades listadas nas tabelas abaixo referem-se às propriedades nativas do aplicativo, exceto quando identificadas por um asterisco “*” (o asterisco deve ser omitido no aplicativo). Para as propriedades nativas, a nomenclatura abaixo é dada conforme a versão em português do software, seguida por sua tradução conforme a versão em inglês (escrita entre chaves – “{ }”). Não há correspondência com o inglês para as propriedades não nativas.

INFRAESTRUTURA	
Fundação profunda	
Categoria: Fundações estruturais <i>{Structural Foundations}</i>	
LOD	Descrição
100	Podem ser indicadas por meio de símbolos ou como parte de outros elementos do modelo.
200	<p>O tipo da fundação deve ser especificado e sua forma e dimensões podem ser aproximadas. O Material <i>{Material}</i>, deve estar caracterizado conforme sua tabela específica.</p> <p>Propriedades:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Descrição <i>{Description}</i>.
300	<p>Forma, dimensões, localização e quantidades devem refletir as condições reais da implantação. As partes que formam a fundação (ex.: blocos, estacas, lastros) devem ser elementos distintos que podem estar agrupados para formar um único elemento.</p> <p>Propriedades:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Nível <i>{Level}</i>; • Elevação na parte inferior <i>{Elevation at Bottom}</i>; • Cota de arrasamento*; • Localização*; • Marca <i>{Mark}</i> – Ex.: B1, B2; • Capacidade de carga*.
400	<p>As armaduras, com dimensões, formas e quantidades conforme projetado, devem ser incluídas conforme descrito em sua tabela específica.</p> <p>Propriedades:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Recobrimento de vergalhão - Face superior <i>{Rebar Cover – Top Face}</i>; • Recobrimento de vergalhão - Face inferior <i>{Rebar Cover – Bottom Face}</i>; • Recobrimento de vergalhão - Outras Faces <i>{Rebar Cover – Other Face}</i>.
500	Geometria e propriedades conforme construído.

SUPERESTRUTURA	
Escada	
Categoria: Escadas {Stairs}	
LOD	Descrição
100	Escadas podem ser representadas por meio de modelos esquemáticos ou volumes envoltórios genéricos.
200	<p>Modelagem genérica da escada com espelho e degraus em formatos simplificados cujas dimensões em planta e posição vertical dos patamares podem ser aproximados. O material deve estar caracterizado conforme sua tabela específica.</p> <p>Propriedades:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Descrição {Description}.
300	Os elementos de sustentação são modelados e os espelhos e pisadas representam geometricamente o formato projetado. Corrimãos, balaústres, postes e suportes são modelados conforme projetado.
400	Todos os elementos da escada são modelados com dimensões para fabricação e/ou montagem.
500	Geometria e propriedades conforme construído.

FECHAMENTO	
Parede estrutural (alvenaria)	
Categoria: Paredes {Walls}	
LOD	Descrição
100	As paredes podem ser representadas pelas faces externas de volumes genéricos ou por modelos esquemáticos e as suas características podem ser informadas por meio de propriedades.
200	<p>Paredes são distinguidas pelo tipo de material predominante e espessura total aproximada. Principais acabamentos externos são informados por meio de propriedades. O Material {Material} deve estar caracterizado conforme sua tabela específica.</p> <p>Propriedades:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Descrição {Description}; • Material estrutural {Structural Material}.
300	<p>Paredes são compostas pelo conjunto de suas camadas. Espessura, posição e altura de cada camada refletem a parede projetada e devem incluir material e função da camada. Pinturas de acabamento podem ser tratados como elementos de pintura associados à parede. Aberturas maiores como de portas, janelas e para passagem de infraestrutura de instalações devem ser modeladas conforme suas dimensões nominais.</p> <p>Propriedades:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Restrição da base {Base Constraint}; • Restrição superior {Top Constraint}; • Deslocamento da base {Base Offset}; • Deslocamento do topo {Top Offset}; • Largura {Width} - Espessura da parede.
400	Blocos estruturais ou não-estruturais devem ser modelados conforme sua tabela específica. Elementos embutidos como vergas, grautes e armaduras devem ser modelados quando existirem (conforme descrição específica).
500	Geometria e propriedades conforme construído.

FECHAMENTO	
Janela	
Categoria: Janelas { <i>Windows</i> }	
LOD	Descrição
100	Janelas podem ser descritas por meio de aberturas ou símbolos.
200	<p>O conjunto formador das janelas pode ser modelado como um único elemento cujas dimensões, posições e quantidade são aproximadas.</p> <p>Propriedades:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Descrição {<i>Description</i>}.
300	O elemento deve conter caixilharia com os seus materiais primários. As ferragens podem ser especificadas por meio de propriedades. Localização, orientação e dimensões nominais devem ser modelados com precisão e em quantidade exata. O Material { <i>Material</i> } deve estar caracterizado conforme sua tabela específica.
400	Todos os elementos precisam ser modelados com dimensões e propriedades para fabricação e/ou montagem.
500	Geometria e propriedades conforme construído.

FECHAMENTO	
Porta externa	
Categoria: Portas {Doors}	
LOD	Descrição
100	Portas externas podem ser descritas por meio de aberturas ou símbolos.
200	<p>O conjunto formador das portas pode ser modelado como um único elemento cujas dimensões, posições e quantidade são aproximadas.</p> <p>Propriedades:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Descrição {Description}.
300	O elemento deve conter a folha com os seus materiais primários. As ferragens podem ser especificadas por meio de propriedades. Localização, orientação e dimensões nominais devem ser modelados com precisão e em quantidade exata. O Material {Material} deve estar caracterizado conforme sua tabela específica.
400	Todos os elementos precisam ser modelados com dimensões e propriedades para fabricação e/ou montagem.
500	Geometria e propriedades conforme construído.