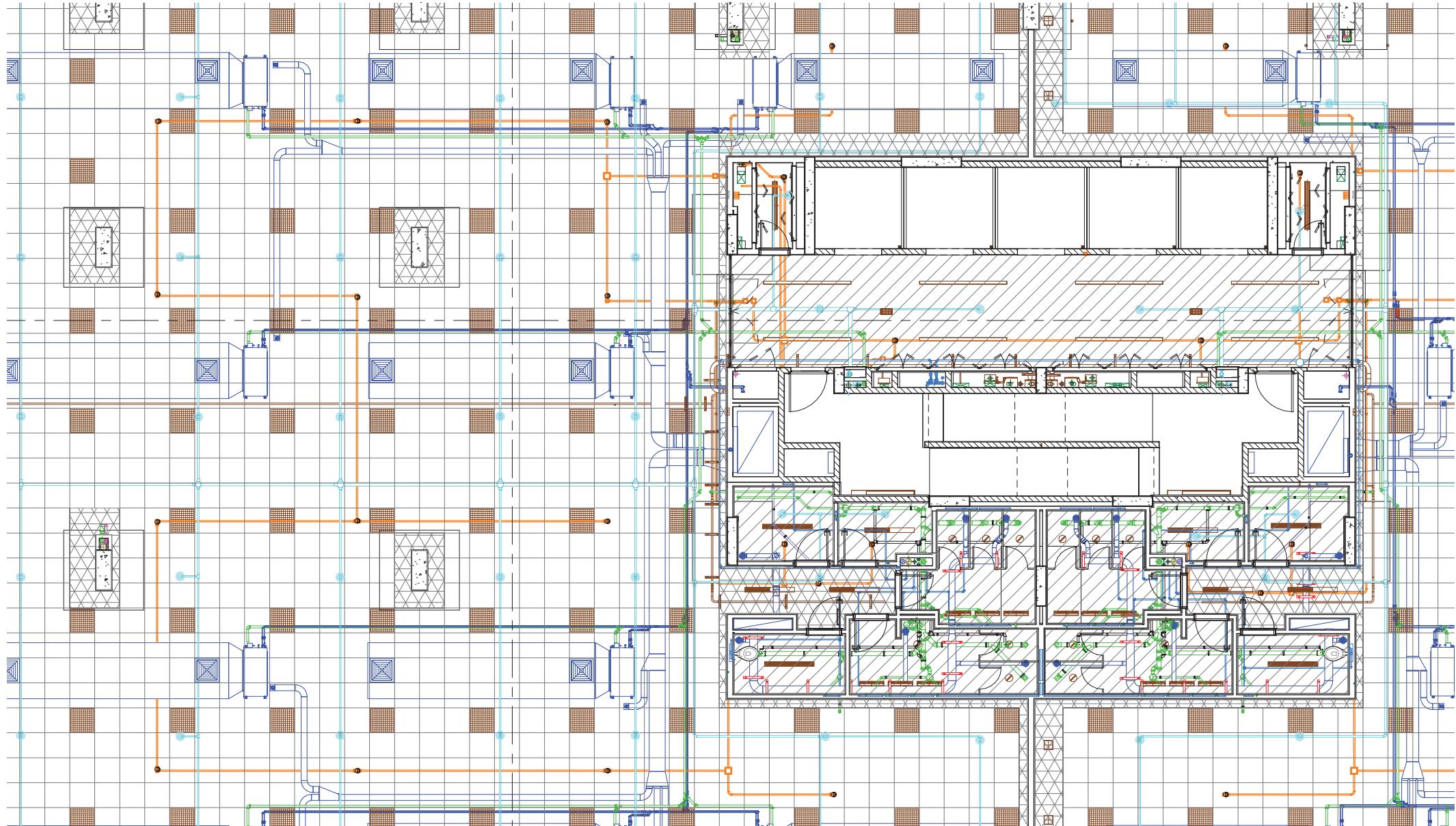
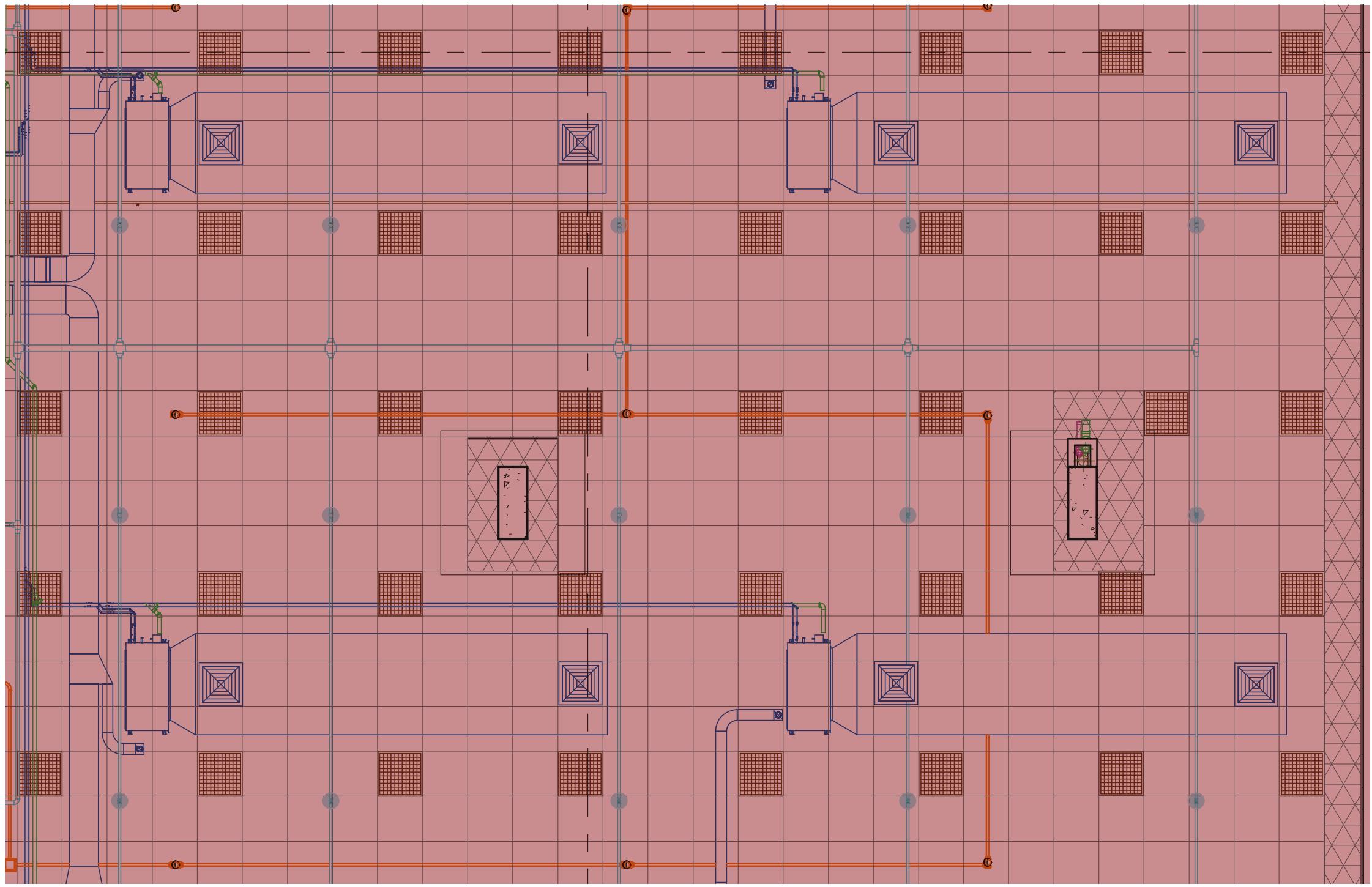


Processo de projeto BIM

GUIA
01





Processo de projeto BIM

GUIA
01

Coletânea Guias BIM ABDI-MDIC

GUIA 1 – Processo de projeto BIM

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação – CIP

Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial

Processo de projeto BIM: Coletânea Guias BIM ABDI-MDIC /

Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial. – Brasília, DF:

ABDI, 2017.

Vol. 1; 82 p.

ISBN 978-85-61323-48-6

1. Engenharia. 2. Engenharia Civil. 3. Modelagem da Informação da Construção. 4. Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial. I. Título.

CDU 624

CDD 620

© 2017 – Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial – ABDI

Qualquer parte desta obra pode ser reproduzida, desde que seja citada a fonte.

ABDI

Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial

Setor de Indústrias Gráficas (SIG) - Quadra 04 - Bloco B - Brasília/DF
CEP 70.610-440, Tel: +55 61 3962-8700.

www.abdi.com.br

REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL

Michel Temer

Presidente

MINISTÉRIO DA INDÚSTRIA, COMÉRCIO EXTERIOR E SERVIÇOS

Marcos Pereira

Ministro

Marcos Jorge de Lima

Secretário Executivo

Igor Nogueira Calvet

Secretário de Desenvolvimento e Competitividade Industrial

Nizar Lambert Raad

Diretor do Departamento de Insumos Básicos e Trabalho

Talita Tormin Saito

Coordenadora-Geral das Indústrias Intensivas em Mão de Obra e de Bens de Consumo

AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL

Luiz Augusto de Souza Ferreira

Presidente

Miguel Antônio Cedraz Nery

Diretor de Desenvolvimento Produtivo e Tecnológico

Walterson da Costa Ibituruna

Diretor de Planejamento

Tainá Serra Pimentel

Chefe de Gabinete

Cynthia Araújo Nascimento Mattos

Gerente de Desenvolvimento Produtivo e Tecnológico

Claudionel Campos Leite

Coordenador de Difusão Tecnológica

AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL (ABDI)

Supervisão

Miguel Antônio Cedraz Nery

Diretor de Desenvolvimento Produtivo e Tecnológico

Coordenação

Claudionel Campos Leite

Coordenador de Difusão Tecnológica

Equipe Técnica

Cynthia Araújo Nascimento Mattos

Gerente de Desenvolvimento Produtivo e Tecnológico

Claudionel Campos Leite

Coordenador de Difusão Tecnológica

Willian Cecílio de Souza

Assistente de Projetos

Coordenação de Comunicação

Gustavo Henrique Ferreira Gouveia

Coordenador de Comunicação

Bruna de Castro

Analista em Comunicação

Marcus Vasconcelos Lucena

Designer Gráfico

CONTRIBUÍRAM PARA ESTE GUIA

Carlos Costa

David Paulo R de Oliveira

Matheus de Souza Fogli

Sandra Schaaf Benfica

Alex Roda Maciel

Laura Marcellini

Leonardo Manzione

Miguel Krippahl

Gian Felippe Lisboa Oneda

Luana Moreira Camerini

Rogério da Silva Moreira

Sergio Scheer

Monica Santos Salgado

MINISTÉRIO DA INDÚSTRIA, COMÉRCIO EXTERIOR E SERVIÇOS (MDIC)

Supervisão

Nizar Lambert Raad

Diretor do Departamento de Insumos Básicos e Trabalho

Equipe Técnica

Talita Tormin Saito

Coordenadora-Geral das Indústrias Intensivas em Mão de Obra e de Bens de Consumo

Andressa Mares Guia Milhomens

Analista de Comércio Exterior

Hugo Leonardo Ogasawara Sigaki

Analista de Comércio Exterior

GERENCIAMENTO E DESENVOLVIMENTO DE PROJETOS (GDP)

Coordenação Geral

Sergio R. Leusin de Amorim, D.Sc.

Equipe Técnica

Eduardo Toledo dos Santos, Ph.D.

Consultor

Christine Eksterman

Arquiteta

Jano Quintanilha Felinto

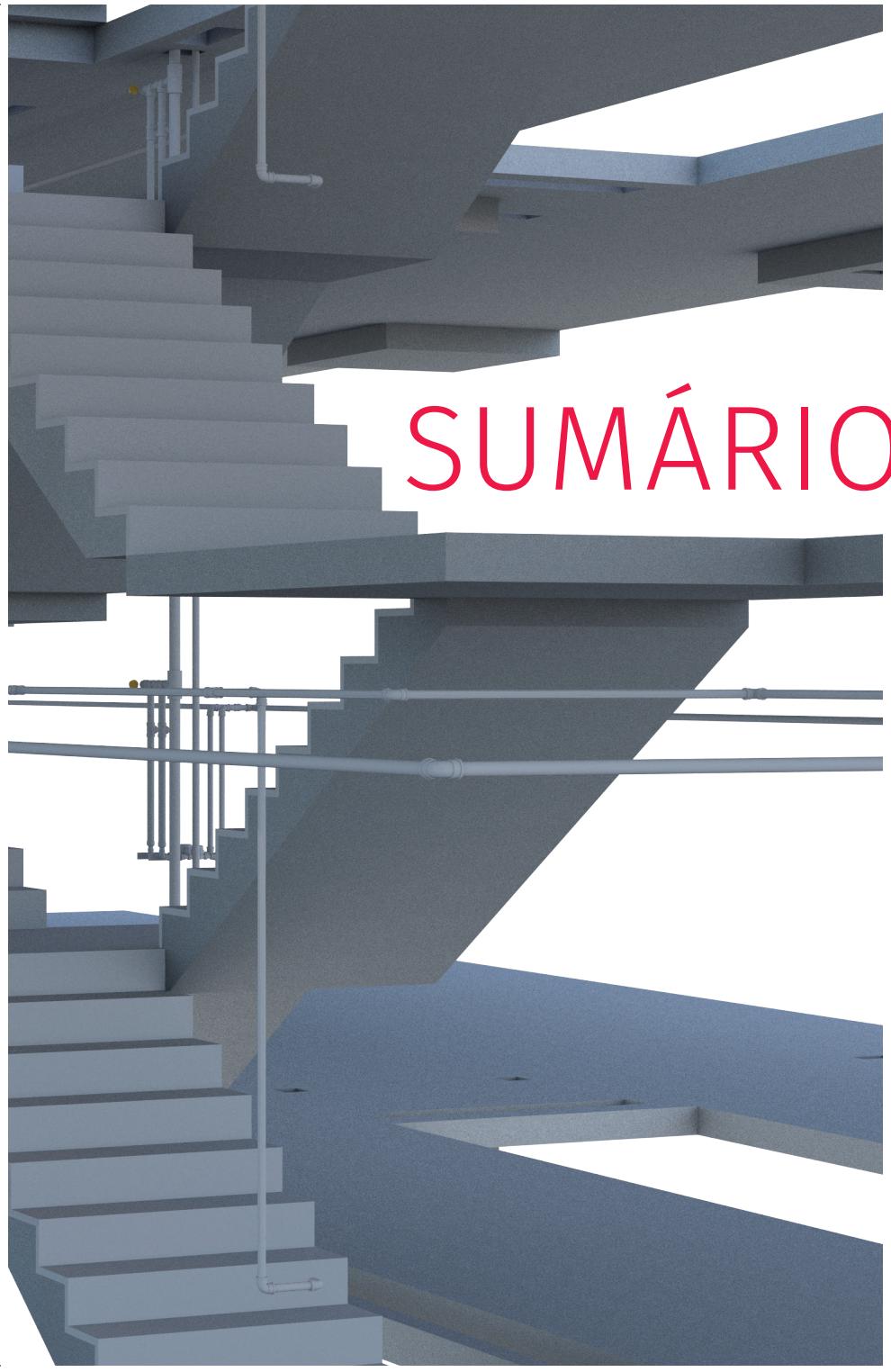
Arquiteto

Luciano Capistrano Gomes

Arquiteto

Nicolau Mello

Designer Gráfico



SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO DA COLETÂNEA GUIAS BIM ABDI-MDIC 7

1 ORGANIZAÇÃO DA COLETÂNEA 8

- 1.1 Objetivos da coletânea e público alvo 8
- 1.2 Estrutura da coletânea 9

2 INTRODUÇÃO AO GUIA 1 9

3 VISÃO GERAL DO BIM 10

- 3.1 O que é BIM 10
- 3.2 Os fundamentos do BIM: tecnologia, processos, pessoas 10
- 3.3 BIM no ciclo de vida das edificações 12
- 3.4 Conceito de construção virtual e o fluxo básico no processo de projeto BIM 12
- 3.5 Fluxo básico do processo de projeto BIM 15
- 3.6 Modelos paramétricos e conceito de componentes BIM 18
- 3.7 Interoperabilidade 22

4 O PROCESSO DE PROJETO BIM 23

- 4.1 Arquivo integrado ou federado, modelo autoral e modelos das disciplinas 23
- 4.2 Coordenação e comunicação no processo BIM 24
- 4.3 O conceito de Níveis de desenvolvimento: ND (LOD) 26
- 4.4 Modelos BIM e etapas de projeto 28
- 4.5 Etapas, usos pretendidos e produtos no processo de projeto BIM 33
- 4.6 Planejamento do processo de projeto BIM 34
- 4.7 Planejamento da comunicação, colaboração e da infraestrutura 44

5 DOCUMENTAÇÃO EM PROJETOS BIM 46

- 5.1 Novos recursos, novos documentos e automação da documentação 46
- 5.2 Novas formas de distribuição e controle de documentos 56

6 INSERÇÃO DE PROJETOS E DADOS 2D 59

- 6.1 Contexto 59
- 6.2 Disciplinas 59
- 6.3 Fluxo do processo 60

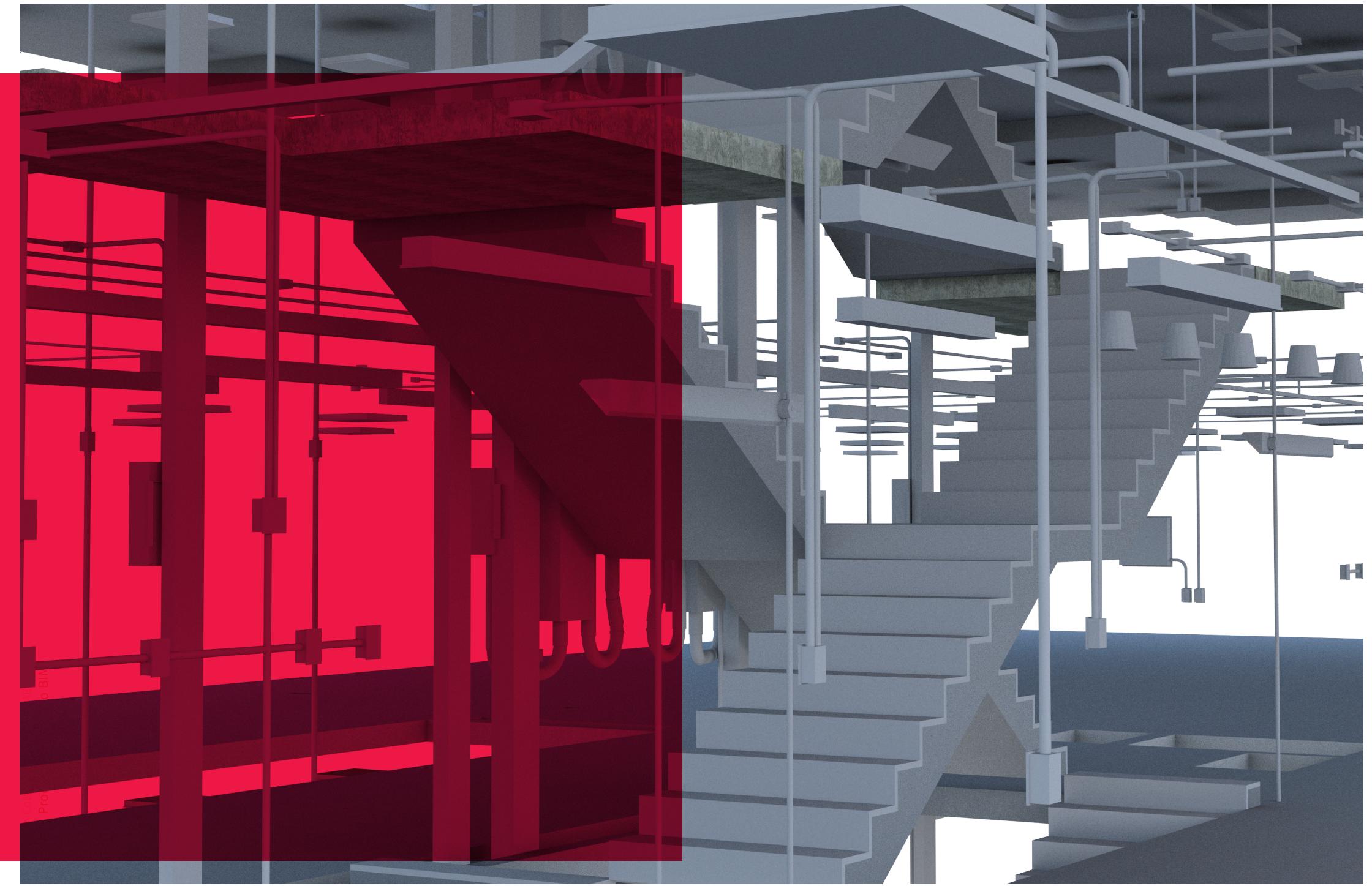
7 COMPONENTES BIM 63

- 7.1 Conceitos básicos 63
- 7.2 A norma brasileira de componentes BIM 63
- 7.3 Nomenclatura de nomes de componentes BIM e seus arquivos 64
- 7.3.1 Composição dos nomes de arquivo 64
- 7.4 Usos pretendidos do BIM e seus requisitos 65
- 7.4.1 Parâmetros em componentes BIM 65
- 7.4.2 Geometria de componentes BIM 67
- 7.4.3 Conectores em componentes BIM 68
- 7.4.4 Representação 2D em componentes BIM 68
- 7.5 ND de componentes, requisitos e usos pertinentes 69
- 7.6 Planejamento 4D 70
- 7.7 Análise energética 71
- 7.8 Verificação de componentes BIM 71

8 BIM E AS EXIGÊNCIAS NORMATIVAS 72

- 8.1 Requisitos da ABNT NBR 15575 72
- 8.2 Procedimentos passíveis de inclusão no processo de projeto BIM 75
- 8.3 Atendimento à ABNT NBR 9050 75
- 8.3.1 Requisitos de geometria da solução arquitetônica 75
- 8.3.2 Requisitos de elementos 76

9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 79



APRESENTAÇÃO DA COLETÂNEA GUIAS BIM ABDI-MDIC

A modernização e o aumento da competitividade com ganhos de produtividade são primordiais para a indústria da Construção Civil no Brasil. Incorporar novas tecnologias, materiais, sistemas e processos construtivos configura-se como um caminho de mão única, em que todos os agentes envolvidos na construção, públicos ou privados, devem conjugar esforços para avançar na mesma direção.

Inovações como a **Modelagem da Informação da Construção** ou BIM (do inglês *Building Information Modelling*) são vetores essenciais para a mudança e quebra de paradigmas em um setor intensivo em mão de obra com forte impacto social.

Os benefícios do BIM são diversos, tais como: maior precisão de projetos (especificação, quantificação e orçamentação); possibilidade de simulação das diversas etapas da construção, permitindo a identificação e eliminação de conflitos antes mesmo da construção e diminuindo retrabalhos e desperdícios (resíduos); disponibilização de simulação de desempenho dos elementos, de sistemas e do próprio ambiente construído; gestão mais eficiente do ciclo de obra; diminuição de prazos e custos; e maior consistência de dados e controle de informações e processos, resultando em maior transparência nas contratações públicas e privadas.

A metodologia de modelagem virtual paramétrica ainda está em fase de implantação e desenvolvimento em diversos países. Estudos comparativos internacionais mostram que, além da infraestrutura (equipamentos, software, capacidade de tráfego de dados) e do arcabouço técnico e institucional, é fundamental a participação do governo, enquanto agente regulador e demandante de projetos e empreendimentos da construção nas mais diversas áreas. Portanto, mais do que uma inovação para o mercado, a disseminação do BIM deve se constituir como uma estratégia de governo para alavancar a industrialização do setor da construção e, com isso, obter resultados significativos em termos de produtividade, sustentabilidade, controle, transparência e otimização da alocação de gastos públicos com obras.

Nesse sentido, o **Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços (MDIC)** e a **Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI)** coadunam recursos e esforços na disseminação do BIM no Brasil, tais como no apoio à elaboração de normas técnicas ABNT-NBR e no acesso ao seu acervo. Outra iniciativa relevante da parceria ABDI-MDIC é a Plataforma BIM. Em pleno desenvolvimento e com previsão de lançamento no segundo semestre de 2017, a Plataforma BIM terá acesso livre e gratuito e será o repositório nacional de objetos virtuais BIM (*templates*) para fabricantes de componentes e sistemas, construtoras e demais profissionais da construção, além de possibilitar o acesso a informações, publicações, projetos e canais de discussão e demais ferramentas de implementação de melhorias em prol da nova metodologia de modelagem.

Da mesma forma, o setor privado também tem evidenciado esforços nessa direção, com a realização de seminários e oficinas sobre BIM, além de publicações técnicas.

Neste contexto favorável para o avanço do BIM no país, a ABDI e o MDIC têm a satisfação de colocar à disposição da sociedade a **Coletânea Guias BIM ABDI-MDIC**, que tem como objetivo consolidar e disponibilizar, de forma clara e precisa, informações de boas práticas sobre o processo e a contratação de projetos BIM para profissionais dos setores público ou privado envolvidos no ciclo de vida das edificações.

A elaboração dos Guias BIM ABDI-MDIC teve intensa participação de especialistas acadêmicos, gestores públicos e profissionais do setor privado, aos quais oportunamente reiteramos aqui nosso manifesto de confiança e agradecimento. Espera-se que os Guias contribuam para a redução de erros e melhoria da assertividade de editais, projetos, orçamentos e planejamento de obras públicas e privadas e seja um dos pontos de referência para capacitação e qualificação técnica.

Os Guias BIM ABDI-MDIC representam uma contribuição relevante por parte do Governo para o avanço da disseminação do BIM no Brasil.

Que sejam bem utilizados e amplamente difundidos!

Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI)
Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços (MDIC)

1 ORGANIZAÇÃO DA COLETÂNEA

1.1 OBJETIVOS DA COLETÂNEA E PÚBLICO ALVO

O objetivo desta coletânea é consolidar e disponibilizar informações de boas práticas sobre o processo e a contratação de projetos BIM de forma clara e precisa, para que profissionais e contratantes, particularmente aqueles envolvidos em obras públicas, possam ter segurança na transição entre o processo tradicional de projetar e a mudança de paradigma representada pela tecnologia BIM.

Ademais, apresenta uma visão do presente, de práticas cuja aplicação já contribuiu para a redução de erros, melhoria da acuracidade de projetos, orçamentos e planejamento de obras. Cabe ressaltar que os Guias fazem referência a técnicas mais avançadas, pois elas são um balizador importante para metas futuras e um incentivo para aqueles que já estão utilizando o BIM em seus processos. Mas qual é a diferença entre o CAD e o BIM?

A principal diferença é que em um projeto baseado nos métodos tradicionais de desenho (CAD), seja em 2D ou 3D, o produto é uma representação gráfica de desenhos e informações da proposta projetada para direcionar as próximas fases de um empreendimento, através da coordenação das partes e profissionais envolvidos em cada etapa de forma consecutiva e assíncrona, enquanto no processo de um projeto realizado na tecnologia BIM, o produto é uma reprodução virtual dos objetos reais através de modelos contendo parâmetros e informações que vão além da representação geométrica e engloba dados externos e dados dos processos de execução, tais como referências normativas, manuais de operação e manutenção, data e custo de aquisição de equipamentos, homens-horas gastos, entre outras informações relevantes para viabilizar a realização das simulações de cada etapa para a construção virtual do empreendimento e para consolidar os resultados para as próximas fases de um empreendimento, através da coordenação das partes e profissionais envolvidos em cada etapa de forma colaborativa e síncrona. Por ser uma reprodução virtual de um objeto real, o modelo BIM possui todos os parâmetros necessários para simulações e análises relativas a todas as etapas do processo, o que facilita a localização e resolução de problemas antes que aconteçam.

Além disso, o projeto já nasce “inteligente”, ou seja, desde a concepção, ele pode englobar informações que permitem a extração de relatórios, quantitativos e cronogramas que

facilitam toda a gestão do empreendimento, além de reduzir gastos, tempo e desperdício de materiais. Isto graças ao conceito de “ambiente comum de dados¹”, no qual ficam centralizadas estas informações. Em segundo lugar, já existem várias plataformas de coordenação de projetos em BIM, o que possibilita a coordenação de uma equipe de vários projetistas sobre uma mesma base, aumentando a eficiência do projeto como um todo. Com o modelo BIM é possível também a realização de simulações de eficiência energética do empreendimento e da obra em si, uma vez que também é possível incluir no processo o planejamento de toda a construção, incluindo o manejo de equipamentos que não permanecerão após a conclusão da obra, como guindastes, escavadeiras e monta-cargas de obra.

Atualmente, o mercado brasileiro da construção ainda se encontra dominado por processos tradicionais. Contudo, o projeto em tecnologia BIM já vem sendo exigido em licitações públicas no país, a exemplo de outros países do mundo. Assim, é urgente a capacitação de profissionais e contratantes para trabalhar com esse novo conjunto de tecnologias de projeto e processos de gestão vinculados.

Esta coletânea está dirigida a todos os profissionais envolvidos no ciclo de vida das edificações, tais como: gestores públicos, incorporadores, proprietários, responsáveis pela operação ou descomissionamento e demolição, projetistas e executores. Pela sua relevância no papel de incentivadores ao uso do BIM, procuramos enfatizar o papel dos contratantes públicos e as formas de contratação de projetos e obras públicas, já que o governo brasileiro sinaliza que pretende exigir a utilização do BIM em obras públicas.

Durante o desenvolvimento dos Guias, os textos foram divulgados entre as associações técnicas e empresariais e disponibilizados para consulta pública pela internet. Ademais, reuniões abertas presenciais foram realizadas. O expressivo interesse despertado se refletiu em um volume considerável de downloads e de sugestões e comentários que contribuíram para a melhoria da proposta.

Os guias apresentam os processos BIM com foco nas plataformas abertas (OpenBIM²), mas serão apresentadas referências a aplicativos de maior relevância no mercado atual ou com funcionalidades específicas, sem que isto signifique, entretanto endosso ou recomendação de uso.

A tecnologia BIM pode ser utilizada em diferentes processos de criação e produção, tais

¹ Tradução de Common Data Environment (CDE).

² OpenBIM é uma abordagem universal para o projeto colaborativo, realização e operação de edifícios com base em padrões abertos e fluxos de trabalho. OpenBIM é uma iniciativa do buildingSMART e de vários fornecedores de software líderes que usam o open construction SMART Data Model. (tradução livre de <http://buildingsmart.org/standards/technical-vision/>, acesso em 06/12/2016).

como nos produtos para construção, mas estes guias têm como foco as edificações para uso humano, como residências, unidades escolares ou de saúde, e prédios administrativos ou comerciais. Isto se justifica porque tipos diferenciados de uso podem refletir em processos de projeto diversos, o que exigiria adaptações nas propostas aqui apresentadas.

1.2 ESTRUTURA DA COLETÂNEA

Com o objetivo de facilitar a transição entre o método tradicional e os processos BIM, esta coletânea é constituída por seis volumes, que abordam um conjunto de informações necessárias para a implantação, contratação e utilização do BIM. Os volumes são divididos da seguinte forma:

Guia 1 – Processo de projeto BIM: apresenta os principais conceitos e processos BIM, abrangendo seus fluxos e usos desde a concepção até o pós-obra; a modelagem dos componentes BIM e suas especificidades; a relação do BIM com as diversas áreas da indústria da construção – da fabricação de componentes e coordenação modular, do relacionamento do BIM com a nova norma de desempenho e com as normas ISO, e a comunicação e coordenação de projetos BIM.

Guia 2 – Classificação da informação no BIM: apresenta a aplicação da classificação da informação no BIM de acordo com vários sistemas de classificação existentes, a adequação à NBR 15965, e como a classificação pode contribuir para automação de diversas tarefas a partir do modelo BIM e sua relação com a documentação extraída.

Guia 3 – BIM na quantificação, orçamentação, planejamento e gestão de serviços da construção: apresenta as diretrizes para extração de quantitativos de serviços, equipamentos e materiais para uso em estimativas e desenvolvimento de estimativas, bem como análises de custos, planejamento da execução e sistemas de gestão para obras baseadas em projetos BIM.

Guia 4 – Contratação e elaboração de projetos BIM na arquitetura e engenharia: apresenta as principais questões a serem definidas nos editais e/ou contratos para elaboração e acompanhamento de projetos e obras em BIM e a metodologia para desenvolvimento de projetos BIM de diferentes disciplinas, assim como as questões de autoria de modelos, objetos e dados.

Guia 5 – Avaliação de desempenho energético em projetos BIM: apresenta as possibilidades de avaliação de acordo com os diferentes níveis de desenvolvimento do projeto, os requisitos do modelo para viabilizar a avaliação e a etiquetagem em modelos e projetos BIM.

Guia 6- A implantação de processos BIM: apresenta as diretrizes para o planejamento da implantação de BIM nas organizações: diagnóstico, definição de metas, *roadmap* estratégico, plano de implantação nas quatro dimensões do BIM (tecnologia, processos, pessoas e procedimentos), gerenciamento da implantação.

Anexo I - Plano de Execução BIM e Fluxograma do processo de projeto BIM. Conjunto de planilhas e fluxogramas disponibilizadas em formatos impressos e em arquivos digitais editáveis.

Como os Guias 1 e 2 apresentam os fundamentos da tecnologia e dos processos, é importante que sejam lidos por todos, mesmo aqueles mais interessados em apenas um dos temas dos demais volumes.

2 INTRODUÇÃO AO GUIA 1

O Guia 1 desta coletânea introduz os principais conceitos e o processo do BIM.

Os conceitos de projeto e construção virtual apresentados neste guia pressupõem uma nova forma de pensar e de investir no empreendimento, desde a sua concepção até a execução, uso e posterior demolição ou reuso.

Assim, a implantação do processo BIM em um escritório ou construtora, ou a decisão de um órgão público pela exigência de projetos, gestão da construção e da operação da edificação com BIM não deve ser feita de forma displicente. A mudança para o BIM exige uma mudança da cultura da organização, da forma tradicional com que se projeta e se constrói no Brasil há muitos anos. Isso requer atenção e preparo, pois exige investimentos em pessoal, infraestrutura e documentação de referência, inclusive para o contratante.

Este guia pretende descrever o processo BIM de modo que gestores de projeto, projetistas, construtores e futuros administradores destas instalações trabalhem sobre os mesmos conceitos e possam estabelecer relacionamentos claros, evitando-se conflitos de interpretação sobre o processo BIM e os seus produtos.

Para isto, apresentamos uma visão geral do processo, seguida pelo seu detalhamento e complementada por uma seção destinada à integração eventual de dados 2D e, finalmente, são descritos os conceitos e requisitos para os componentes BIM.

3 VISÃO GERAL DO BIM

3.1 O QUE É BIM?

BIM, ou *Building Information Modeling*, é um conceito que surgiu há mais de trinta anos, apresentado por Chuck Eastman no então AIA Journal. Já a terminologia *Building Modeling* tem circulado desde 1986, sendo que em dezembro 1992 F. Tolman utilizou *Building Information Modeling* em artigo no *Automation in Construction*³. Não é uma ideia muito recente e só se disseminou quando passou a ter uma oferta de microcomputadores com a capacidade de processamento necessária e preços acessíveis para o mercado da construção, bem como um mínimo de normalização. Desde os anos 80 já existiam softwares capazes de produzir modelos 3D com Informação agregada, mas só no início do século é que esses eles se tornaram mais populares. E a partir de aproximadamente 2005 as condições de difusão se estabeleceram, quando foi publicada a ISO-PAS 16739-2005, *Industry Foundation Classes, Release 2x, Platform Specification* (IFC2x Platform) seguida pela versão IFC2x em 2007⁴, e que pode ser considerada como a referência básica do BIM tal como está estruturado hoje.

Desde seu conceito inicial, o BIM considera rotinas como a interação entre elementos e suas representações e uma abordagem de componentes virtuais para a representação da construção em um modelo virtual. Porém o BIM não é apenas um modelo 3D. Segundo Eastman⁵, “BIM é uma tecnologia de modelagem associada a um conjunto de processos para produzir, comunicar e analisar modelos de edificações” (2008, p. 11). E um modelo BIM se caracteriza por:

Os componentes da edificação são representados com representações digitais inteligentes (objetos) que “sabem” o que são e podem ser associados com gráficos computacionais, dados, atributos e regras paramétricas;

Componentes que incluem dados descritivos de seu comportamento como necessário para análises e processos de projeto, tais como levantamentos de quantitativos, especificações e análise energética;

Dados consistentes e sem redundância de modo que alterações nos componentes sejam representadas em todas as vistas do componente;

Dados coordenados de modo que todas as vistas do modelo sejam representadas de modo coordenado. (2008, p. 11-12)

3 Segundo Eastman, C. et al. *BIM Handbook: a Guide to Building Information Modelling for owners, managers, designers, engineers and contractors*. 1ed. Hoboken, New Jersey: John Wiley, 2008. p. 11-12.

4 Padrão de formato de dados aberto e neutro, definido pela Norma ISO 16739:2013 *Industry Foundation Classes (IFC) for data sharing in the construction and facility management industries*.

3.2 OS FUNDAMENTOS DO BIM: TECNOLOGIA, PROCESSOS, PESSOAS

O processo de projeto BIM tem sido classificado como uma inovação disruptiva, pois altera as soluções técnicas profundamente, levando a novas soluções e abordagens do mercado. À medida que isto evolui, novos mercados podem ser criados, o que o transforma em uma inovação radical. Em maior ou menor grau, no mínimo trata-se de uma mudança de cultura da organização e de todos os participantes. A implantação do BIM em uma organização é um processo complexo, que envolve todas as suas dimensões e será abordada em detalhes no Guia 6.

Ao falar sobre BIM, é comum a discussão a respeito de software e computadores, mas quando se fala em mudança de cultura, isto inclui pessoas e processos e a maneira da organização resolver os problemas e desenvolver seus produtos. Assim, é possível afirmar que a efetiva implantação da metodologia BIM se baseia em três dimensões fundamentais: **tecnologia, pessoas e processos**, concatenadas entre si por Procedimentos, Normas e Boas Práticas, como mostra a Figura 1.

A **tecnologia** envolve a infraestrutura necessária para a operação, os programas e equipamentos ou computadores, a conexão com a internet e a rede interna, a segurança e o armazenamento de arquivos e o treinamento e aculturamento adequado de seus usuários no processo BIM.

Qualquer escolha relativa à infraestrutura de implantação tem prós e contras e deve ser avaliada adequadamente levando em consideração o modelo de negócio individual, as opiniões da equipe de produção, as experiências compartilhadas por outras empresas e o suporte oferecido pelos fornecedores. Dependendo do ponto de partida, o escritório deverá planejar uma transição ou uma substituição envolvendo treinamento adequado para a equipe, de acordo com suas funções e participação no processo, o que já se concatena com o foco **pessoas**.

O foco **pessoas** é fundamental na estratégia de implantação. Os profissionais devem ter a experiência necessária, capacidade de trabalhar bem tanto com a equipe interna quanto com equipes externas, ser flexíveis a mudanças e se manter atualizados na tecnologia, que tem avanços contínuos. Um dos pontos principais do processo BIM é a otimização do projeto nas fases de concepção e de desenvolvimento, para reduzir ou eliminar imprevistos na obra ou na manutenção da edificação. Para que isso ocorra,

5 Eastman, C. et al., opus cit. (tradução livre).

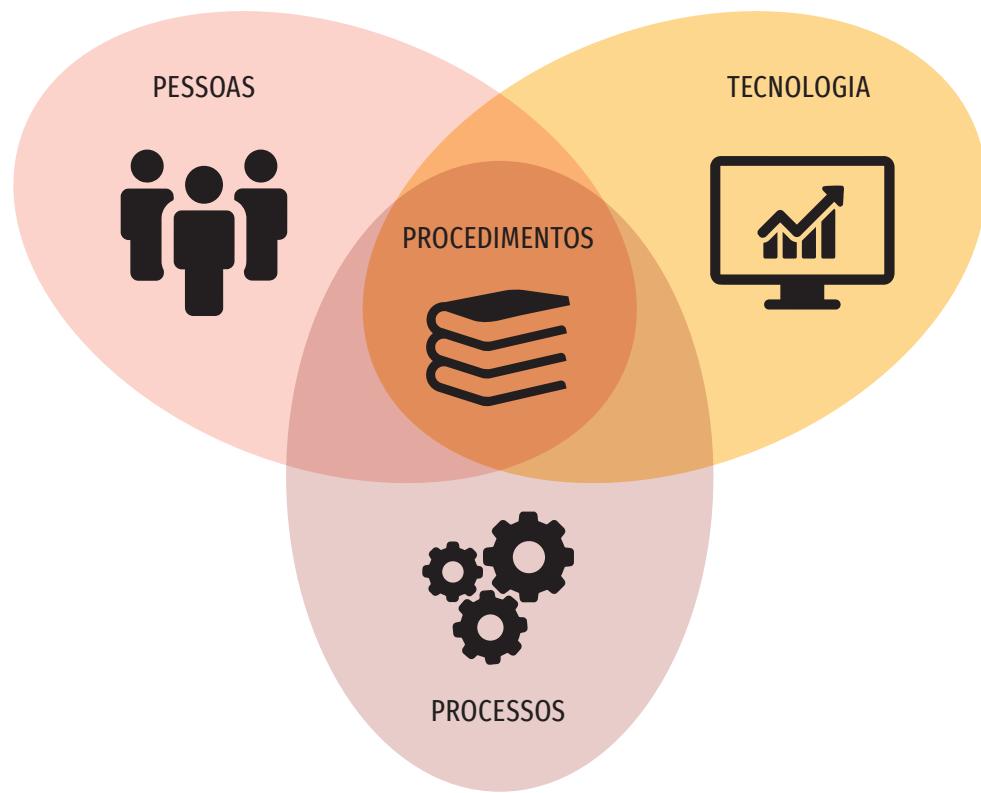


Figura 1: Os fundamentos do BIM. Adaptado de SUCCAR, disponível em: www.bimframework.info acesso em 03/04/2017.

as pessoas envolvidas no processo devem ser capacitadas a identificar erros ou melhorias possíveis e a comunicá-los no momento correto à pessoa correta, e por meio de uma comunicação mais eficiente para o processo como um todo, com o nível de informação e detalhe adequados, para que seja possível a tomada de decisões e ações necessárias para a sua correção ou a viabilização da melhoria. Um processo virtual é tão bom quanto as pessoas que o operam. Se os profissionais não forem preparados para a utilização dos recursos, se os profissionais que operam ferramentas BIM não tiverem a experiência e o conhecimento transdisciplinar dos projetos, se os projetistas não tiverem vivência da execução da construção e se os profissionais envolvidos no empreendimento trabalharem de forma isolada e não colaborativa, a nova tecnologia não consegue alcançar seu patamar ótimo.

O foco **processo** abrange não apenas os novos processos internos a serem adotados, como também os processos interempresariais. Compreende o plano de trabalho: o fluxo de trabalho, o cronograma, a especificação dos entregáveis, o método de comunicação, a definição de funções, o sistema de concentração de dados, arquivos e informações, o nível de detalhe em cada fase e a especificação do uso do modelo em todos os ciclos de vida da edificação.

Estas três dimensões fundamentais são vinculadas entre si por **Procedimentos, Normas e Boas Práticas**, o conjunto de documentos que regula e consolida os processos e as políticas de pessoal, práticas comerciais e uso e operação da infraestrutura tecnológica. Para alcançar as metas definidas, é necessária a implementação de novos processos, otimizando suas etapas em cada entidade envolvida e incluindo, além dos projetistas, a incorporadora, a construtora, a gerenciadora do projeto e da obra e a administradora da manutenção do edifício. Ou seja, é uma reestruturação estratégica da empresa e não apenas a contratação de novos profissionais sem que seja alterada a maneira de trabalhar.

Como parte fundamental da reestruturação dos processos é preciso documentá-los adequadamente nos procedimentos, compostos por descriptivos, fluxogramas e outros documentos apropriados. Esta documentação deve se refletir nos documentos contratuais, tratados no Guia 4 – Contratação e elaboração de projetos BIM na arquitetura e engenharia.



Figura 2: BIM no ciclo de vida das edificações. Fonte: GDP

⁶ É uma organização privada, mantida pela indústria, com foco na padronização de processo, fluxos e procedimentos para o BIM. Ver <http://buildingsmart.org/about/vision-mission/core-purpose/>

⁷ FISCHER, M. e KUNZ, J. *The Scope and Role of Information Technology in Construction*. Relatório Técnico nº156 do Center for Integrated Facility Engineering da Universidade de Stanford, Califórnia, 2004. Disponível em: <http://cife.stanford.edu/sites/default/files/TR156.pdf> Acesso em nov/2015.

3.3 BIM NO CICLO DE VIDA DAS EDIFICAÇÕES

Outro aspecto importante do BIM é sua aplicabilidade ao longo de todo o ciclo de vida das edificações, desde a concepção até o descomissionamento, com reuso ou demolição, como mostra a Figura 2. Isto acontece porque a estrutura descritiva e de classificação a ser aplicada ao longo dos processos deve considerar todas as atividades, produtos, elementos e processos que podem ocorrer ao longo de todo o ciclo. Portanto, a adoção do processo BIM implica o reconhecimento dos processos operacionais da empresa para viabilizar a estruturação do processo de implantação. Entretanto, ainda que a tecnologia BIM esteja preparada para lidar com todo o ciclo, são necessários diversos aplicativos para atender cada processo, de cada especialidade. A BuildingSMART International (bSI)⁶ relaciona os softwares certificados com o padrão IFC em sua página na internet (<http://buildingsmart.org/compliance/certified-software/>).

3.4 CONCEITO DE CONSTRUÇÃO VIRTUAL E O FLUXO BÁSICO NO PROCESSO DE PROJETO BIM

O primeiro passo para uma bem-sucedida transição entre o processo tradicional de projeto e a tecnologia BIM é a compreensão do conceito de projeto e construção virtual. Fischer e Kunz (2004)⁷ definem “Virtual Design and Construction” (VDC) como “o uso de modelos de performance multidisciplinares de projeto e construção, que inclui a organização do produto como um todo, desde a equipe que será utilizada no projeto, construção e operação aos processos de trabalho, para dar suporte a objetivos de negócio explícitos e públicos⁸”.

Em outras palavras, o conceito de **projeto de construção virtual** é definido pela integração **multidisciplinar** de **dados do projeto**, sua **organização** e os **processos** envolvidos para o seu desenvolvimento através do que a tecnologia da informação possibilita atualmente. O projeto é desenvolvido agregando-se todas as informações pertinentes em cada fase da edificação, satisfazendo todos os usos e atores do processo.

O **produto** disso é um banco de dados composto pelo modelo tridimensional completo, com todas as propriedades definidoras de seus componentes, seus materiais e suas características específicas, os códigos dos serviços associados às suas execuções, seu ciclo de manutenção, os parâmetros para levantamento de quantidades, custos, análises energéticas, acústicas, luminotécnicas, financeiras, estruturais e a conformidade com legislações e normas.

⁸ Tradução livre.

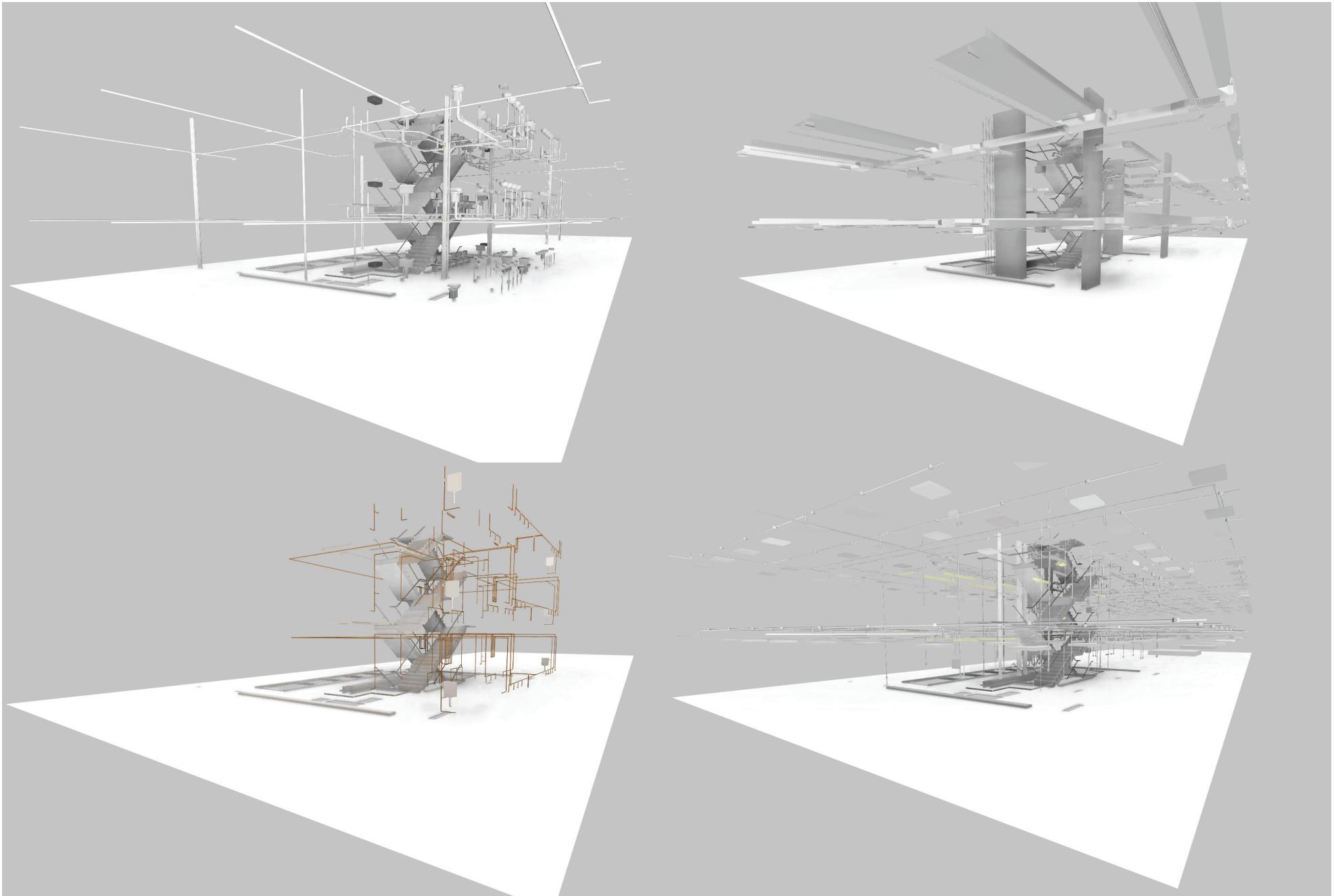
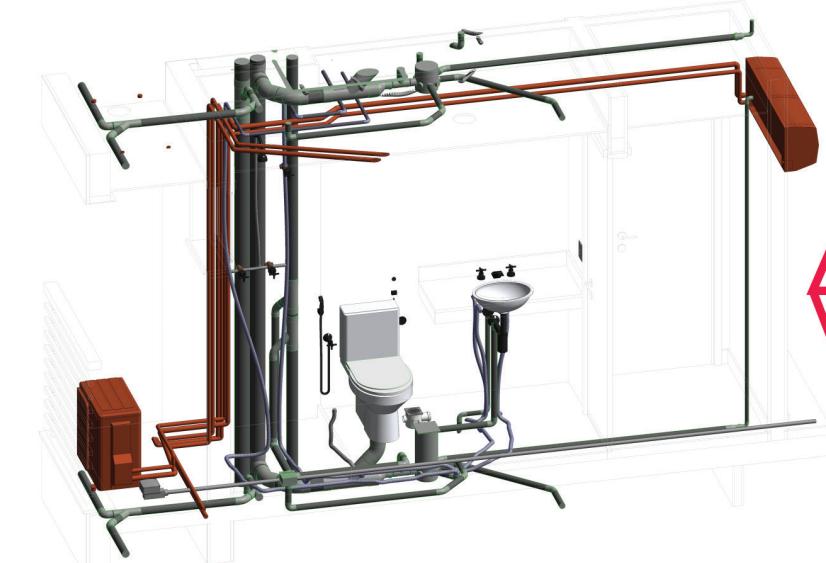


Figura 3: Múltiplas visões de um mesmo modelo. Fonte GDP.



Modelo BIM

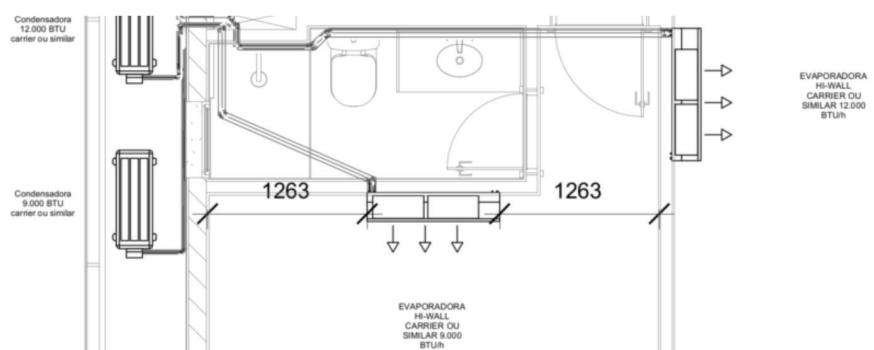
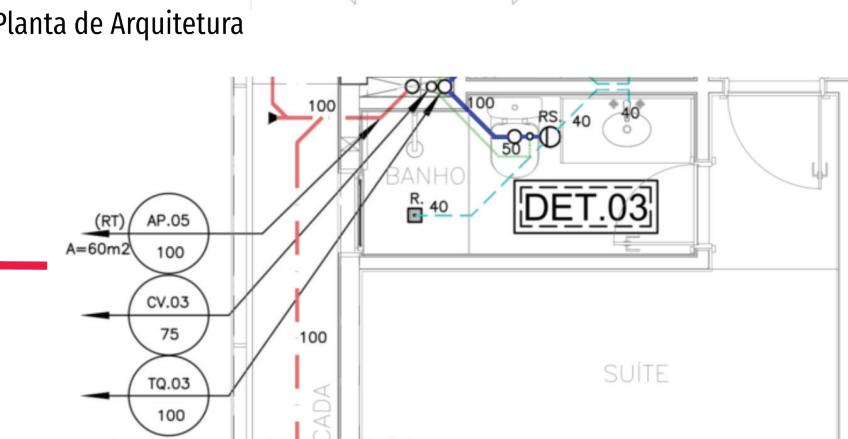
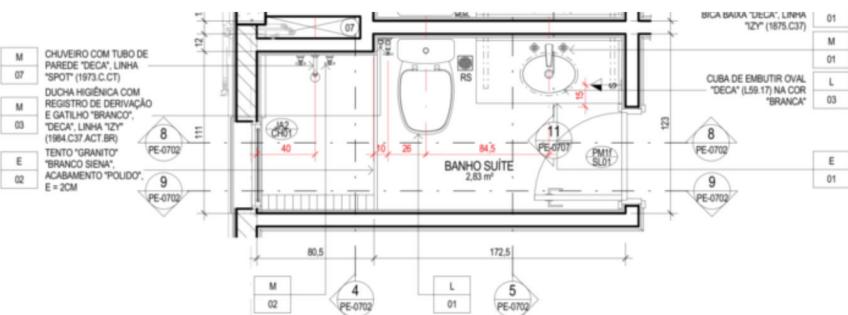


Figura 4: Do modelo para a documentação. Fonte GDP

Enfatizando: não é apenas um desenho em 3D. A utilização da metodologia de projeto e construção virtual é capaz de criar virtualmente, com tantos parâmetros e dados quantos forem necessários, um ambiente capaz de simular a existência daquela construção em toda a sua complexidade: arquitetura, fundações e estrutura, telhados e coberturas, instalações hidráulicas, elétricas, de gás, entre outros, como ilustra a Figura 3; e também de relacionar essa construção a dados do seu entorno, a construções adjacentes e condições do terreno, obtidas pela equipe de topografia, por exemplo, assim como fluxos de pessoas, insolação e ventos. Um modelo virtual da tecnologia BIM deve considerar o mundo real onde a obra será inserida.

Isso permite que o projeto possa ser concebido de forma coordenada desde o início. Essa coordenação representa uma das vantagens de simular os processos em modo virtual, pois trabalha com a prevenção e correção de problemas antes da etapa de obra. No modo tradicional, isso era feito com muito mais dificuldade por um coordenador “análogo”, que deveria ter um olho clínico afiado, muita criatividade e prática de obra para resolver as questões que surgiam. No Brasil, principalmente, a cultura vigente é deixar os problemas para resolver na prática, ou seja, na hora da obra. Isso acarreta aumento de custo, aumento de desperdício e, dependendo do problema a ser resolvido, pode comprometer até o cronograma de obras.

O processo de projeto BIM diferencia-se do desenvolvimento de projetos em CAD por diversos fatores, sendo o mais importante **o fato de que as atividades de coordenação e compatibilização ocorrem ANTES da apresentação dos documentos de cada disciplina**. Através da análise do modelo virtual da construção é possível identificar problemas, corrigi-los e analisar a construtibilidade de cada proposta, selecionando as de melhor custo-benefício. A documentação é emitida apenas depois da eliminação dos conflitos. Um aspecto importantíssimo é que **a documentação deve ser gerada a partir do modelo**, para que seja preservada a coerência entre ambos, como mostra a Figura 4.

Como garantia de que esta coerência existe, é recomendável **exigir que na documentação conste o nome do arquivo de onde ela foi gerada e a data**, facilidade que é oferecida pelos principais aplicativos de projeto, que permitem incluir estes dados nos carimbos ou na margem das folhas. No caso de distribuição digital de conjuntos de modelo e documentação através de sistemas com o BIMx ou por pacotes DWF⁹, a verificação é mais fácil, pois o próprio modelo está inserido no mesmo bloco de informações.

⁹ DWF (acrônimo para *Design Web Format*) é um tipo de extensão de arquivo desenvolvido pela Autodesk que permite conteúdos 2D e 3D, não editáveis, garantindo a integridade do conteúdo, mas permitindo comentários e medições, o que facilita muito a comunicação entre equipes.

3.5 FLUXO BÁSICO DO PROCESSO DE PROJETO BIM

O fluxo básico do processo de projeto BIM inverte o método de trabalho usual, em que toda a análise do projeto pelos diferentes participantes é feita a partir de desenhos 2D, que serão repetidamente ajustados e corrigidos até atingir um patamar satisfatório de solução e eliminação de conflitos. No caso do BIM, ao contrário, o esforço de coordenação e de otimização de solução é centrado no modelo virtual da construção, como mostra a Figura 5.

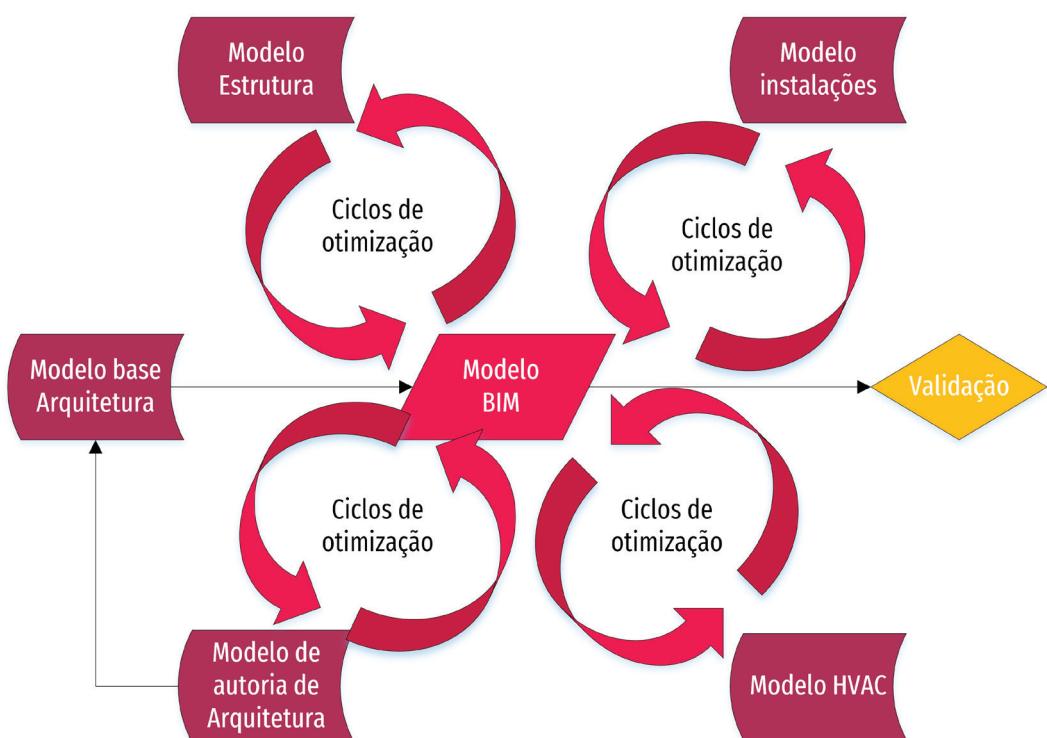


Figura 5: Fluxos básicos no processo de projeto BIM. Fonte GDP

Uma vez que o processo de coordenação esteja completo e o modelo **validado**¹⁰, o que varia conforme a etapa de projeto, será desenvolvida a documentação e

serão extraídas as folhas do projeto, os documentos impressos ou eletrônicos que servirão de base para os processos subsequentes ou para a execução da obra, como mostra a Figura 6.

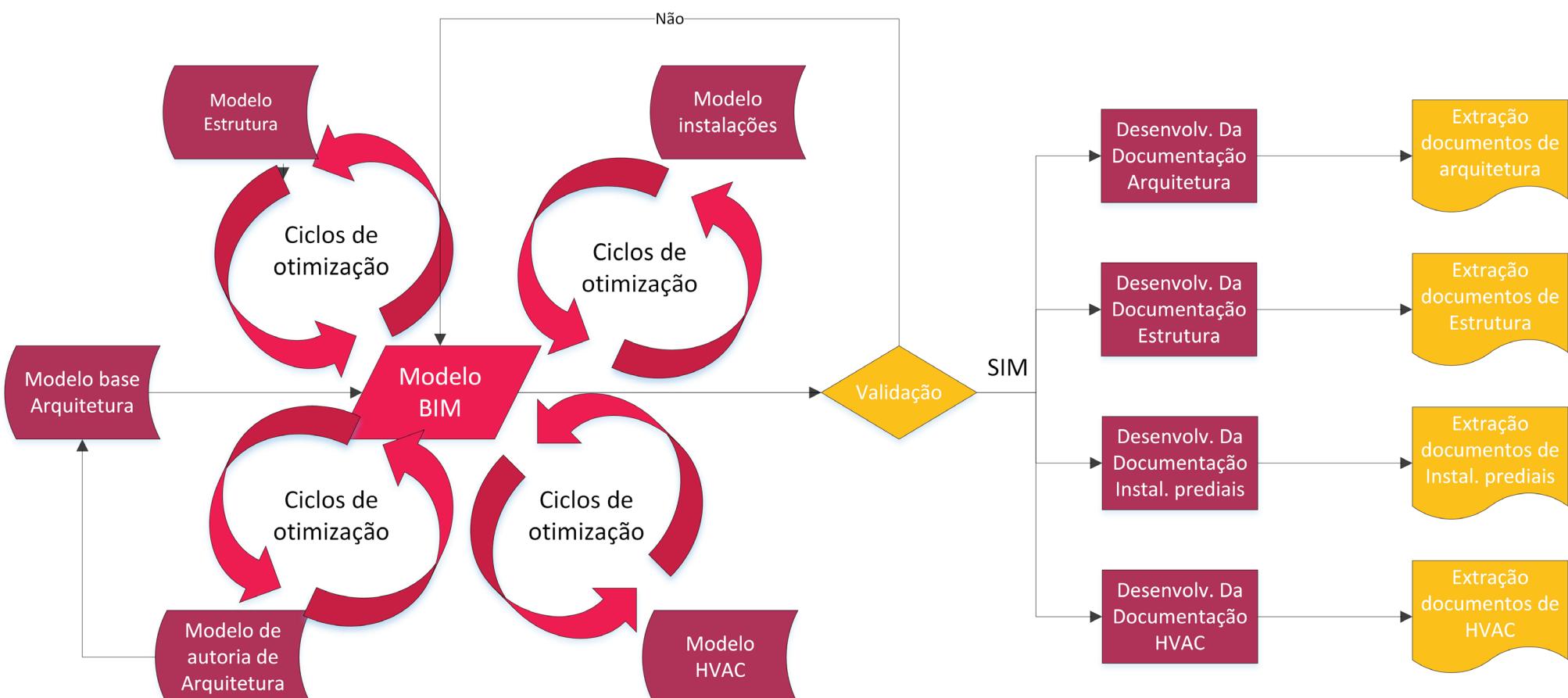


Figura 6: Fluxo básico em uma etapa de projeto. Fonte GDP

Verifica-se que das fases e etapas do processo de projeto resultam também produtos e documentos diferenciados, que serão detalhados mais adiante e também no Guia 4.

Com esta metodologia de projeto em que se analisa um modelo que de fato é uma construção virtual, ainda que com maior ou menor nível de detalhe conforme o nível de desenvolvimento do projeto, os eventuais conflitos entre diferentes elementos e disciplinas são facilmente evidenciados, de modo que é possível evitar que aconteçam e buscar soluções de execução otimizadas. O projeto desenvolve-se de maneira coordenada e colaborativa, idealmente com todos os seus elementos das diferentes disciplinas compatibilizados entre si. Dessa forma, a atividade de compatibilização de projetos, que no CAD exige um enorme esforço, no BIM fica reduzida a verificações pontuais, pois os conflitos potenciais são evitados antes de surgirem.

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

A Figura 7, conhecida como curva de McLeamy¹¹, representa uma das principais mudanças no processo de projeto de arquitetura, engenharia e construção (AEC). No desenvolvimento BIM, a concentração das decisões de projeto acontece em uma etapa anterior à do tradicional, quando o seu impacto é maior e o custo das alterações de projeto é menor. Esse processo exige a participação dos projetistas complementares (de instalações, estruturas, interiores etc.), montadores, fabricantes e fornecedores nos estágios iniciais do projeto, o que, somado à capacidade de simulação virtual por meio da plataforma BIM, possibilita que o projeto esteja muito mais coeso e desenvolvido antes das etapas que consomem a maior fatia dos recursos e investimentos. Porém, ele implica em alterações nos modelos de contrato a serem utilizados, e muitas vezes na própria reorganização dos processos de negócio envolvidos.

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

10 Formalmente aceito como adequado por todos os representantes de cada disciplina e pela coordenação do projeto, tendo atendido todos os requisitos previstos para o modelo na etapa.

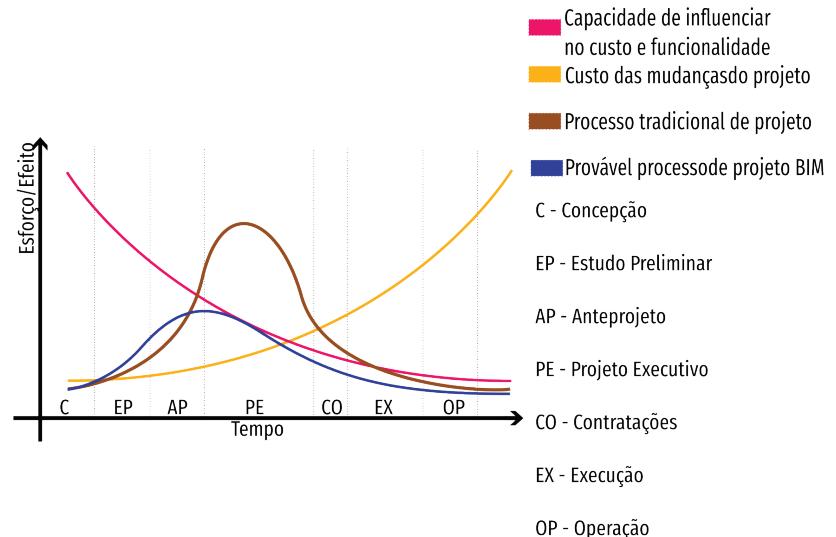


Figura 7: Relação entre esforço e impacto. Fonte: adaptado de <http://www.danieldavis.com/thesis-ch2/#2>, acesso em 08/06/2017 e de Paulson, Boyd C. 1976. "Designing to Reduce Construction Costs" Journal of the Construction Division 102 (4): 587-592

A maior definição de um projeto em suas fases iniciais leva à redução de incertezas e aumenta a acuracidade do empreendimento. Os componentes de um projeto em BIM não são meras representações gráficas, ou seja, quando se define uma parede em um projeto, não são apenas linhas ou superfícies, mas se define que a parede é de blocos de concreto com dimensões específicas, que a argamassa é do tipo "x", e que a parede receberá massa e tinta. Quando se insere uma janela nesta parede, a plataforma sabe que a janela deverá corresponder à espessura da parede, e assim por diante.

Entre outras vantagens importantes, em particular para projetos públicos, a possibilidade de extração automática de quantitativos, descrições e cronogramas diretamente do modelo virtual resulta em maior confiabilidade do projeto, minimizando os erros de orçamento e aditivos de serviços.

11 O conceito de curva de relacionamento entre esforço e impacto foi apresentado por Paulson, Boyd C. 1976. "Designing to Reduce Construction Costs" Journal of the Construction Division 102 (4): 587-592. MacLeamy o divulgou como ponto de vantagem em projetos integrados. No caso, esta adaptação foi elaborada considerando-se valores de horas técnicas de projetos reais, porém sem representatividade estatística e deve ser considerada meramente ilustrativa.

3.6 MODELOS PARAMÉTRICOS E CONCEITO DE COMPONENTES BIM

Um componente BIM é um “objeto virtual”, uma simulação de um objeto construído ou a construir¹², contendo a representação de seus materiais construtivos, suas dimensões reais, suas características de desempenho térmico e quaisquer outras qualidades demandadas pelo projeto.

Os componentes BIM são as “peças” que constituem o modelo BIM e podem representar tanto um material amorfó, como “argamassa”, um componente simples, como um corrimão ou esquadria, um elemento complexo, como uma fachada, ou ainda um conjunto de compartimentos e seus equipamentos, como uma “sala de cirurgia”.

Objetos paramétricos ou componentes paramétricos são componentes BIM que podem ter suas características alteradas para atender às necessidades específicas de um projeto sem necessidade de redesenho. Por exemplo, uma porta geralmente possui o parâmetro “largura da folha”, pois esta é uma propriedade nativa no descritivo IFC desse tipo de elemento. Objetos parametrizados, como a porta da Figura 8, permitem que, ao se alterar a sua dimensão, todas as representações 3D, 2D e textuais deste elemento sejam automaticamente ajustadas.

Além disso, componentes BIM, como mostrado na Figura 9, podem ser associados a dados de todos os tipos, sejam textuais, como especificações, numéricos, tais como dados relativos a desempenho térmico ou acústico, *links* para documentos externos, como um manual de uso ou um termo de garantia, ou ainda um detalhe construtivo ou uma especificação mais complexa.

Objetos, ao serem inseridos, pertencem a um “tipo”, mas caso sejam parametrizados, algumas de suas dimensões podem variar. Cada variação dimensional ou de acabamento implica em novo “tipo” do mesmo objeto.

Ao serem inseridos no modelo em um determinado ponto, cria-se ali uma “instância” deste tipo. Ou seja, uma “cópia” que tem sua localização individualizada, como mostra a Figura 10. Desse modo, podem ser associadas a atividades diferentes, o que provavelmente vai ocorrer na sua montagem no local da obra.

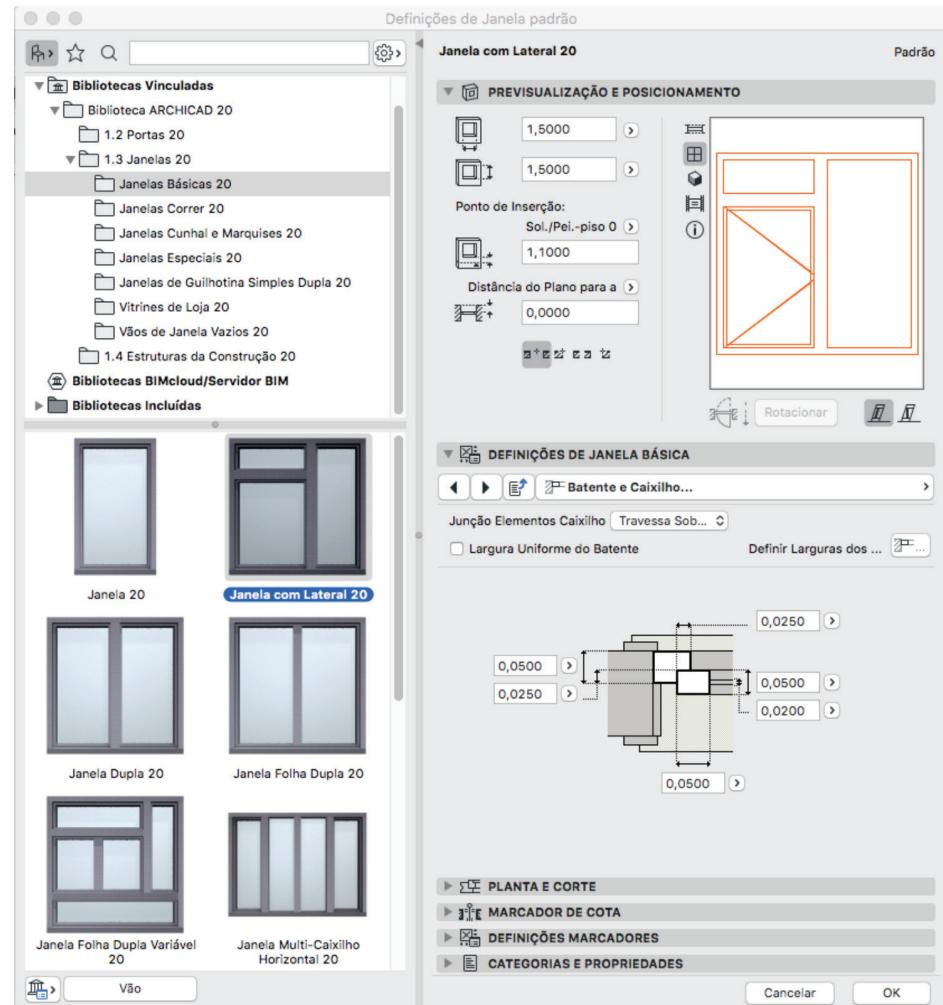


Figura 8: Elemento porta com parâmetros editáveis destacados. Fonte: GRAPHISOFT Brasil

¹² Segundo a ABNT NBR ISO 12006-2 (2010), são “qualquer parte do mundo perceptível ou concebível” sendo que o objeto da construção é aquele relevante para a indústria da construção.

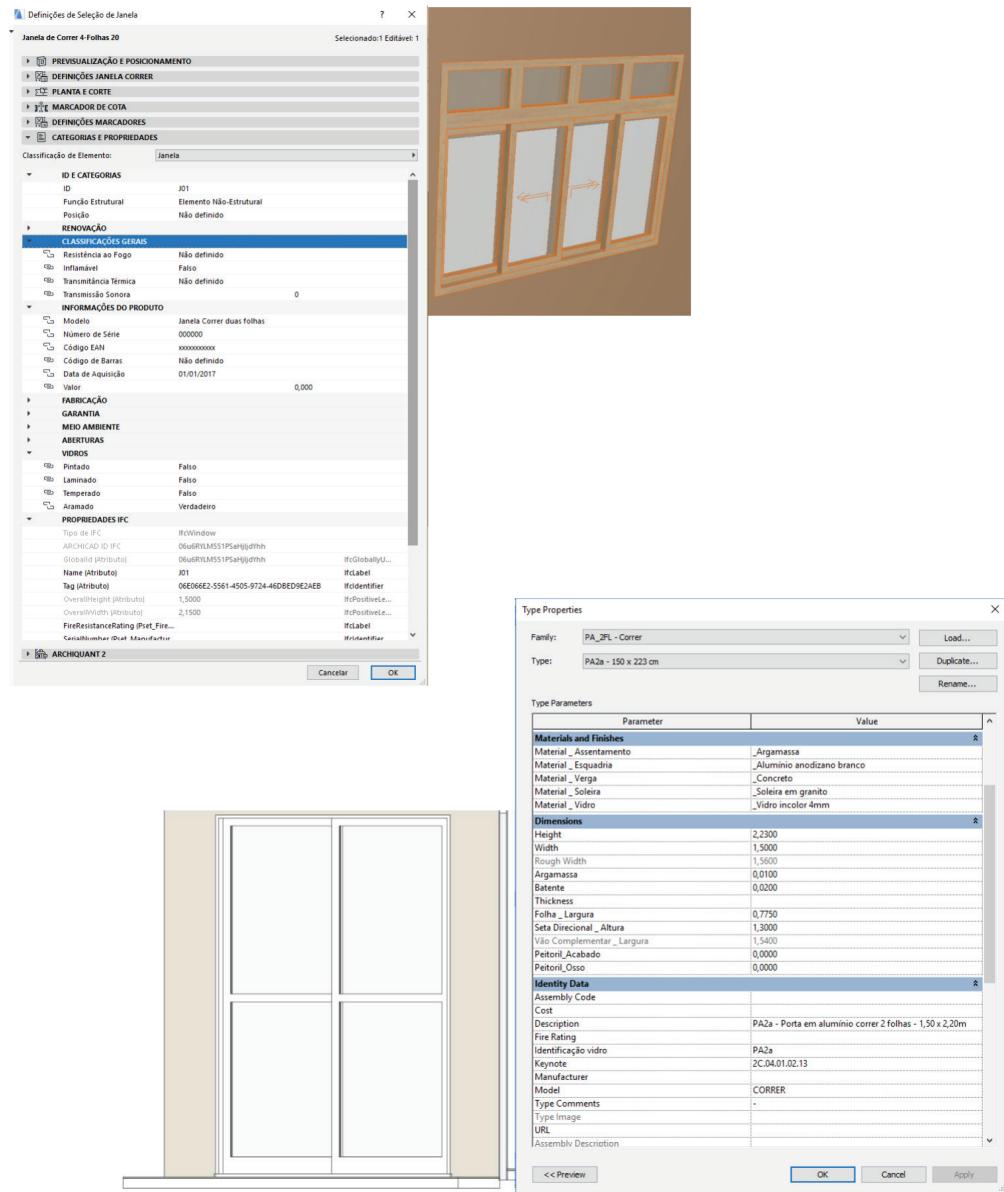


Figura 9: Exemplo de dados associados a objetos. Fonte: GDP.

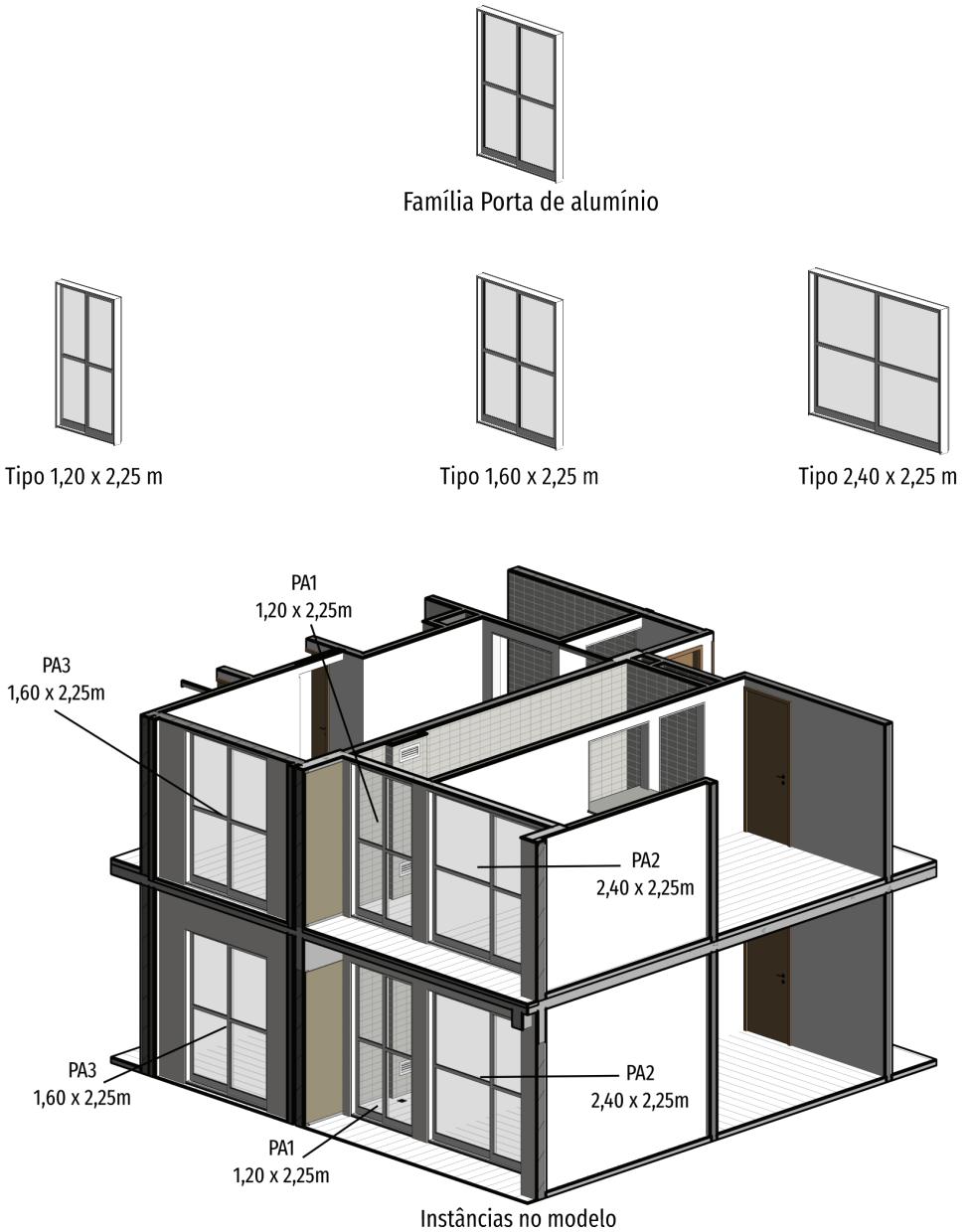


Figura 10: Conceito de tipos e instâncias. Fonte: GDP

Finalmente os objetos podem ser associados entre si, de modo a compor outros tipos de informações, como por exemplo vínculos com serviços e atividades que facilitam a obtenção de orçamentos e cronogramas, como mostra a Figura 11.

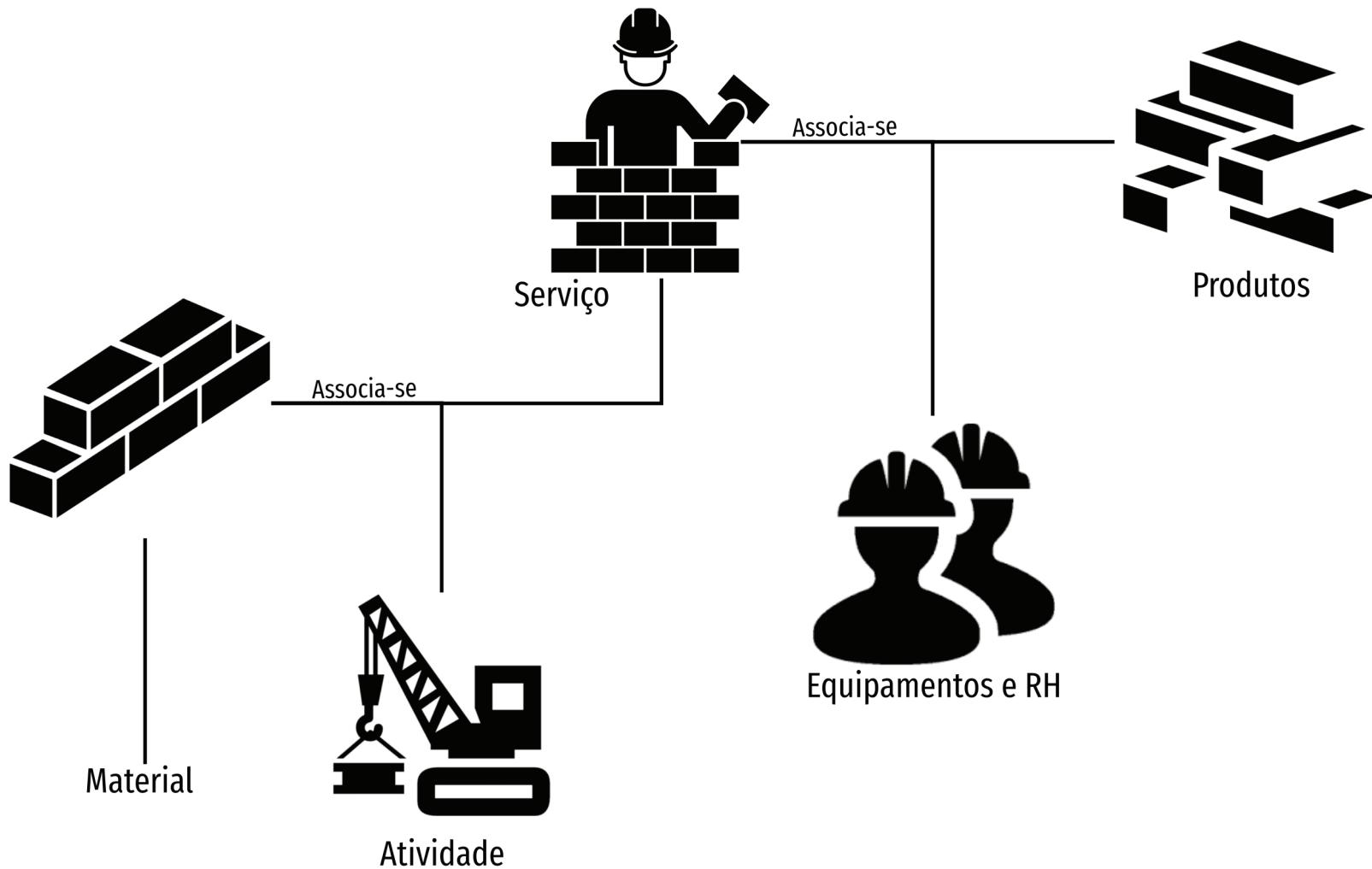


Figura 11: Associação entre objetos virtuais de diferentes naturezas. Fonte GDP

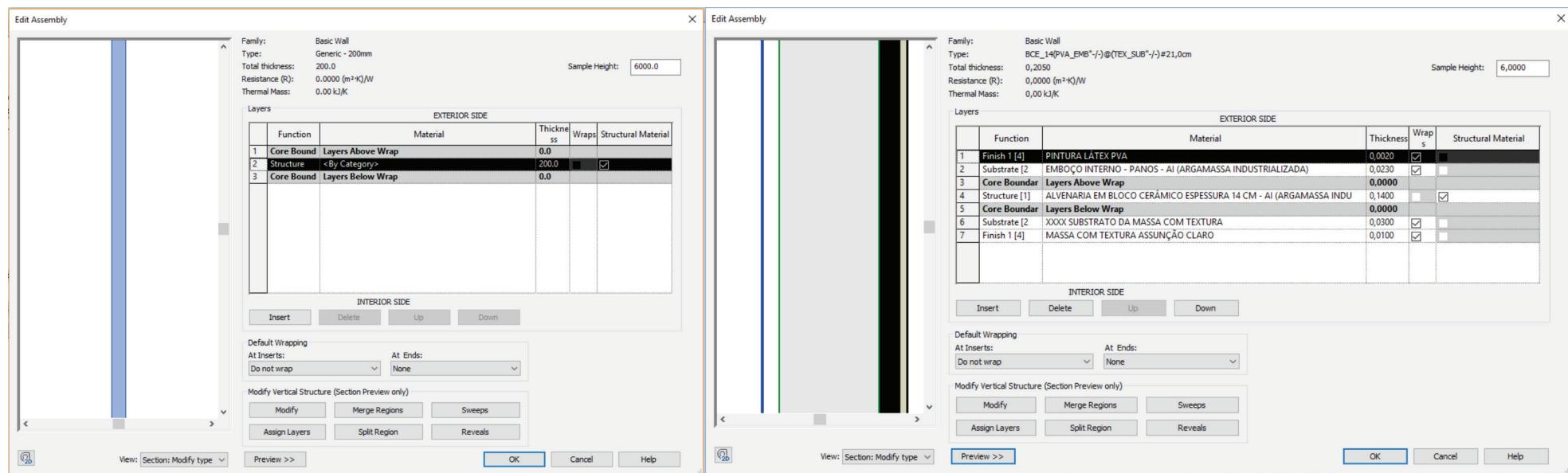


Figura 12: Evolução de elementos ao longo do projeto. Fonte GDP

Ao longo do processo de projeto existe um progressivo processo decisório, que a cada passo incorpora mais informações. Esse incremento de dados se reflete tanto na definição da geometria como nas especificações.

O nível de desenvolvimento influencia a quantidade de informação dos objetos, como se vê na Figura 12. Este conceito será aprofundado no item 4.3. Quanto maior a quantidade de informação, mais “pesado” fica o objeto virtual. Dessa forma, o conjunto de objetos e outros dados do modelo correm risco de sobrecarregar os sistemas de processamento. Por isso, a quantidade de informação atrelada a eles pode ser modificada nas entregas, podendo algumas vezes ser simplificada e em outras mais detalhada. Por exemplo, na etapa de construção, não há necessidade de que o modelo fique sobrecarregado com os dados de representação renderizada

de decoração e paisagismo, que servem a uma etapa posterior (embora já possam estar definidos). Salvo em casos extremamente necessários, não é imprescindível ou aconselhado modelar todos os componentes das especialidades.

Há várias estratégias para lidar com essa questão, sendo a mais comum ter diversos modos de visualização predefinidos que processam apenas o que interessa para cada “vista”. Assim, um mesmo conjunto de dados que constituem um objeto virtual poderá ser visualizado com maior ou menor nível de detalhe, com desenhos 2D associados ou não. Então é possível escolher conforme a demanda o que será apresentado a partir do modelo, facilitando a compreensão e as trocas entre profissionais, contratantes e outras partes interessadas.

3.7 INTEROPERABILIDADE

O esquema de dados IFC (*Industry Foundation Class*) é complementado por uma série de outras normas ISO¹³ que estipulam os requisitos para objetos virtuais e a estrutura lógica para os inter-relacionamentos. O esquema geral da organização da informação está representado na Figura 13, como definido pela ISO 29481 *Building Information Models – Information Delivery Manual*. Já as classes são definidas pelos sistemas de classificação, sendo os modelos desenvolvidos pelos projetistas, utilizando objetos próprios ou, preferencialmente, de terceiros, como veremos adiante.

Dentre as diretrizes para a organização da informação cabe destacar a *Model View Definition*¹⁴, MVD, que define um subconjunto do esquema do IFC necessário para uma determinada troca de informações.

Essas estruturas organizacionais garantem a interoperabilidade entre os diferentes aplicativos das diferentes fases ou etapas do projeto e entre diferentes idiomas eventualmente em uso pela equipe. As normas citadas são complementadas pelos padrões BCF (*BIM Collaboration Format*), voltados à coordenação de projetos, que permitem uma comunicação mais fácil e segura entre os diversos participantes, conforme a Figura 13 e pelo *buildingSMART Data Dictionary*¹⁵, voltado à tradução entre diferentes idiomas, que permite que o componente seja utilizado independentemente de sua origem. Embora o IFC não seja utilizado em nenhum aplicativo de projeto, por ser uma representação estática, ele é a base da representação virtual da construção e o que permite a interoperabilidade entre os diferentes aplicativos, tal como preconizado pelo *OpenBIM*.

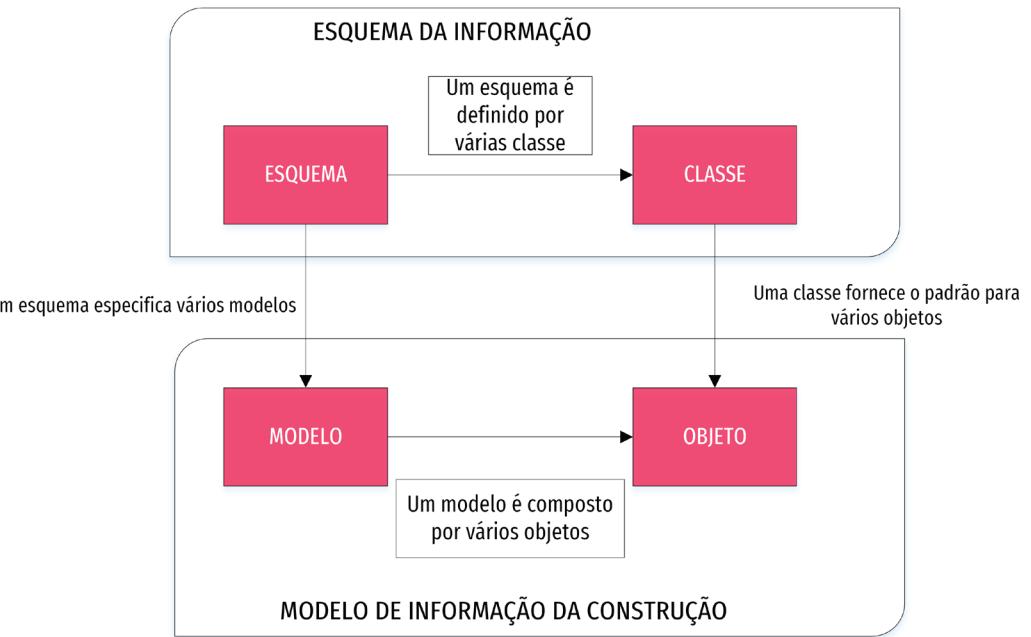


Figura 13: Esquema de organização da informação no BIM. Fonte: Adaptado de BS ISO 29481-1:2010 *Building information models - Information delivery manual - Part 1: Methodology and format*.

13 Destacamos: ISO 16354:2013 *Guidelines for knowledge libraries and object libraries*; ISO 16757-1:2015 *Data structures for electronic product catalogues for building services -- Part 1: Concepts, architecture and model*; ISO 16757-2:2016 *Data structures for electronic product catalogues for building services -- Part 2: Geometry*; ISO 19650-1 *Information management using building information modelling - Part 1: Concepts and Principles*; ISO 19650-2 *Information management using building information modelling - Part 2: Delivery phase of the assets*; ISO 22263:2008 *Organization of information about construction works -- Framework for management of project information*; ISO 29481-1:2016 *Building information models - Information delivery manual - Part 1: Methodology and format*; ISO 29481-2:2012 *Building information models - Information delivery manual - Part 2: Interaction framework*; ISO/TS 12911:2012 *Framework for building information modelling (BIM) guidance*.

14 Ver <http://www.buildingsmart-tech.org/specifications/ifc-view-definition>

15 Ver <http://bsdd.buildingsmart.org/>

4 O PROCESSO DE PROJETO BIM

4.1 ARQUIVO INTEGRADO OU FEDERADO, MODELO AUTORAL E MODELOS DAS DISCIPLINAS

A referência ao “modelo BIM” é uma maneira simples de falar do que, na verdade, trata-se de uma combinação de diversos arquivos das diferentes especialidades. Ou seja, ele é a soma dos dados desses diferentes arquivos que, graças à interoperabilidade, fornece uma visão completa da construção virtual.

O modelo BIM autoral é aquele que um projetista, seja arquiteto ou de outra disciplina, utiliza para o desenvolvimento de seu trabalho e para a elaboração da documentação de sua especialidade.

O modelo-base é fornecido pelo arquiteto, sendo constituído da mesma geometria do seu modelo autoral, mas sem as informações de documentação (folhas de projeto e planilhas diversas, por exemplo). Porém, as informações relativas aos elementos, tais como classificação, nomenclatura e outros metadados devem continuar presentes, pois fazem parte dos componentes BIM nele inseridos.

Esses arquivos podem estar em parte agrupados em um sistema proprietário, que inclua diversas especialidades, internamente separadas por elementos classificados em diferentes “sistemas”, cada um de sua especialidade, ou serem individualizados por disciplina. A adoção deste ou daquele método é uma decisão que depende do porte e da complexidade do projeto, bem como do agente empreendedor. Para o uso de sistemas proprietários integrados é preciso que todos os projetistas o utilizem, uma unanimidade que em geral só se consegue em uma empresa verticalizada.

Por isso a importância da opção por estruturas organizacionais abertas, respeitando as diretrizes e padrões do *OpenBIM*. Neste caso, o modelo central é um “modelo federado”, constituído por diversos arquivos compatíveis entre si (no caso do *OpenBIM*, no formato IFC, mas pode ser um modelo federado composto por arquivos de formato proprietário), gerados pelas diversas disciplinas envolvidas no projeto, que somados propiciam a visão completa da construção virtual, como ilustra a Figura 14. Nesse caso, cada disciplina tem seu “dono”, seu responsável técnico, e seus arquivos só podem ser alterados pelo autor, embora sejam visualizados por todos os participantes.

Embora cada arquivo tenha seu responsável, a análise dos modelos pela coordenação

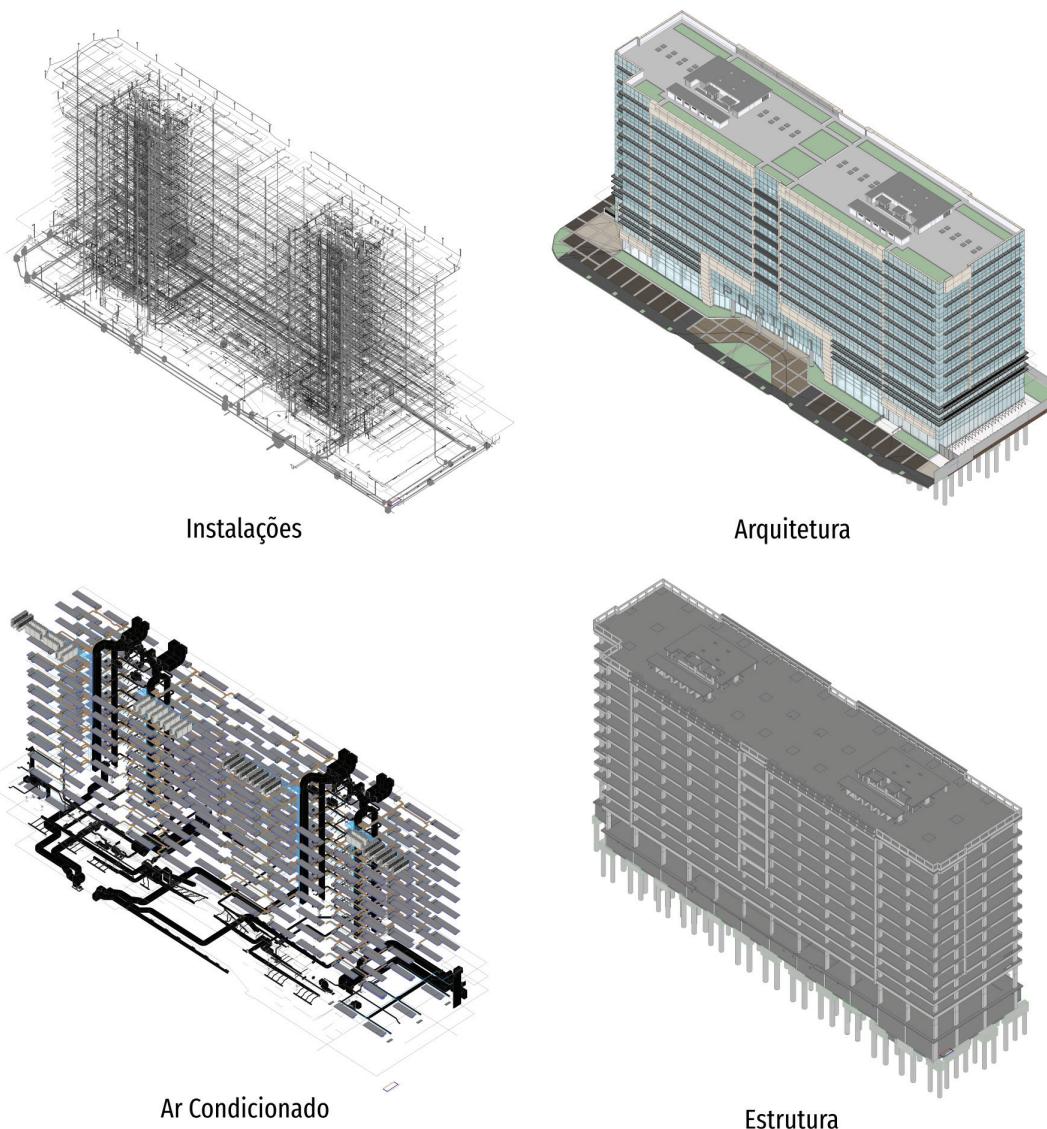


Figura 14: Modelo federado, composto por diversos arquivos. Fonte: GDP.

do projeto deve incluir a verificação da qualidade de sua informação, considerando o nível de desenvolvimento do projeto, conforme descrito adiante. Erros geométricos ou inconsistências, tais como paredes sobrepostas ou levemente separadas devem ser identificados e corrigidos.

Para facilitar os trabalhos e a visualização, o modelo pode ser subdividido em partes, como por exemplo em torres de pavimentos, tipo, embasamento e cobertura, ou ainda em setores. Esses modelos serão integrados em um único arquivo central para que se obtenha a visualização completa do empreendimento. É responsabilidade da coordenação do projeto a definição das regras de acesso e inserção de arquivos neste modelo.

Quando houver projetos complementares elaborados ainda com base em CAD, é possível elaborar modelos 3D de suas soluções para incorporá-las ao modelo central ou, para sistemas mais simples, como é o caso de alguns projetos de paisagismo e de segurança patrimonial, pode-se simplesmente incluir seus dados na documentação final. Essa questão será desenvolvida adiante.

Um aspecto importante é que o modelo compartilhado não corresponde exatamente ao modelo de documentação de cada disciplina ou “modelo autoral”, embora a geometria e a composição física sejam exatamente as mesmas. Este último, como é desenvolvido posteriormente, inclui informações que não são relevantes para a correta coordenação entre as disciplinas. **O modelo de coordenação de cada disciplina, assim como o modelo-base fornecido pelo arquiteto, seja em IFC ou em formato proprietário, deve ser limitado à geometria do modelo e algumas informações pertinentes aos usos desejados para o modelo na respectiva etapa de projeto.**

A extração de informações específicas, tais como folhas de desenho e quantitativos, é realizada a partir do **modelo BIM autoral ou arquivo de documentação**, pelo responsável da disciplina. Este arquivo é propriedade do projetista e não será entregue ao contratante do projeto, a menos que haja cláusula contratual expressa sobre esse ponto (ver Guia 4). Os produtos de cada etapa de projeto (modelos-base, documentação e arquivos de usos específicos) devem ser especificados no contrato do projeto (ver Guia 4), seja na matriz de responsabilidades, seja no Plano de Execução BIM, dois documentos que serão abordados adiante.

O maior benefício desse procedimento de integração de arquivos é a possibilidade de coordenação em tempo real, pois uma vez que todos têm acesso visual a todos

os elementos, a responsabilidade da coordenação se torna compartilhada. Com o uso de regras previamente acordadas entre a equipe, tais como atribuição de prioridades e de níveis para cada especialidade, os conflitos entre elementos tendem a ser minimizados e as reuniões de coordenação podem ter mais foco na otimização de soluções e dispensar menos tempo na resolução de problemas. Entretanto a comunicação em tempo real depende da infraestrutura de rede e nem sempre é possível. Mas o sincronismo de arquivos em períodos predefinidos, por exemplo à noite ou em um determinado horário da semana costuma ser suficiente para a maior parte dos projetos.

Deste modo, o recurso de verificação de conflitos (*clash detection*) é minimizado, pois como todos têm uma visão completa do modelo em andamento e respeitam as regras de lançamento, os conflitos vão se resumir aos casos críticos. Isso evita retrabalho, mas depende de algumas regras que devem ser definidas pela coordenação do projeto, como veremos adiante.

4.2 COORDENAÇÃO E COMUNICAÇÃO NO PROCESSO BIM

Até 2010, a única maneira de trocar perguntas ou sugestões sobre os modelos era enviando o modelo BIM completo, ainda que filtrando algumas informações, ou enviando imagens de um trecho do modelo, sempre bastante difíceis de localizar. Quem recebia a solicitação tinha que comparar versões do modelo para compreender o que estava sendo pedido¹⁶.

O formato BCF foi desenvolvido em 2010 para sanar esse problema e sua versão 2.0 foi publicada em 2014. Ele tem como base a linguagem XML, e permite enviar relatórios com imagens vinculadas de modo dinâmico ao modelo, além de agregar funções de comunicação de responsabilidades e prazos.

O fluxograma básico do processo de coordenação com uso do BCF está representado na Figura 15. A partir de um aplicativo de verificação (*model checker*), como SOLIBRI, NAVISWORKS, TEKLA BIMsight ou outro similar, o arquivo BCF é exportado com a relação de conflitos ou questões (*issues*). O aplicativo de coordenação (REVIZTO, BIMSYNC, BIMCOLLAB, BIMTRACK etc.) permite gerenciar as tarefas, atribuindo as responsabilidades e os prazos, entre outros recursos, como mostra a Figura 16.

Opcionalmente, em alguns aplicativos de projeto é possível abrir o arquivo BCF

16 Ver <http://www.buildingsmart-tech.org/specifications/bcf-releases>.

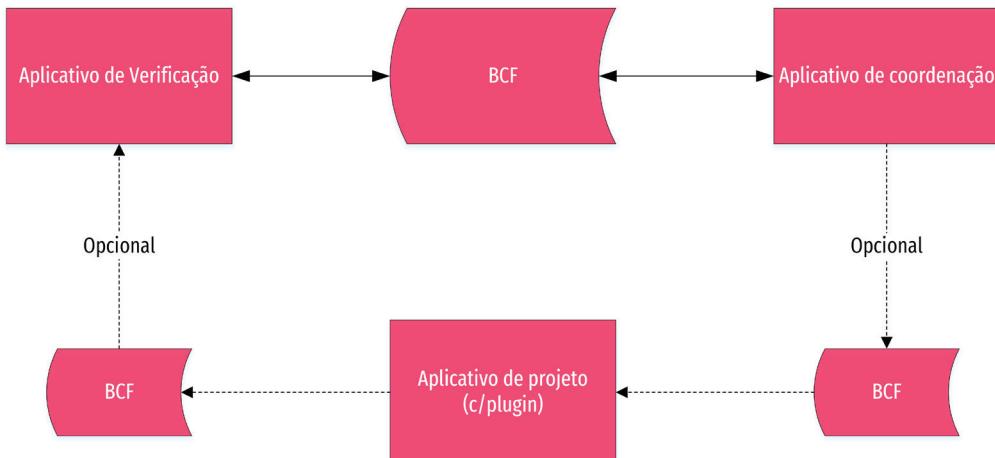


Figura 15: Fluxo de coordenação com uso de BCF. Fonte GDP

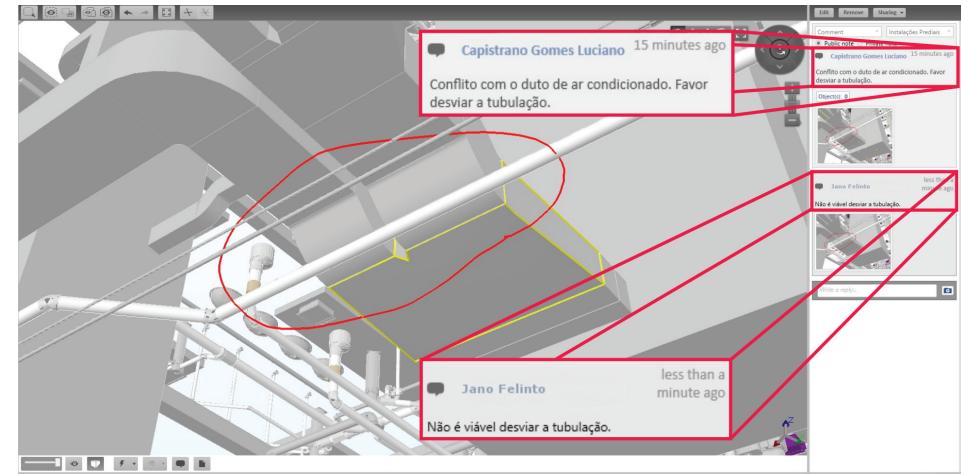


Figura 16: Exemplo de aplicativo BCF de verificação com sistema de comunicação (Tekla BIMsight).

com uso de um *plugin* de modo a identificar e localizar a questão no modelo para proceder ao ajuste necessário ou responder ao questionamento. Isto gera um ciclo de otimização de projeto, como representa a Figura 17.

Caso o aplicativo de coordenação seja baseado em serviço “em nuvem”, a comunicação será simultânea com os diversos participantes (síncrona), sendo que alguns destes aplicativos incluem o serviço de hospedar os arquivos dos modelos BIM, de modo a agilizar o processo. No entanto, nestes casos, a infraestrutura de rede deve ser capaz de suportar o grande fluxo de dados.

Através destes sistemas toda a equipe pode se comunicar, seja de modo síncrono ou assíncrono, mas a tendência é que todos utilizem trocas em tempo real, através de serviços em nuvem, pois isso evita atrasos no processo e melhora a confiabilidade.

Entretanto, é importante que o sistema de comunicação seja definido. Mesmo que todos usem o padrão BCF, podem ocorrer problemas se forem utilizados aplicativos diferentes. E para a utilização de sistemas em nuvem precisa-se de contratos de uso por prazos determinados. As soluções possíveis devem ser avaliadas criteriosamente e o Plano de Execução BIM deve definir o sistema a ser utilizado e a quem serão atribuídos os custos dessa utilização.

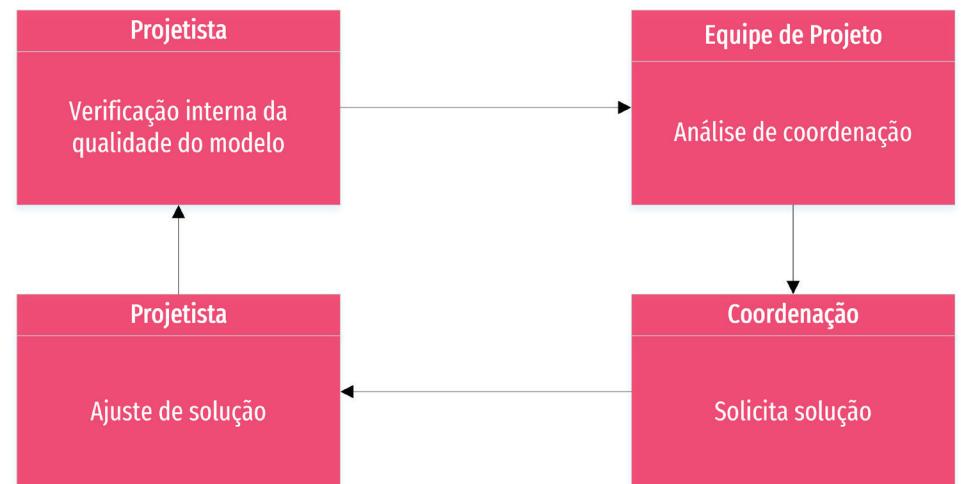


Figura 17: Ciclo de otimização de projeto. Fonte: GDP.

4.3 O CONCEITO DE NÍVEIS DE DESENVOLVIMENTO: ND (LOD)

Já vimos que o desenvolvimento do modelo é progressivo e que de acordo com sua evolução serão fornecidos modelos com maior volume de informação, como esquematizado na Figura 18. Para regular este volume, foi definido o conceito de LOD (*Level Of Development*) ou Nível de Desenvolvimento (ND)¹⁷. Os diferentes Níveis de Desenvolvimento serão descritos a seguir, cada um correspondendo a um certo grau de definição dos elementos, componentes e materiais do projeto.

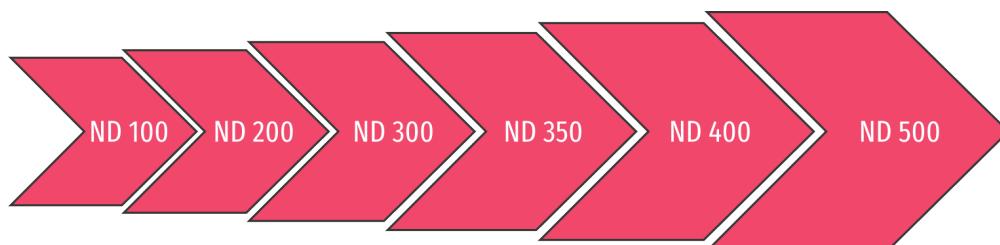


Figura 18: Evolução da informação no ND do elemento. Fonte: GDP, adaptado de BIM FORUM.

A definição de LOD foi desenvolvida pelo AIA (American Institute of Architects) e está descrita no documento do BIM FORUM, *Level Of Development Specification for Building Information Modelling, version 2016*¹⁸, disponível em www.bimforum.org/lod.

Um ponto importante é diferenciar Nível de Desenvolvimento (ND) do nível de detalhe. O primeiro representa a confiabilidade que o modelo do elemento atingiu, ou seja, refere-se à qualidade do processo decisório inerente à evolução do projeto¹⁹. Já o nível de detalhe refere-se ao volume de elementos gráficos e informações anexas que

¹⁷ O caderno de apresentação de projetos BIM de Santa Catarina, disponível em <http://www.spg.sc.gov.br/visualizar-biblioteca/acoes/comite-de-oberas-publicas/427-caderno-de-projetos-bim/file> adotou esta tradução, seguida nesta coletânea. Originalmente ela foi sugerida por Manzione. Proposição de uma estrutura conceitual de gestão do processo de projeto colaborativo com o uso do BIM. 2013. Tese (Doutorado em Engenharia de Construção Civil e Urbana) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

¹⁸ Especificação do Nível de Desenvolvimento para BIM, versão 2016.

estão agregados ao elemento. A BSI-PAS1192-2 *Specification for information management for the capital/delivery phase of construction projects using building information Modelling* define que o nível de desenvolvimento abrange tanto o nível de detalhe como o nível de informação (dados associados) de um objeto.

Não há uma correspondência direta entre os níveis de desenvolvimento e os modelos de cada etapa de projeto, pois estes não são compostos exclusivamente por elementos e componentes com mesmo ND. Por diversas razões, em um modelo de Projeto Básico, por exemplo, podem conviver componentes virtuais ND 300, 350 ou mesmo 200. Ou seja, é um equívoco dizer “modelo BIM ND X”. Este conceito se aplica apenas aos modelos de componentes inseridos em um Modelo BIM, o qual pode ser composto por componentes com ND variados.

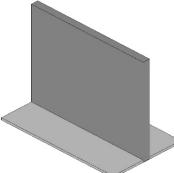
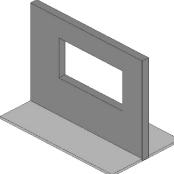
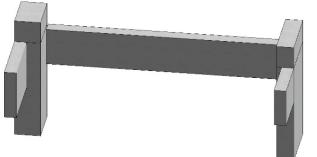
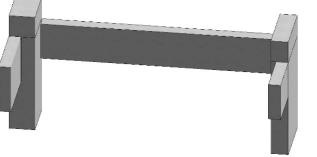
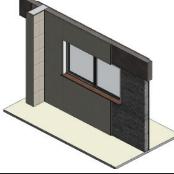
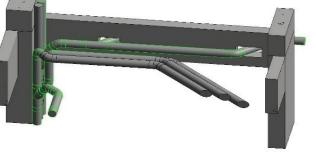
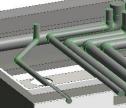
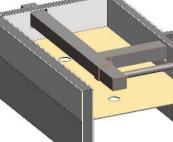
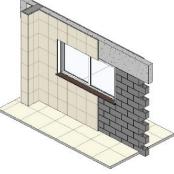
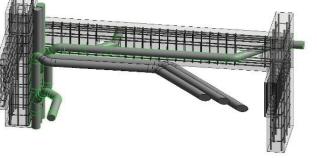
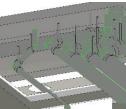
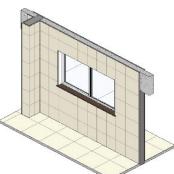
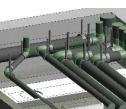
Destacamos que na definição do BIM Fórum está claro que elementos ND 100 não contêm informação geométrica, logo não se poderia falar de modelo BIM ND 100, ainda que seja possível um modelo constituído exclusivamente por componentes em um determinado ND. Outro aspecto relevante é que o ND 500 se caracteriza pela “verificação em campo”, ou seja, por descrever o que foi efetivamente executado, daí sua associação com o projeto como construído (“as built”).

A Tabela 1 apresenta os conceitos básicos do ND e ilustrações correspondentes às principais disciplinas.

Outro ponto importante é a questão da autoria do modelo, pois ela varia conforme a evolução do projeto. Assim, uma esquadria em ND 200 pode ser um elemento modelado pelo arquiteto, mas o modelo ND 350 ou 400 provavelmente será oriundo de um fabricante, ainda que a responsabilidade pela sua inserção seja do arquiteto ou do consultor de luminotécnica. Do mesmo modo, uma cobertura ND 200 pode ser inicialmente proposta pelo arquiteto e adiante desenvolvida pelo engenheiro. Este ponto será detalhado ao tratarmos dos Plano de Execução BIM e nas questões contratuais no Guia 4.

¹⁹ O nível de detalhe é essencialmente quanto detalhe é incluído no elemento do modelo. Nível de Desenvolvimento é o grau em que a geometria do elemento e as informações anexas foram conceituadas, o grau de confiança que os membros da equipe do projeto depositam na informação ao utilizar o modelo.” (tradução livre do documento do BIMFORUM citado)

Tabela 1 Conceitos de ND ou LOD.

LOD	Conceito	Arquitetura	Estrutura	Instal.Prediais	HVAC
100	O Elemento do Modelo pode ser representado graficamente no Modelo com um símbolo ou outra representação genérica, mas não satisfaz os requisitos para LOD 200. Informações relacionados ao Elemento do Modelo (isto é, custo por m ² quadrado, tonelagem de HVAC, etc.) podem ser derivadas de outros Elementos do Modelo		N.A.	N.A.	N.A.
200	O Elemento do Modelo é representado graficamente no Modelo como um sistema genérico, objeto ou montagem com quantidades aproximadas, tamanho, forma, localização e orientação. As informações não gráficas também podem ser anexadas ao Elemento Modelo				
300	O Elemento do Modelo é representado graficamente no Modelo como um sistema, objeto ou conjunto específico em termos de quantidade, tamanho, forma, localização e orientação. As informações não gráficas também podem ser anexadas ao Elemento Modelo				
350	O Elemento do Modelo é representado graficamente no Modelo como um sistema, objeto ou conjunto específico em termos de quantidade, tamanho, forma, orientação e interfaces com outros sistemas de construção. Informações não gráficas também podem ser anexadas ao Elemento do Modelo.				
400	O Elemento do Modelo é representado graficamente no Modelo como um sistema, objeto ou conjunto específico em termos de tamanho, forma, localização, quantidade e orientação com detalhes, fabricação, montagem e informações de instalação. Informações não gráficas também podem ser anexadas ao Elemento do Modelo.				
500	O Elemento do Modelo é uma representação verificada em campo em termos de tamanho, forma, localização, quantidade e orientação. Informações não gráficas também podem ser anexadas aos Elementos do Modelo.				

Fonte: GDP, adaptado de *LOD Specification 2016*, BIMFORUM, disponível em <http://bimforum.org/lod/>.

4.4 MODELOS BIM E ETAPAS DE PROJETO

O conceito de “etapa de projeto” provavelmente derivou-se da necessidade de estipular uma entrega ou um marco no desenvolvimento do projeto. A rigor, em um processo de projeto BIM não seria necessário definir as etapas, mas apenas pontuar a associação das informações desejadas a cada elemento projetado, em cada fase da evolução do projeto. Porém, a cultura existente deve prevalecer ainda por alguns anos, de modo que, a título de ilustração, é possível descrever o ND dos elementos mais utilizados em um modelo de uma determinada etapa, ressaltando que estas definições variam conforme a complexidade do projeto e outras questões que devem ser definidas em um Plano de Execução BIM e no contrato. Neste plano, detalhado mais adiante, deve estar definido quando cada elemento será representado e em que ND. Por exemplo, é possível definir que em um projeto básico, na sua maioria constituído por elementos em ND 200, existam equipamentos ND 300 convivendo com símbolos ND 100 para componentes menores, tais como complementos sanitários (saboneteiras, toalheiros etc.). Ou que estes últimos não devam ser considerados nesta etapa do projeto, sendo marcados no Plano de Execução BIM como “NÃO REQUERIDOS” (ver Guia 4).

Cada etapa possui objetivos de usos BIM diferenciados e por isso pode requerer um modelo BIM composto por elementos com níveis de desenvolvimento diferentes. Porém, entre os principais motivos da convivência de componentes com ND diferentes em um mesmo modelo e ao mesmo tempo está o artifício de que o projetista lance mão de um modelo de um elemento – por exemplo um mobiliário ou um equipamento com grande volume de informação – em etapas iniciais em vez de um elemento genérico, simplesmente porque é o tipo de objeto que tem à mão. Entretanto, posteriormente este componente será trocado por outro definitivo. Embora não seja uma boa prática, vemos isso com frequência nos projetos, em geral por deficiência nas bibliotecas genéricas. Entre outros problemas, este expediente pode levar a entendimentos equivocados, pois inclui informações que não devem ser consideradas naquele nível de desenvolvimento do projeto. Para evitar isso, sugerimos o uso de uma Matriz de Responsabilidade (MRIDP), detalhada adiante.

Ainda que não haja esta associação direta, algumas aplicações de elementos de ND diferentes a algumas etapas do projeto mais comuns são descritas a seguir.

Nos Estudos de Massa, normalmente são utilizados elementos ND 100 (informações não geométricas) e elementos ND 200 simples, tais como planos e superfícies, para compor modelos BIM, como exemplifica a Figura 19. Esses elementos, associados a dados externos, permitem cálculos estimativos de áreas de construção, como áreas de fachadas, pisos e, por associação, estimativas de custos, assim como análises gerais de absorção solar, sombreamento e acessos. Esse tipo de modelo permite estimativa de custos baseadas em áreas típicas, tanto de pisos como de fechamentos, volumetria e indicadores derivados, como proporção de áreas privativas/construídas, compacidade, entre outros. A definição dos limites da volumetria é um elemento importante a ser considerado no desenvolvimento da etapa seguinte, pois se constitui no “envelope” da obra, seus limites espaciais que deverão ser respeitados nas etapas seguintes.

Na composição de modelos na etapa de estudos preliminares, na qual existe uma preocupação maior com a geometria do projeto, com soluções gerais de estrutura, caminhamento básico de instalações, entre outros, em geral são utilizados elementos ND 200 ou acima. Já acontece, também, a associação de informações não geométricas aos elementos do modelo, tais como acabamentos gerais ou padrões de acabamento e numeração de vagas. Com elementos ND 200 é possível compor o modelo-base de arquitetura, a partir do qual são gerados modelos (em formato proprietário ou IFC) ou plantas-base (DWG) para o desenvolvimento dos projetos complementares em nível de Estudo Preliminar ou Anteprojeto. Neste nível de desenvolvimento, os elementos já possuem informações que tornam possíveis as análises gerais de cada sistema e a extração de quantitativos básicos gerais, como por exemplo a metragem quadrada de paredes, esquadrias e o volume geral da estrutura. Um modelo BIM constituído por elementos no ND 200 ou superiores, como mostra a Figura 20, permite a extração de documentos para compor o Estudo Preliminar e o Projeto Legal. A representação de equipamentos (unidades de ar-condicionado *split*, luminárias, p.ex.) e componentes (louças e portas, p.ex.) é genérica, ou seja, sem referência a marcas ou modelos comerciais e ainda sem precisão absoluta de medidas.

Já nos projetos básicos e executivos é corrente a utilização de elementos ND 300 ou 350, dependendo dos objetivos definidos para a disciplina em questão para esta etapa, ainda que determinados componentes possam ser representados até mesmo por ND 100. Elementos ND 300 ou 350 são precisos em termos de geometria, tamanho, forma e

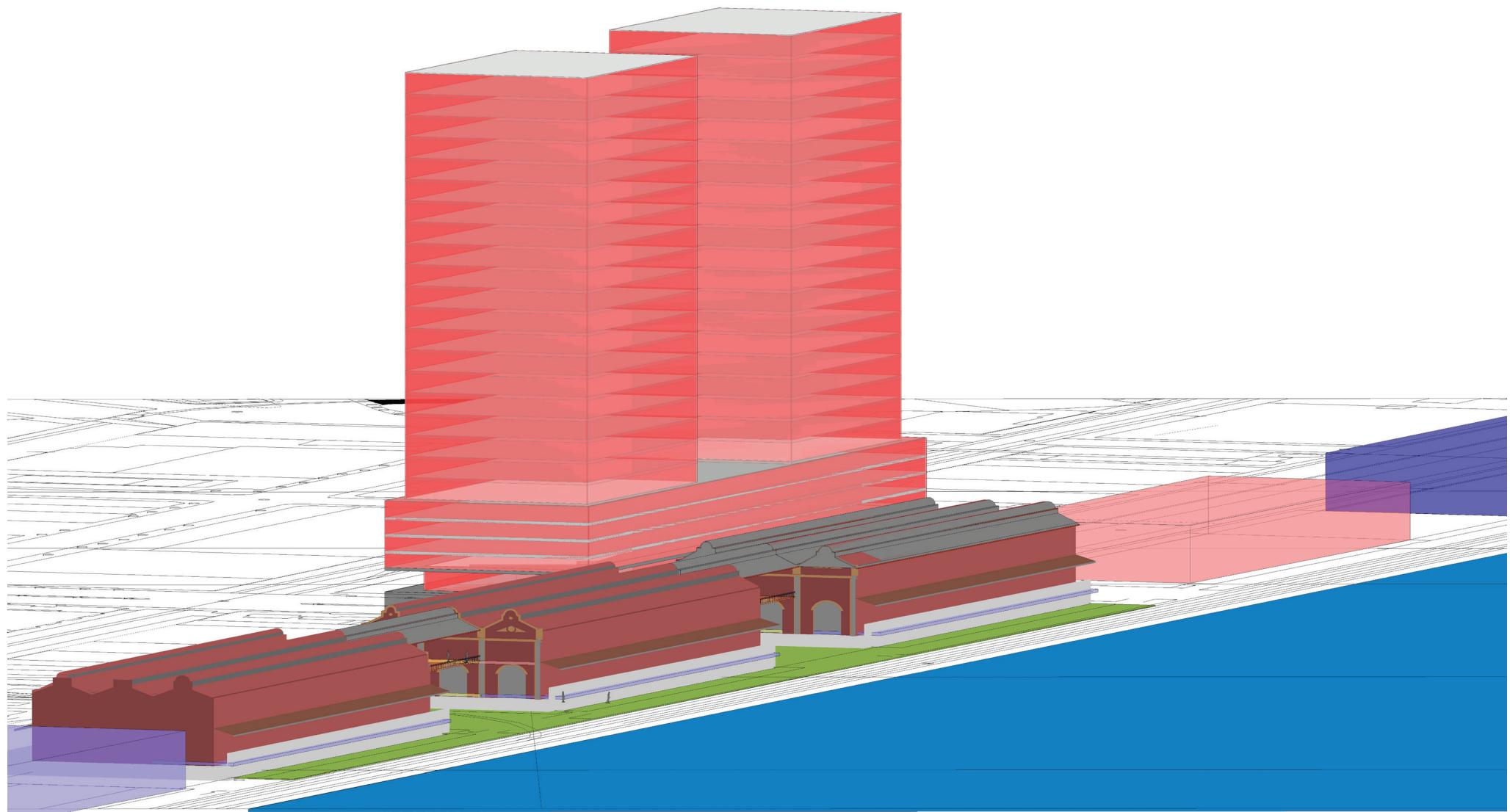


Figura 19: Exemplo de estudo de massa composto por elementos ND 200 e ND 100. Fonte: GDP

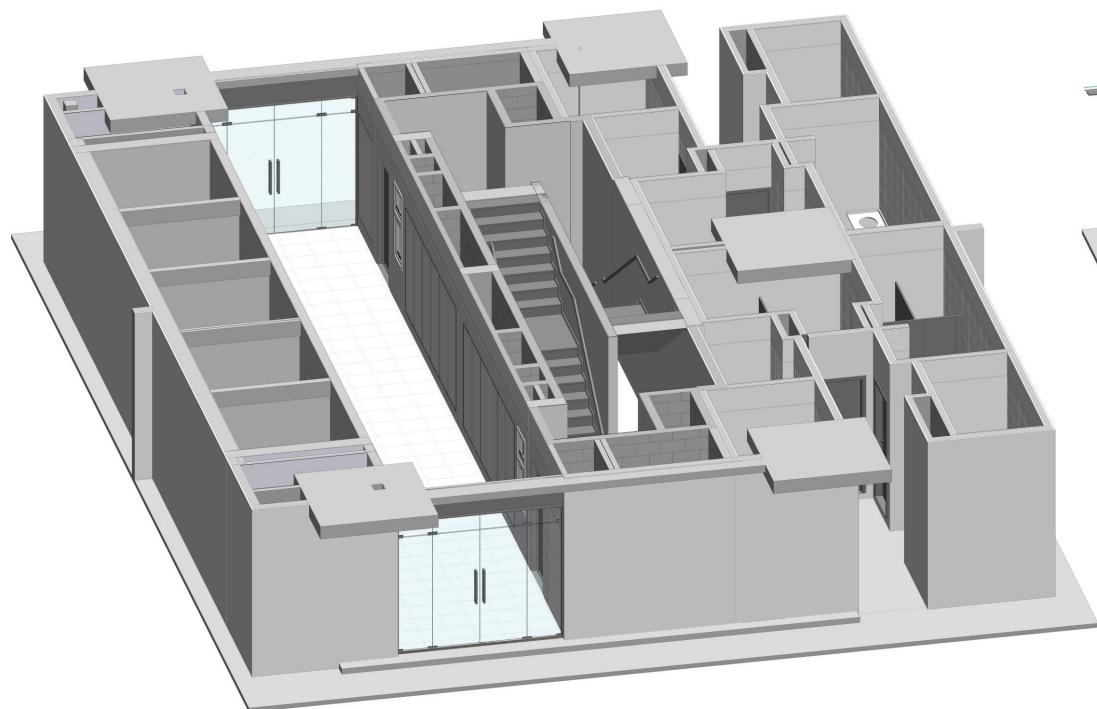


Figura 20: Exemplo de Estudo preliminar composto majoritariamente por elementos ND 200.
Fonte: GDP

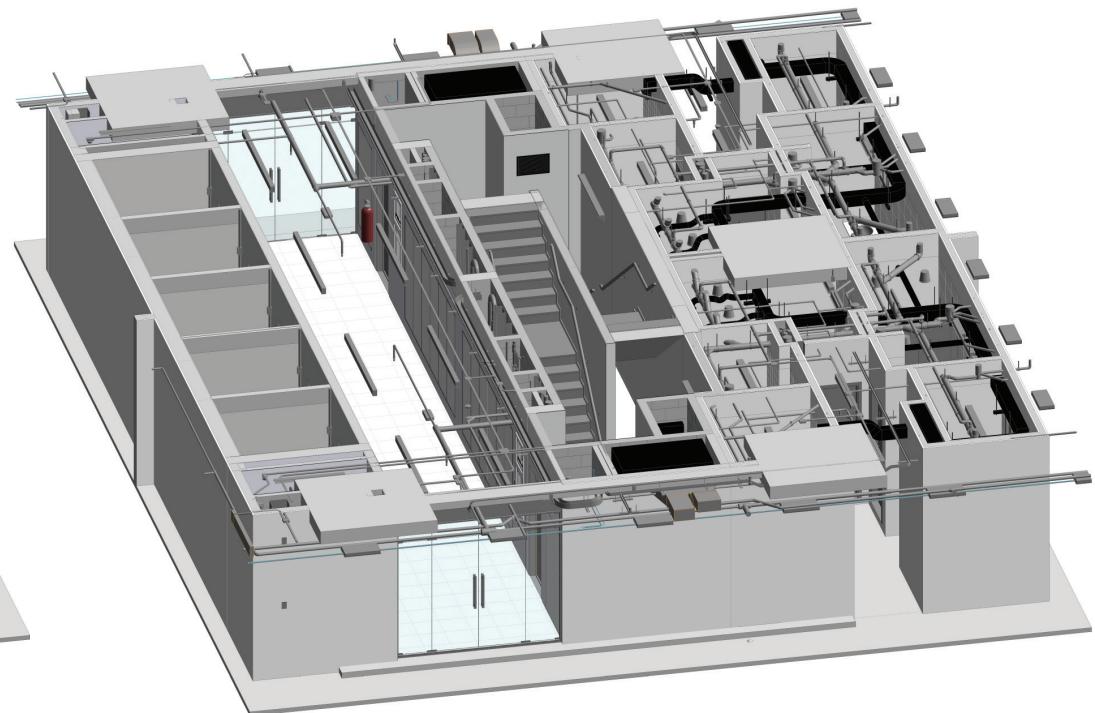


Figura 21: Modelo composto com elementos ND 300 ou 350. Fonte: GDP

outros requisitos funcionais (consumo de energia ou outro recurso, por exemplo) que permitem o desenvolvimento de modelos BIM incorporando todas as definições gerais de revestimentos, acabamentos e, com base na modelagem das instalações, também já suportam a análise de conflitos (*Clash Detection*) quanto a caminhamentos gerais.

Esse nível de desenvolvimento também permite a extração de quantitativos de materiais básicos (alvenaria, concreto, etc.) e de revestimentos por tipo, compartimento, pavimentos ou setores, além da extração de documentos para compor a etapa de Projeto Básico e Pré-executivo. Além das definições do ND 300, o ND 350 incorpora

mais informações sobre componentes de montagem e espaços de folga para montagem. Por exemplo, um aquecedor a gás em ND 300 inserido no modelo tem tamanho e posição precisos, assim como parâmetros de especificação, mas isso ainda corresponde a vários modelos de aquecedor disponíveis no mercado. Mas se for um componente ND 350, a posição das entradas de gás, água fria e saídas de água quente também são precisas, o que restringe ainda mais os modelos de aparelhos que podem ser de fato colocados na obra final. Com isso, pode-se definir com maior precisão as tubulações para efeito de análise de conflitos e para uma melhor distribuição das várias instalações necessárias ao empreendimento. O ND 350 foi definido como resposta à demanda por análise de coordenação e compatibilização mais precisas. Um modelo BIM composto principalmente por elementos ND 350 permite elaborar quantitativos de serviços baseados em critérios de medição e a extração de quantitativos conforme as necessidades de planejamento e orçamentação da obra. A Figura 21 ilustra este caso.

Projetos de produção e detalhes de montagem ou projeto de fabricação de componentes, tais como esquadrias, escadas, balcões de atendimento e divisórias usualmente requerem elementos ND 400, que incorporam todas as especificações, todos os componentes de montagem, inclusive os menores, tais como fixadores ou parafusos, e espaços de manutenção. Um modelo BIM composto majoritariamente por elementos ND 400 permite elaborar quantitativos de serviços baseados em critérios de medição e extração de quantitativos para as operações de montagem, bem como atender às necessidades de planejamento e suprimentos da obra. Com base em sua modelagem detalhada, permite a análise de compatibilidade de equipamentos e a verificação de conflitos, de acordo com a situação prevista de montagem, uso e manutenção, como exemplifica a Figura 22.

Finalmente, elementos ND 500 são uma representação do que foi **verificado em campo**, ou seja, correspondem a um “*as built*” (projeto como construído) em termos de dimensões, formas, componentes utilizados, localização, entre outros. Ademais, têm informações não gráficas atreladas, tais como dados de consumo e desempenho efetivos, assim como links externos para manuais, termos de garantia e sites de fornecedores ou de manutenção, de modo a possibilitar o uso do modelo BIM composto por estes elementos na operação e manutenção da edificação. Na elaboração do modelo “*as built*”, a representação gráfica muitas vezes é simplificada para não sobrecarregar os arquivos.

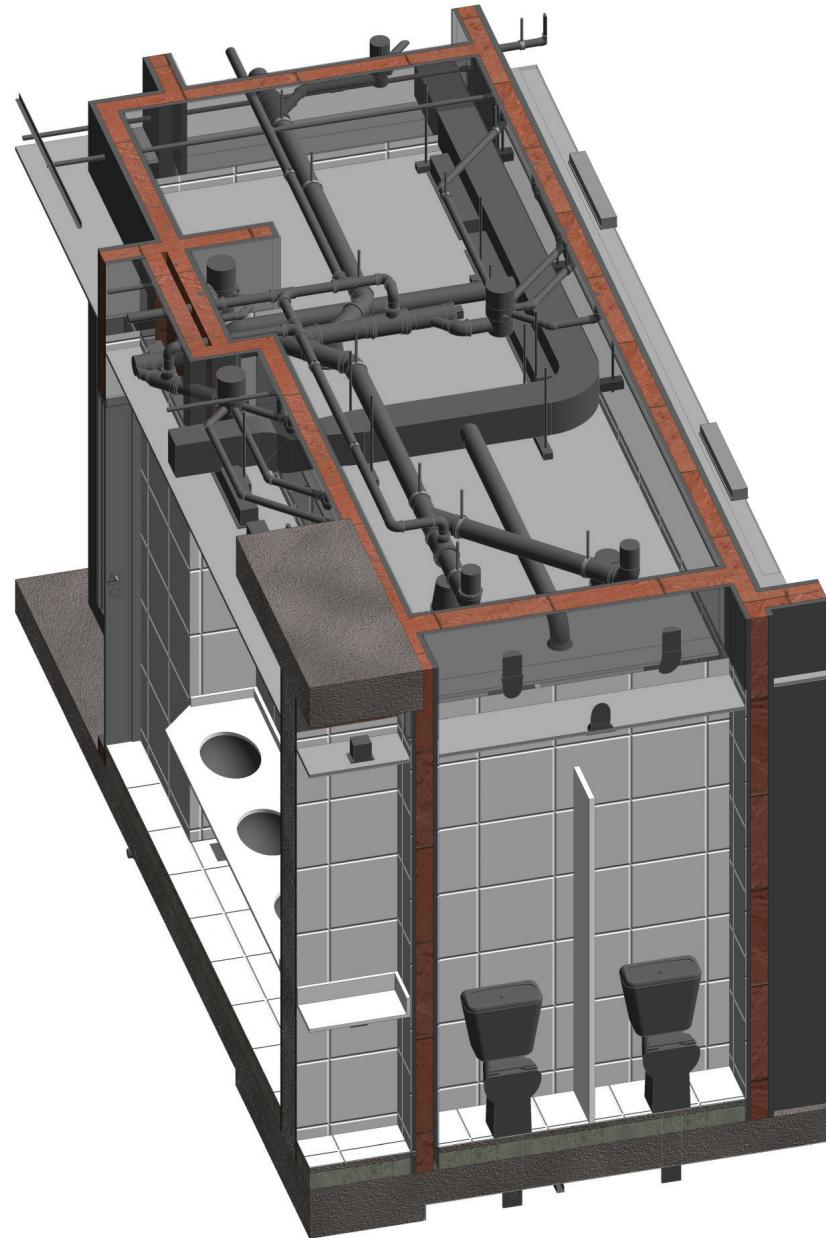


Figura 22: Conjunto de elementos ND 400. Fonte: GDP

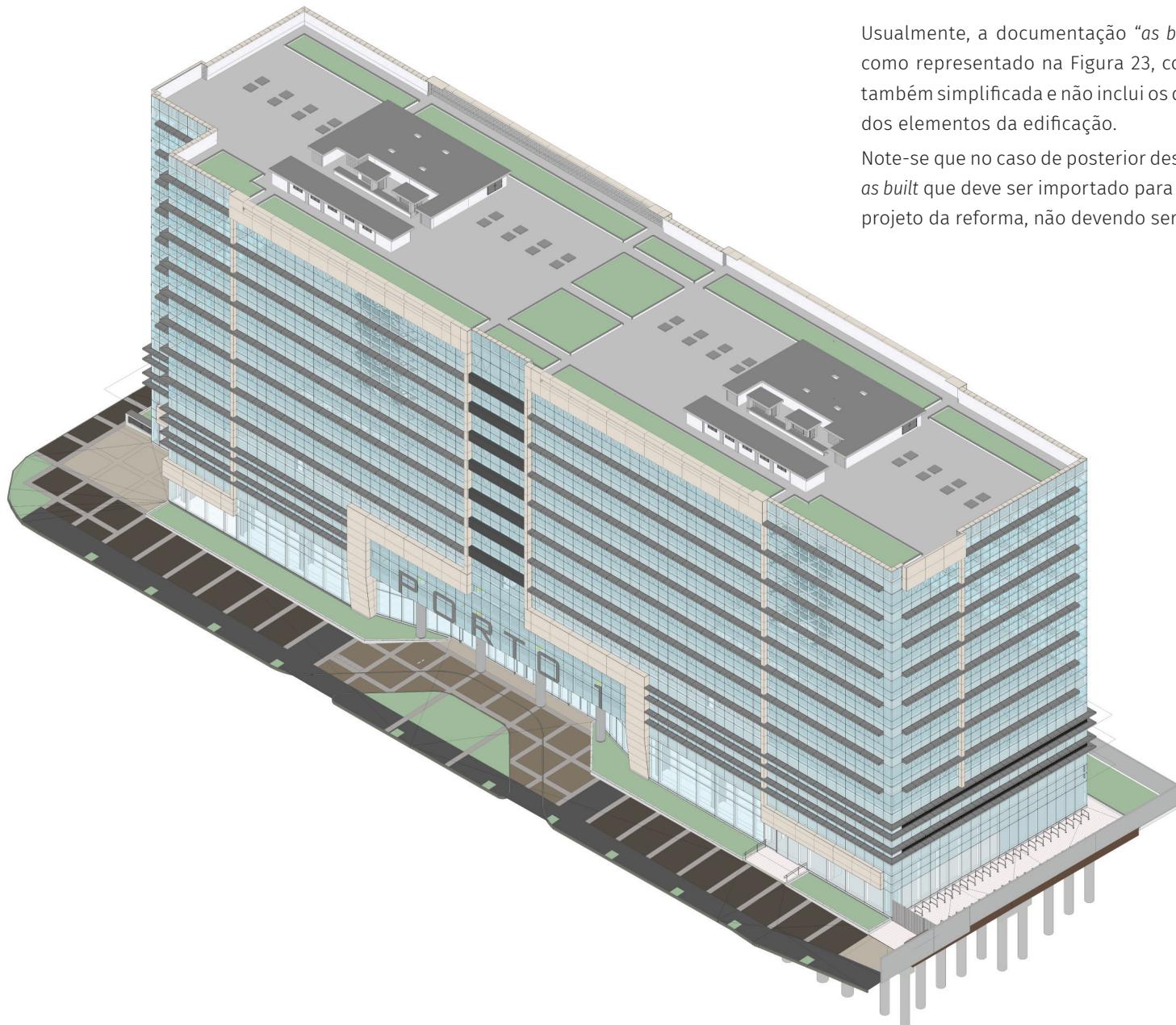


Figura 23: Modelo composto por dados de As Built ND 500. Fonte: GDP

Usualmente, a documentação “as built”, além do modelo com elementos em ND 500, como representado na Figura 23, contém plantas e cortes com representação gráfica também simplificada e não inclui os detalhes necessários para a produção ou montagem dos elementos da edificação.

Note-se que no caso de posterior desenvolvimento de reformas ou ampliação é o modelo *as built* que deve ser importado para um aplicativo de projeto, para então se proceder ao projeto da reforma, não devendo ser usado o modelo BIM do projeto autoral.

4.5 ETAPAS, USOS PRETENDIDOS E PRODUTOS NO PROCESSO DE PROJETO BIM

Sendo uma “construção virtual”, o modelo BIM pode servir de base para múltiplas simulações e cálculos de desempenho da solução. Conforme o projeto avança e incorpora um maior volume de informações, ele passa a permitir novos tipos de análises ou verificações com maior nível de precisão. Também é exigido cada vez maior rigor do projetista na modelagem da sua disciplina e alimentação das informações, ao mesmo tempo que visualiza as outras especialidades, o que pode demandar mais tempo que o projeto da forma tradicional. Isso, no entanto, pode ser compensado com os prazos menores para a etapa de documentação. Em decorrência, o cronograma de um projeto BIM é diferenciado daquele executado com CAD.

Essas simulações, cálculos e estimativas ou levantamentos são denominados de “usos do BIM”, compondo as diversas dimensões do projeto. É por isso que um projeto em BIM não é considerado 3D, mas sim nD, porque possui essas múltiplas dimensões. E, na verdade, seu potencial de uso ainda está longe de ser totalmente demarcado, sendo objeto de abordagens diversas, evidenciando o quanto ainda existe a ser explorado.

O Guia AsBEA Boas Práticas em BIM (2015) apresenta uma adaptação da relação dos usos indicados pela PENN University²⁰, agrupados de acordo com o estágio do empreendimento:

OPERAÇÃO

- 1. Programação de manutenção preventiva do edifício**
- 2. Análises dos sistemas do edifício**
- 3. Gestão do edifício**
- 4. Gerenciamento dos espaços**
- 5. Planejamento de abandono do edifício**
- 6. Modelo Final Consolidado**

CONSTRUÇÃO

- 7. Planejamento da ocupação do canteiro**
- 8. Projetos de sistemas construtivos**
- 9. Fabricação digital**
- 10. Controle e planejamento 3D**
- 11. Planejamento de etapas de construção / implantação – 4D**

PROJETO

- 12. Modelagem de condições existentes**
- 13. Análise de implantação**
- 14. Criação e concepção**
- 15. Validação de códigos e normas**
- 16. Coordenação 3D**
- 17. Análise de engenharia**
 - a. Análise Energética
 - b. Análise Estrutural
 - c. Análise Luminotécnica
 - d. Análise de Climatização e outras
- 18. Avaliação de Sustentabilidade – LEED**
- 19. Definição do Programa de Necessidades**
- 20. *Design Review* – Revisão Crítica**
- 21. Estimativa de custo**

²⁰ PENNSYLVANIA STATE UNIVERSITY BIM - Project Execution Planning Guide version 2.0, [S.I.:s.n.] Released July, 2010. *The Computer Integrated Construction Research Program*

Succar²¹ propõe uma taxonomia com 125 usos, organizados em três categorias e nove séries. Já a buildingSMART Alliance²² propõe em seu site uma estrutura de inter-relacionamento lógico para facilitar a identificação dos requisitos de informação de cada elemento para cada uso conforme o ciclo de vida da edificação, recomendando um máximo de sessenta e quatro usos possíveis, cada qual com exigências específicas para elementos determinados, como mostra a Tabela 2.

Finalmente, o Grupo de Trabalho de Componentes BIM da CEE-134 definiu em seu plano de trabalho uma lista restrita de usos prioritários:

1. Planejamento 4D
2. Análise Energética
3. Extração de Quantidades para Orçamento Executivo
4. Concepção de Sistemas Prediais Hidráulicos
5. Concepção de Sistemas Prediais Elétricos
6. Concepção de Sistemas AVAC/R
7. Concepção de Estruturas Metálicas
8. Concepção Arquitetônica
9. Análise de Sustentabilidade
10. Concepção de Luminotécnica
11. Concepção de Estruturas de Concreto
12. Geração de documentação
13. Detecção de interferências
14. Visualização
15. As-built
16. Gerenciamento de *Facilities*
17. Comissionamento

Note-se que o foco deste Grupo de Trabalho são os componentes BIM a serem inseridos nos projetos, com uma forte preocupação de orientar a indústria de fornecedores a produzir estes objetos virtuais.

Estes são também os usos mais prováveis no contexto brasileiro para os próximos anos, devendo ser o foco principal nas definições adotadas do Plano de Execução BIM.

21 Ver <http://bimexcellence.com/model-uses/>, acesso em 05/04/2017

22 Capítulo americano da BuildingSMART, ver: <http://www.nibs.org/?page=bsa>

No desenvolvimento do projeto, esses usos podem ocorrer de modo diferenciado. Por exemplo, em um estudo de massa, é possível extrair dados de área de pisos e fachadas para estimativas iniciais de custos, bem como fazer uma simulação da carga térmica decorrente da insolação, entre outras simulações. Isto permite comparar diferentes cenários de solução e definir o melhor encaminhamento do projeto. Já em etapas mais avançadas, é possível extrair os quantitativos de todos os elementos do projeto e através deles elaborar orçamentos. O nível de detalhe do modelo vai implicar em orçamentos mais ou menos precisos, pois os quantitativos só indicam os elementos efetivamente modelados ou dados inseridos como parâmetros. É possível, ainda, associar componentes da obra não modelados a elementos do modelo virtual, como no caso de formas e alguns componentes arquitetônicos ou construtivos pequenos ou com uma fraca relação custo-benefício para o esforço de inserção. Pode ser o caso de impermeabilização ou mesmo rodapés, mas estas definições devem estar descritas no Plano de Execução do Projeto, pois cada uma destas análises ou simulações constituem um produto associado à evolução do projeto.

Fica claro que o processo BIM implica em novos produtos e serviços ao longo do desenvolvimento do projeto, que devem ser previamente previstos para que os componentes BIM inseridos possam atender às funções desejadas. O item a seguir aborda de forma resumida as consequências dessas novas funções, que serão tratadas em maior detalhe nos Guias 2 – Classificação da Informação no BIM e 4 – Contratação e Elaboração de projetos BIM na arquitetura e engenharia.

4.6 PLANEJAMENTO DO PROCESSO DE PROJETO BIM

Mesmo que a organização envolvida no projeto já tenha seus procedimentos BIM definidos, a cada execução de novo empreendimento é necessário um planejamento cuidadoso²³, iniciado com as definições do que se deseja alcançar no projeto, com basicamente três questões principais:

- Quais serão os usos do BIM?
- Em que momentos do ciclo de vida da edificação eles devem ocorrer?
- Quem será o responsável?

Uma vez definidos estes pontos, é necessário verificar que elementos do modelo servirão de base para esses usos, possibilitando, assim, a definição dos requisitos e do ND – Nível de Desenvolvimento para cada etapa do processo.

Tabela 2: Quando de inter-relacionamentos para análise de usos do BIM com base no ciclo de vida.

PROJETO	AQUISIÇÃO	MONTAGEM	OPERAÇÃO
REQUISITOS	FORNECEDORES	QUALIDADE	COMISSIONAMENTOS
LOCAL	MATERIAIS	SEGURANÇA	OCUPAÇÃO
Programa	Qualificação	Testagem	Ponto de início
Cronograma	Disponibilidade	Validação	Testagem
Qualidade	Estabilidade	Inspeção	Equilíbrio
Custo	Capacidade	Aceitação	Treinamento
Zoneamento	Especificação	Requisitos	Processos de venda
Características Físicas	Seleção	Logística	Administração da edificação
Abastecimento de serviços (água, luz, gás, etc)	Compra	Treinamento	Segurança
Características ambientais	Certificação	Inspeção	Serviços aos moradores
FORMA	CONTRATAÇÃO	CRONOGRAMA	ALTERAÇÕES
Arquitetura	Solicitação de orçamento	Fabricação	Análise
Estrutura	Solicitação de propostas	Entregas	Recuperação
Envelope (fachada, coberturas)	Seleção	Recursos	Renovação
Sistemas	Contrato	Instalação	Demolição
ESTIMATIVA	PREÇO	CUSTO	MANUTENÇÃO
Quantidade	Quantidade	Produtividade	Prevenção
Preço dos sistemas	Preço unitário	Solicitação	Agendamento de manutenção
Comparação	Mão-de-obra	Orçamento	Garantias
Reajuste	Equipamento	Seleção	Contratada

Fonte: <https://www.nationalbimstandard.org/tetralogyofbim>

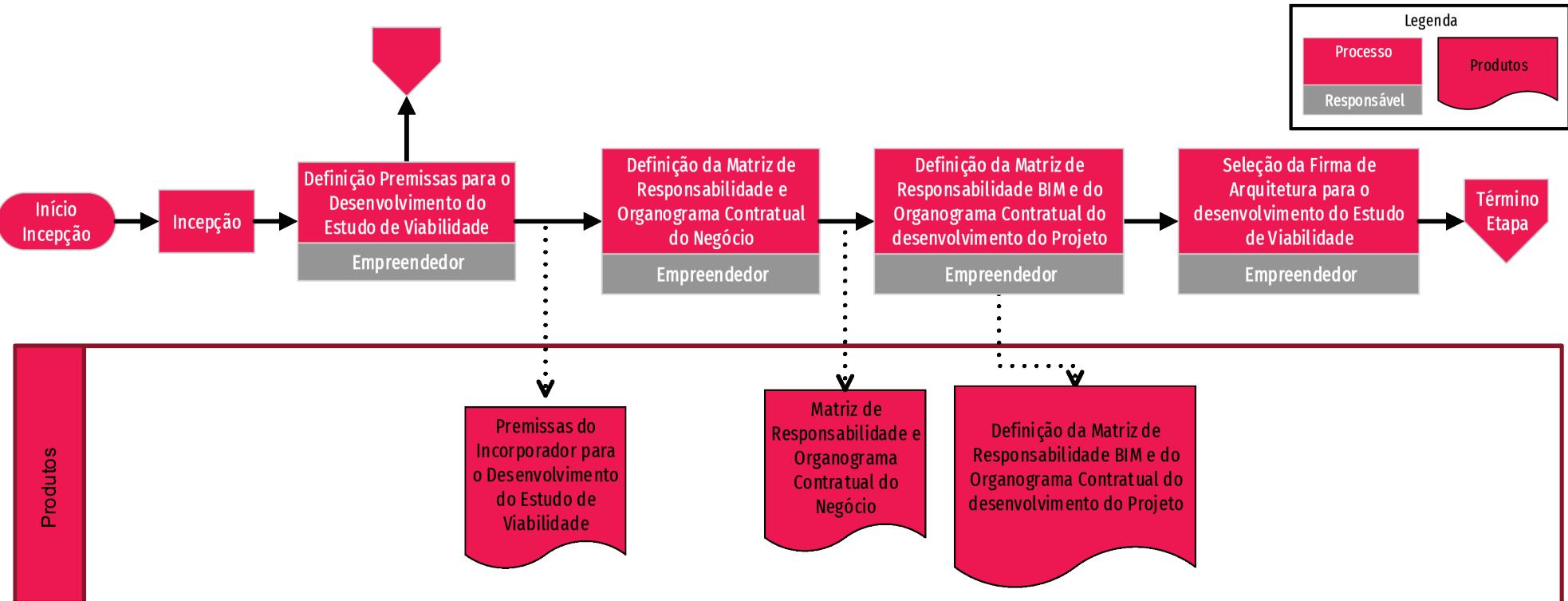


Figura 24: Fluxograma para a fase de Incepção. Fonte: GDP

Entretanto, frequentemente essas respostas não estão disponíveis no início dos trabalhos, já que um projeto se inicia antes da entrada da maioria dos projetistas. Na prática, os fluxos de processo de projeto variam bastante, de acordo com a natureza da edificação projetada, em particular em função do uso – se residencial, hospitalar ou outro – ou conforme os agentes empreendedores – se uma empresa privada, entidade pública ou mesmo uma pessoa física. Contudo, é possível apresentar um fluxo “básico”, a título de ilustração, que pode e deve ser adaptado para cada empreendimento específico.

Para facilitar o planejamento dos processos BIM, esta coletânea oferece a possibilidade de download dos arquivos digitais editáveis dos fluxogramas e planilhas dos modelos sugeridos, que constam também do Anexo I.

Empreendimentos visam atender a necessidades. Dessa forma, é natural que sua correta identificação ocorra logo na primeira fase. Destaca-se que o primeiro passo para um projeto bem-sucedido é essa correta documentação. A fase de INCEPÇÃO se inicia com a análise da possibilidade de realização de um empreendimento. Trata-se do início da organização do projeto, quando os dados iniciais serão coletados, avaliados e validados.

²³ No caso de uma organização ainda não ter estes procedimentos definidos, ver o Guia 6 – Implantação de processo BIM, para as definições que antecedem o planejamento do empreendimento, tais como seleção da tecnologia, infraestrutura, treinamentos e procedimentos necessários.

A Figura 24 mostra um exemplo de fluxograma dessa fase, assinalando os pontos em que os documentos necessários devem ser gerados.

Cada processo indicado pode ser aprofundado em subprocessos, como no caso da definição de premissas, que deve incluir análises financeiras, de risco, de mercado, incluindo eventualmente até pesquisas de mercado, de modo a se obter o mínimo risco, como mostra a Figura 25.

A Matriz de Responsabilidades no Desenvolvimento dos Elementos Projetuais²⁴ é parte importante dos contratos e será detalhada no Guia 4 – Contratação de Projetos BIM. Ela indica o responsável pelo elemento em questão a cada etapa prevista para o empreendimento e qual deve ser o nível de desenvolvimento a ser atingido na etapa, como ilustrado na Figura 26.

Essa matriz foi elaborada tendo em base a listagem de elementos da Tabela 3E – Elementos da ABNT NBR 15965:2015 e as etapas mais comuns nos contratos no Brasil. Porém, nem todos os projetos contêm todos estes elementos ou estas etapas. Aparentemente trabalhosa, a matriz tende a ser repetitiva quando se realizam projetos semelhantes na mesma organização ou em organizações similares. Assim, em uma empresa de incorporação ou construção, a matriz terá pouca variação entre projetos de mesmo padrão. A tendência é a mesma em uma entidade pública, obtendo-se matrizes parecidas, que variam apenas no modo de contratação e na função da edificação.

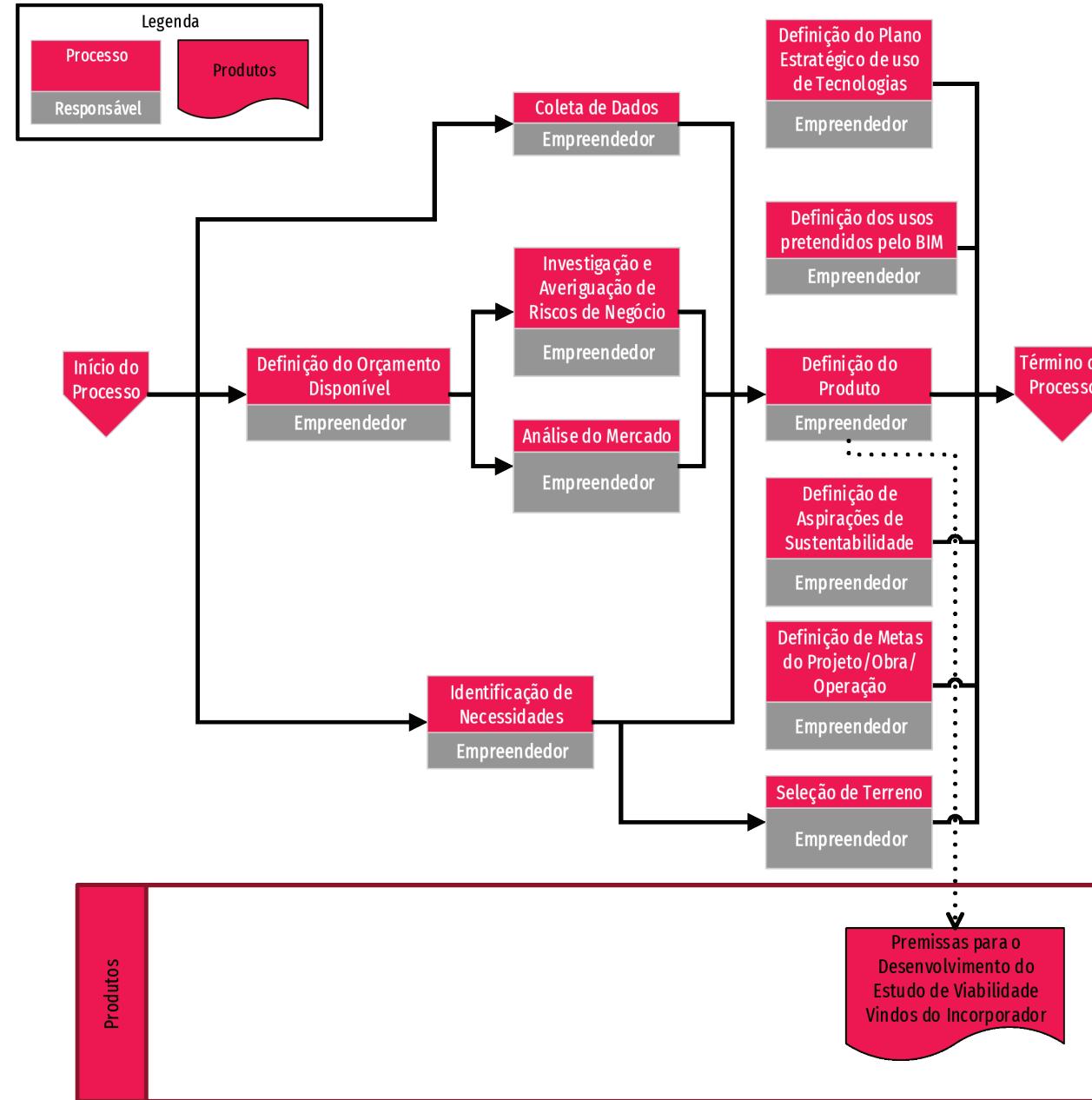


Figura 25: Subprocesso de Definição de premissas. Fonte: GDP

A lista de elementos também pode variar, sendo possível um nível de detalhamento maior ou menor que o apresentado na tabela 3E supracitada. Por exemplo, é prática corrente que o arquiteto especifique os pontos das instalações elétricas, de modo que cabe a ele definir o elemento “placa de acabamento”, mas é o projetista de elétrica que vai posicionar caixas e tubulações. A primeira, em uma etapa inicial do projeto, pode ser apenas um símbolo (ND 100) enquanto as últimas devem estar mais desenvolvidas (ND 200). Do mesmo modo, o arquiteto pode sugerir um posicionamento de unidades de ar-condicionado *split* apenas através de seu volume (ND 200) e de uma simbologia (ND 100), mas o projetista de ar-condicionado deverá utilizar ND 300 ou superior em seu projeto. É comum que o arquiteto apresente, em seu *layout*, o posicionamento e a definição geral de elementos que serão detalhados por outros profissionais envolvidos, já que a concepção do projeto como um todo parte inicialmente dele. Assim, elementos sugeridos de estrutura, iluminação, elétrica, peças hidráulicas e de gás podem estar em um modelo inicial como ND 100, apenas para mostrar sua posição e existência no projeto. Quando são desenvolvidos por seus responsáveis, o ND gradualmente cresce, de acordo com a etapa de projeto.

Além da definição das responsabilidades de desenvolvimento dos elementos também é necessário atribuir as definições dos espaços às disciplinas envolvidas. Estes componentes do modelo BIM podem fazer parte do projeto de ar condicionado e ventilação, como no caso das zonas térmicas, mas também estão inseridos na arquitetura, como nas definições das áreas privativas e das edificáveis, assim com podem constituir parte do modelo de construção BIM, quando definem setores de obra. Aos espaços também devem ser vinculados de equipamentos, mobiliários e requisitos de qualidade e de fluxos de pessoas.

A planilha de “Matriz de requisitos dos espaços” cumpre a função de estabelecer que participante do projeto e estabelecer estes requisitos, como mostra a figura 26

24 A matriz apresentada foi desenvolvida com base no RIBA *Plan Of Work*, disponível em <https://www.ribaplanofwork.com/>, com as devidas alterações para o contexto brasileiro e os propósitos desta coletânea.

Matriz de Responsabilidades no Desenvolvimento Projetal																
Os componentes de projeto devem ser nomeados e receber a codificação classificatória conforme a NBR 15965 e suas planilhas de: Materiais, Propriedades, Fases, Serviços, Disciplinas, Funções Organizacionais, Ferramentas equipamentos, Produtos, Elementos, Resultados do Trabalho, Entidades da Construção pela Forma, Entidades da Construção pela Função, Espaços pela Função, Espaços pela Forma, Informação.																
						3 - Estudo Preliminar		4 - Projeto Básico		5 - Projeto Executivo		7 - Execução				
Elemento do Projeto (NBR 15965:2015 - Tabela 3E - Elementos)																
Classificação			Título			Responsável	Nível de desenvolvimento (ND)	Responsável	Nível de desenvolvimento (ND)	Responsável	Nível de desenvolvimento (ND)	Construtora é Responsável por projetar este Elemento?	Nível de desenvolvimento (ND)			
3E	41	71	12	21		Portas Internas										
3E	41	71	12	81		Grades										
3E	41	71	15			Acabamentos Interiores										
3E	41	71	15	11		Acabamentos de Pisos										
3E	41	71	15	31		Acabamentos de Paredes										
3E	41	71	15	51		Acabamentos de Tetos										
3E	41	71	15	11		Acabamentos de Escadas										
3E	41	71	15	91		Revestimentos de Túneis e Subsolos										
3E	41	71	18			Mobiliário para Interiores										

Figura 26: Exemplo de Matriz de Responsabilidade. Fonte: GPD

Matriz de Responsabilidades no Desenvolvimento dos Elementos Projetais								
Os componentes de projeto devem ser nomeados e receber a codificação classificatória conforme a NBR 15965 e suas planilhas de: Materiais, Propriedades, Fases, Serviços, Disciplinas, Funções Organizacionais, Ferramentas equipamentos, Produtos, Elementos, Resultados do Trabalho, Entidades da Construção pela Forma, Entidades da Construção pela Função, Espaços pela Função, Espaços pela Forma, Informação.								
Elemento do Projeto (NBR 15965:2015 - Tabela 3E - Elementos)			3 - Estudo Preliminar		4 - Projeto Básico		5 - Projeto Executivo	
Classificação	Título		Responsável	Nível de desenvolvimento (ND)	Responsável	Nível de desenvolvimento (ND)	Responsável	Nível de desenvolvimento (ND)
3E 01 00 00 00	Subestrutura							
3E 02 00 00 00	Estrutura envoltória			<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content;"> [Não determinado] [Não requerido] 100 200 300 400 500 </div>				
3E 03 00 00 00	Interiores							
3E 04 00 00 00	Sistema de Serviços							
3E 05 00 00 00	Equipamento e Mobiliário							
3E 06 00 00 00	Construção Especial e Demolição							
3E 07 00 00 00	Canteiro de Obras							
Introdução		Descriutivo	Participantes	ORG	Funções	DIPC	MRDEP	MDRE
MRRE		1 - Incepção	2 - Viabilidade	3 - Estudo Preliminar	4 - Projeto Básico	5 - Projeto Executivo	6	

Figura 27: Planilha de Responsabilidades de requisitos dos espaços

Em complemento devem ser lançados na planilha “Matriz para definição de requisitos dos espaços” que requisitos são aplicáveis a cada espaço previsto, listados conforme a Tabela 4ª- Espaços por função, da ABNT NBR 15965

Após a definição das responsabilidades, é preciso consolidar as tarefas de cada participante em cada etapa, assim como o uso de BIM previsto, como mostra a Figura 28. Na planilha da etapa “Incepção”, a coluna USO BIM está sempre como N.A (não se

aplica), pois esta é uma das tarefas a serem desenvolvidas a partir desta etapa.

Este procedimento deve ser repetido para todas as demais etapas previstas no projeto, sempre com o cuidado de manter a coerência entre os processos indicados nos fluxogramas e as tarefas listadas nas planilhas de serviços, como podemos constatar na comparação da Figura 29.

PLANILHA MULTIDISCIPLINAR DE SERVIÇOS															
3 - Estudo Preliminar															
Responsável	Processos	Descrição do Processo	Produtos	USO BIM PREVISTO											
				Gerador de documentação	Extração de quantitativos	Especificações para compra	Orçamentação	Detectação de interferências	Visualização	Análise 4D (para planejamento)	Análise Energética	Projeto/Instal. Hidrosanit.	Proj./estrutura	As-built	Gerenciamento da instalação
Cliente Empreendedor	Definição do nível de Conformidade à Norma de Desempenho Acústico	Conforme a analise da norma de desempenho acústico deve ser definido o nível de conformidade à mesma de acordo com o porduto pretendido e o orçamento disponível	Relatorio de acústica	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
Cliente Empreendedor	Análise de Produto	Análise do produto desenvolvido aceitando ou não o resultado conceitual e o do desenvolvimento do estudo preliminar e relatório revisado de premissas e requisitos do empreendimento	Relatório - premissas e requisitos do empreendimento	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
Cliente Empreendedor	Aquisição de Propriedade	Compra da propriedade e tramites legais envolvidos	Terreno da Edificação	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
Arquiteto Principal	Desenvolvimento Conceitual Arquitetônico	Desenvolvimento conceitual, opcionalmente contendo cenários de diferentes soluções, para o atendimento do partido escolhido e que servirá de base para a continuidade do projeto conforme o atendimento às premissas definidas de produto	Documentação técnica em plantas, cortes, elevações, perspectivas 3D.	Sim	Não	Não	Não	Não	Sim	Não	Não	Não	Não	N.A.	N.A.
Arquiteto Principal	Desenvolvimento do Estudo Preliminar	Desenvolvimento da solução do projeto de arquitetura a partir dos requisitos do cliente e premissa gerais de projeto definidas no Estudo de viabilidade, respeitada a legislação e normatização vigente.	Essenciais; Modelo arquitetônico BIM; Desenhos técnicos - arquivos PDF de folhas de desenhos 2D de plantas, cortes e fachadas; Quadros de área ; Opcionais: Imagens renderizadas; Animações 3D; Outros itens específicos – análises de fluxos, energéticas, acústicas, inserção urbana etc.	Sim	Sim	Não	Não	Sim	Sim	Não	Sim	Sim	Sim	N.A.	N.A.
Arquiteto Principal	Definições de Procedimentos de	Ajustar template, definir worksets ou subdivisões de arquivos	Template e Relatório orientativo de worksets ou subdivisões de arquivos,	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	N.A.	N.A.

Figura 28: Definições de tarefas e usos por etapa. Fonte: GDP

PLANILHA MULTIDISCIPLINAR DE SERVIÇOS

2 - Viabilidade

Responsável	Processos	Descrição do Processo	Produtos	USO BIM PREVISTO											
				Geração de documentação	Extração de quantitativos	Especificações para compra	Orçamentação	Deteção de interferências	Visualização	Análise 4D (para planejamento)	Análise Energética	Projeto/Instal. Hidrossant.	Proj./estrutura	As-built	Gerenciamento da instalação
[Não requerido]				N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
Cliente Empreendedor	Análise Viabilidade	Estudo da rentabilidade do investimento considerando taxas de remuneração de capital a serem definidas em comum acordo, prazos de obra, valores máximos de exposição etc. No caso de terem sido criados diferentes cenários o estudo deve ser comparativo.	Planilhas e gráficos comparativos; Relatório - premissas e requisitos do empreendimento	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
Cliente Empreendedor	Estimativas de Custos	Elaboração de estimativas de custos e prazos das obras tomando por base indicadores gerais - por tipologia de pavimentos, fachadas, padrões de acabamento e equipamentos	Planilhas de custos estimados												
Consultoria de Selo Sustentável	Estudos Ambientais	Levantamento da legislação existente, premissas de sustentabilidade, restrições às metas de sustentabilidade pretendidas, potencial conformidade com os selos de sustentabilidade e definição das premissas a serem seguidas pelo empreendimento	Relatório - premissas e requisitos do empreendimento	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
Arquiteto Principal	Estudos Técnicos e Legais, Análise de Impactos Ambientais e Urbanos	Avaliação das condições locais, topográficas, urbanas, legais, climáticas e outras aplicáveis, assim como dos requisitos fornecidos pelo cliente (funcionais, financeiros etc.), de modo a estabelecer as premissas para o desenvolvimento do estudo de viabilidade	Relatório - premissas e requisitos do empreendimento	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
Arquiteto Principal	Análise Solar e de Eficiência Energética	Análise de eficiência luminica, térmica e energética de acordo com o modelo de massa concebido e se possível análise de cenários se houver mais de uma proposta de massa disponível.	Relatório - premissas e requisitos do empreendimento	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	Sim	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
Arquiteto Principal	Desenvolvimento Estudo de Massa	Conceituar a implantação geral em termos de massas edificadas do produto pretendido, de forma a verificar sua viabilidade física e legal. Conceituação do posicionamento das edificações em função dos dados analisados e dos parâmetros legais (recuos, taxas de ocupação, etc.) e conceituação a volumetria das edificações	Modelos arquitetônicos 3D de massa em formato IFC; Desenhos técnicos - arquivos PDF de folhas de desenhos 2D de plantas de situação e implantação; Quantitativos e quadros de área - planilhas de áreas estimadas; Fluxogramas	Sim	Sim	Não	Sim	Não	Sim	Não	Sim	Não	Não	N.A.	N.A.
Topógrafo	Levantamento Topográfico	Coleta das informações de referência que representam as condições preexistentes, de interesse para instruir a elaboração do projeto.	Levantamento Topográfico em arquivo CAD ou Nuvem de Pontos.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
Consultor Geotécnica	Investigação Geotécnica	Coleta das informações de referência que representam as condições preexistentes, de interesse para instruir a elaboração do projeto.	Relatório de sondagem	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.

Figura 29: Fluxograma exemplo de Estudo de viabilidade e respectiva planilha correlacionada. Fonte: GDP

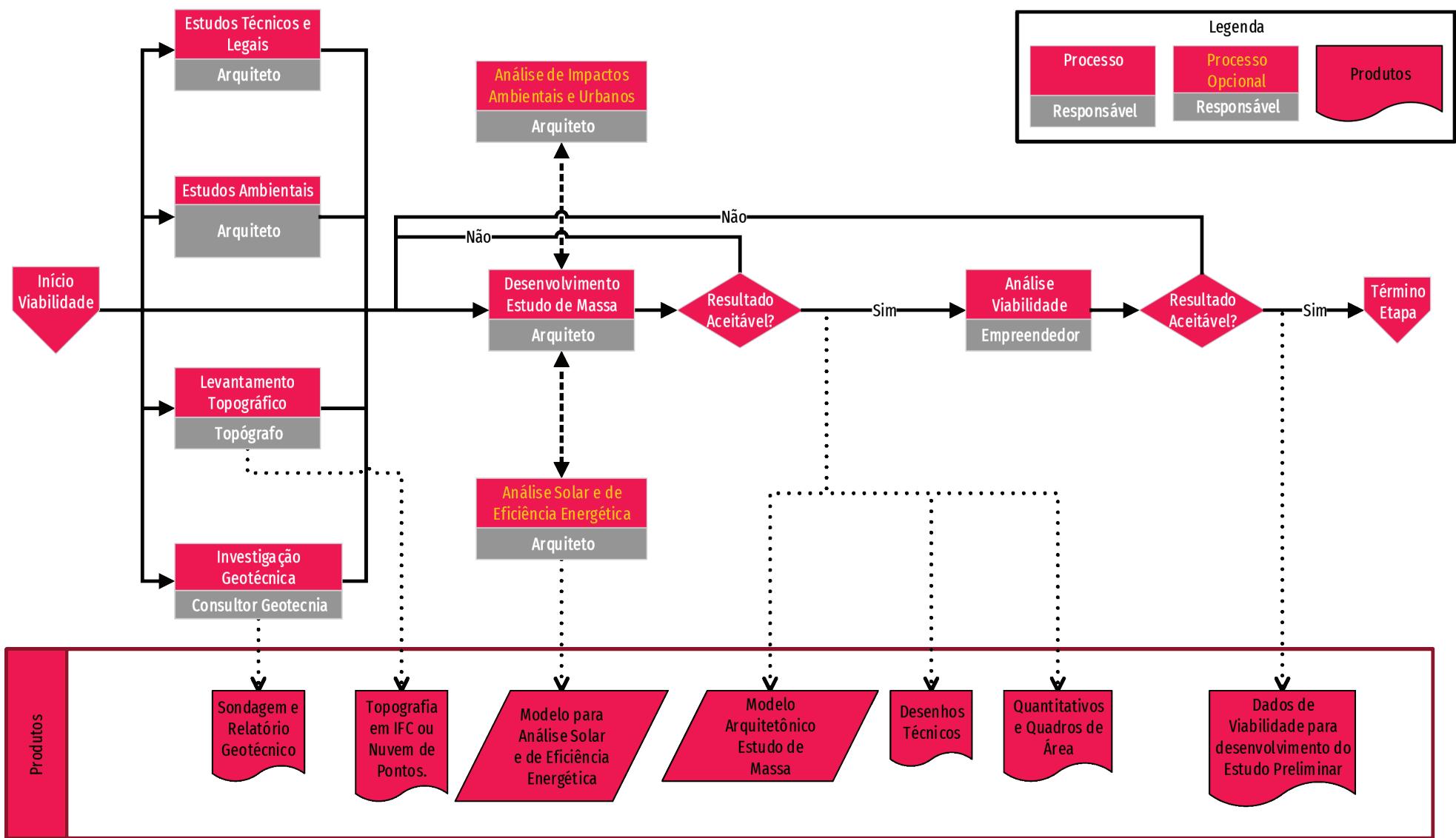


Figura 29: Fluxograma exemplo de Estudo de viabilidade e respectiva planilha correlacionada. Fonte: GDP

4.7 PLANEJAMENTO DA COMUNICAÇÃO, DA COLABORAÇÃO E DA INFRAESTRUTURA

Por ser um processo baseado na colaboração, o BIM pressupõe uma intensa troca de informações entre os diversos participantes do projeto. Ainda que as regras derivadas do IFC e BCF garantam uma correta interoperabilidade, é necessário um conjunto de definições complementares, bem como uma cuidadosa verificação das necessidades de infraestrutura tecnológica e das responsabilidades de sua operação.

O manuseio de arquivos quase sempre de grande volume de dados exige redes confiáveis e seguras, capazes de sustentar o tráfego de dados entre os computadores dos projetistas e os servidores. Isso varia muito conforme os aplicativos (pois alguns exigem configurações mais poderosas que outras) e as soluções de distribuição de dados utilizados. Por exemplo, pode ser usado um servidor em nuvem ou um servidor centralizado em uma só organização ou servidores em vários escritórios com mecanismos de sincronização de arquivos. Todas essas soluções são tecnicamente viáveis e a opção por uma ou outra depende de avaliações da demanda, da disponibilidade de redes públicas, capacitação da equipe e questões financeiras.

O importante é que tudo isso seja definido para todos os diferentes projetistas, tanto nos aspectos técnicos como econômicos, pois os custos de armazenagem em nuvem ou operação e segurança dos servidores podem ser elevados. A definição das responsabilidades nesses casos evita problemas futuros e deve constar nas cláusulas contratuais. **Um procedimento de colaboração BIM** é parte indispensável da organização do processo de projeto. Ele visa a definir as condições de acesso aos arquivos, direitos e deveres dos usuários e, se for o caso, as regras para sincronização de arquivos. Deve incluir também as definições específicas do projeto, tais como coordenadas, ponto de origem dos arquivos, *worksets* e/ou eventual subdivisão do projeto em diversos arquivos para facilitar o manuseio e processo de trabalho.

“*Worksets*” ou “*Teamwork*”²⁵ é um recurso para compartilhamento de trabalho, que permite a diversos usuários trabalharem em um modelo sem conflitos de um sobre o outro. Não encontramos uma tradução conveniente para o conceito, que corresponde à definição de um conjunto de elementos do modelo com mesmas características funcionais e que serão “atribuídos” temporariamente a um responsável. Caso um projetista pretenda fazer uma alteração em algum deles, pode solicitar um “empréstimo” ou a alteração ao “proprietário”, mas não consegue efetuar a mudança

sem permissão. Em geral, os *worksets/teamwork* seguem critérios funcionais na arquitetura, tais como “envelope externo” ou de localização, como um pavimento ou determinada área do projeto, mas podem ser apenas por disciplinas ou outros critérios definidos pela equipe no decorrer do projeto.

Outro aspecto importante é a definição das responsabilidades pelos diferentes elementos nas diversas fases do desenvolvimento do projeto, conforme a Matriz de Responsabilidade. No caso da utilização de aplicativos com sistemas proprietários ao longo de todo o processo de projeto, é indispensável que a definição de “*worksets*” seja seguida às recomendações da Matriz.

Cabe também definir qual sistema de colaboração será utilizado. O padrão BCF²⁶ – BIM Collaboration Format permite que diversos programas compartilhem comentários sobre o modelo, sendo que a maior parte tem *plugins* para serem instalados nos aplicativos de projeto, facilitando ainda mais a integração e a comunicação. Porém, para que a comunicação ocorra em tempo real, esses sistemas, os quais serão acessados por toda a equipe, devem operar “na nuvem”. Isso implica na padronização de todos os projetistas e traz a questão dos custos operacionais, pois mesmo que mensalmente possam não ser elevados, são valores que se estendem por prazos longos.

Resumindo, existem duas opções principais: o uso do padrão BCF com envio ou distribuição de arquivos contendo os comentários de modo sequencial ou assíncrono, ou a opção de um programa em servidor na nuvem, com acesso em tempo real, síncrono. O modo sequencial pode atender satisfatoriamente a projetos de menor porte, com equipes pouco numerosas ou então a projetos que têm um cronograma mais folgado. O modo síncrono, em nuvem, é o recomendado a projetos de maior porte, com várias equipes trabalhando de modo simultâneo. Em ambos os casos, é imprescindível a sua definição no **procedimento de colaboração BIM**, que deve ser abordado nos contratos entre as partes.

Finalmente, o recebimento de arquivos por parte da coordenação deve ser realizado conforme procedimentos preestabelecidos. É indispensável que a coordenação do projeto verifique se eles atendem aos requisitos definidos para os elementos e para a solução do projeto.

Para isso podem ser usados programas de verificação do modelo (*Model Checker*), que podem ser mais simples, verificando apenas a geometria dos elementos e seu

²⁵ Estes termos variam conforme o fornecedor, mas cumprem função equivalente.

²⁶ Desenvolvido pela BuildingSMART, ver <http://www.buildingsmart-tech.org/specifications/bcf-releases>

posicionamento relativo, ou mais sofisticados, que verificam o atendimento a regras de projeto, tais como coeficiente de iluminação e cimentos. A opção por um ou outro dependerá do porte da organização, do volume e complexidade dos projetos e da disponibilidade financeira.

A Figura 30 ilustra de modo resumido o fluxograma para a verificação de arquivos no recebimento, destacando-se que cada um destes processos é composto por diversas atividades.

Um ponto altamente recomendável é que conste nas regras internas que todas as equipes das diferentes disciplinas efetuem suas próprias verificações da qualidade de seus modelos, analisando a consistência das conexões entre elementos e a ausência de conflitos antes de seu envio para o servidor central ou para o sistema de distribuição de arquivos da coordenação.

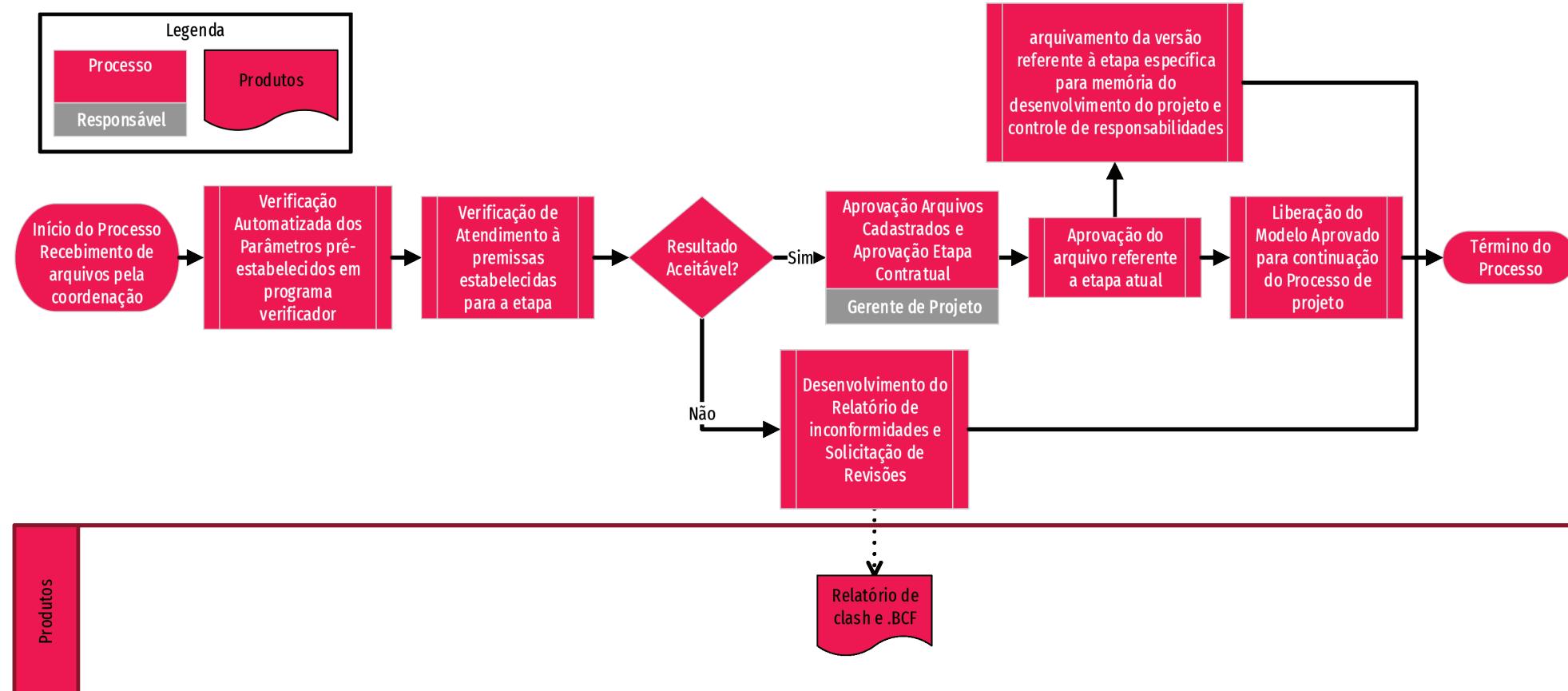


Figura 30: Fluxograma típico do Recebimento e verificação de arquivos. Fonte: GDF

5 DOCUMENTAÇÃO EM PROJETOS BIM

5.1 NOVOS RECURSOS, NOVOS DOCUMENTOS E AUTOMAÇÃO DA DOCUMENTAÇÃO

Ao trazer uma ampla gama de novos recursos, tais como extração automática de quantitativo, novas formas de visualização e simulações de desempenho, o BIM também significa novos documentos de projeto, sejam gráficos ou digitais.

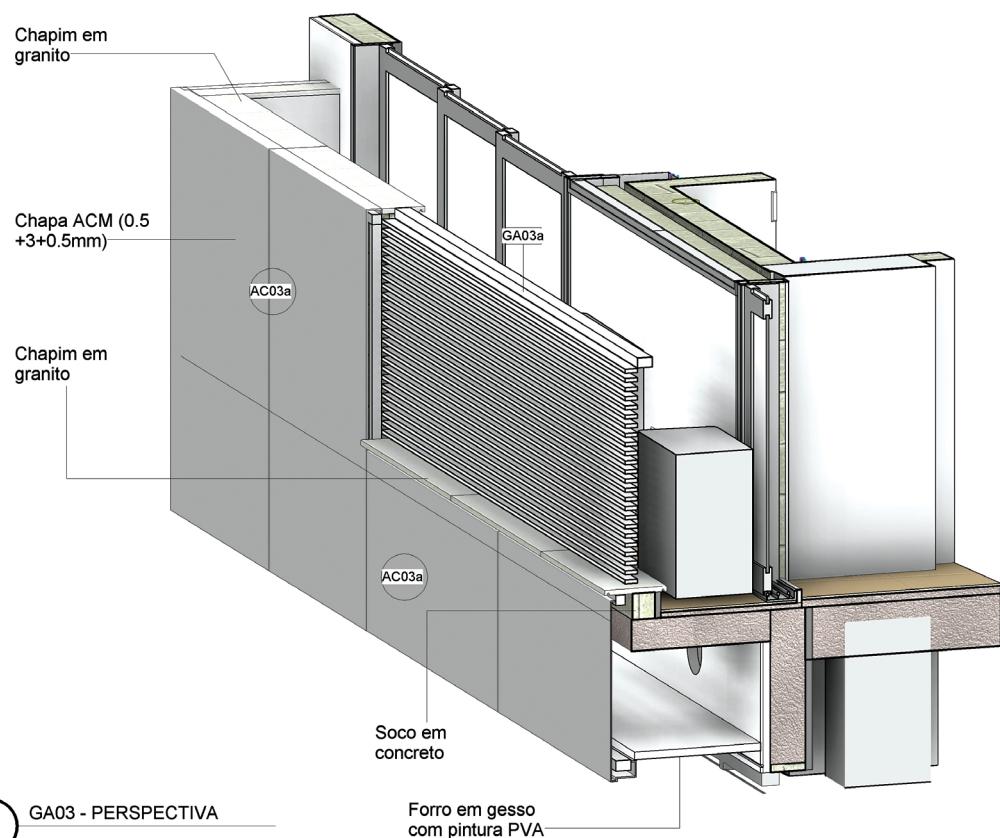


Figura 31: Exemplo de detalhe 3D inserido em folha de desenho. Fonte: GDP

No modelo de Plano de Execução BIM disponibilizado no Anexo I já estão listados alguns destes novos documentos, como produtos associados a novos subprocessos e vídeos 4D para verificar o andamento da obra conforme o planejamento.

O impacto do BIM também se faz sentir nos documentos “tradicionais”, as folhas de desenho. É possível incorporar detalhes 3D de modo extremamente simples e muito eficaz para a compreensão de pontos mais complexos, como mostra a Figura 31.

Nesta fase de transição tecnológica que vivenciamos no momento, em que o BIM ainda não é predominante no mercado, é importante considerar como as informações BIM chegarão ao canteiro de obras e aos fornecedores de componentes, em especial pré-fabricados ou feitos sob encomenda.

Durante alguns anos, provavelmente o formato impresso ainda será o mais comum, mas deve ser de imediato complementado pelos modelos BIM, seja em meio digital, seja por meio impresso, seja pela combinação de ambos.

Quando há poucos recursos de visualização no canteiro é possível produzir diversas perspectivas em pranchas de desenho para compensar, mesmo parcialmente, a falta de acesso ao modelo, como mostra a Figura 32.

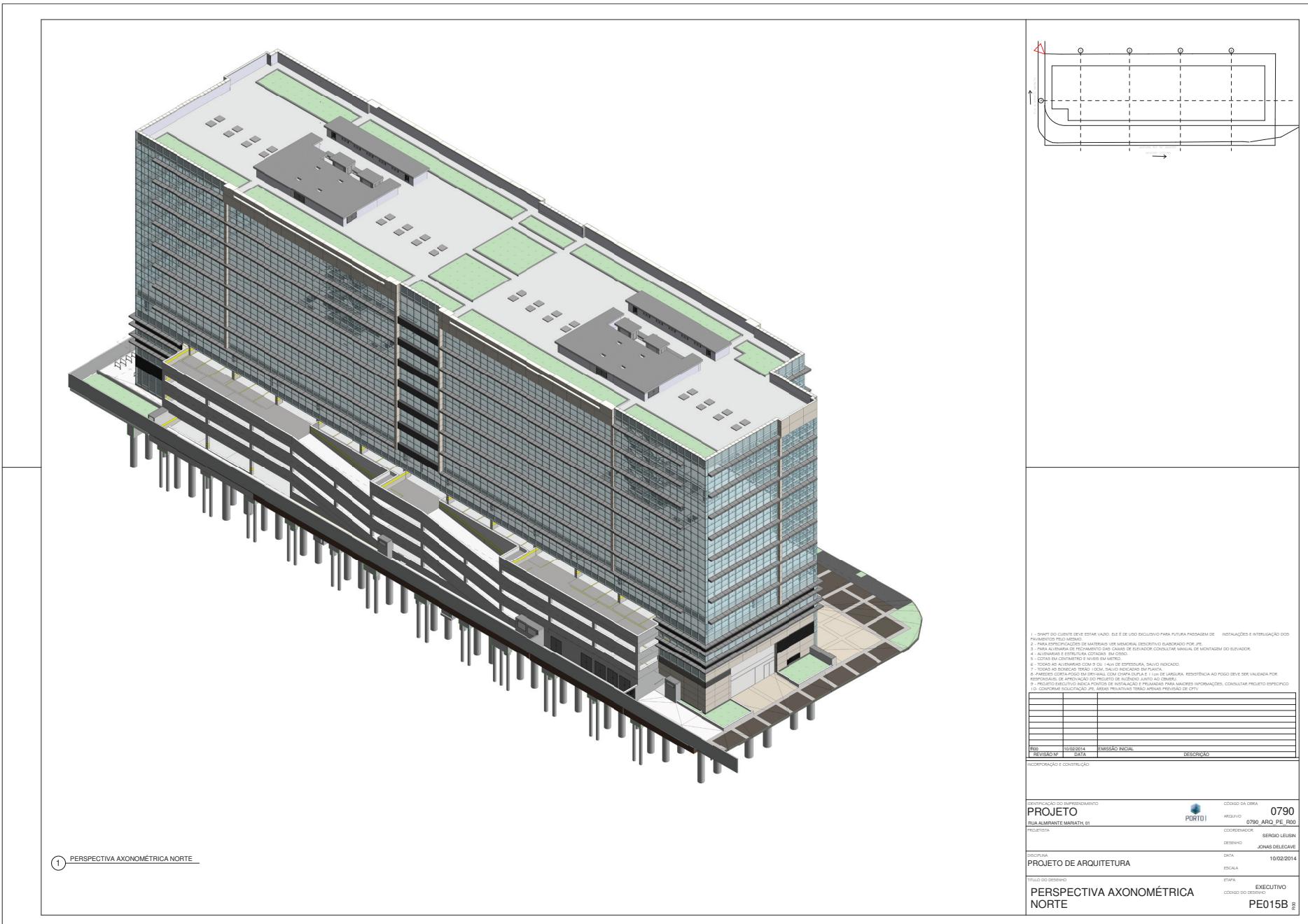


Figura 32: Exemplo de prancha com axonométrica do projeto. Fonte: GDP

Os desenhos dos projetos de instalações também podem fazer uso do recurso de inserção de detalhes que pode colaborar muito para o esclarecimento da montagem, como na Figura 33.

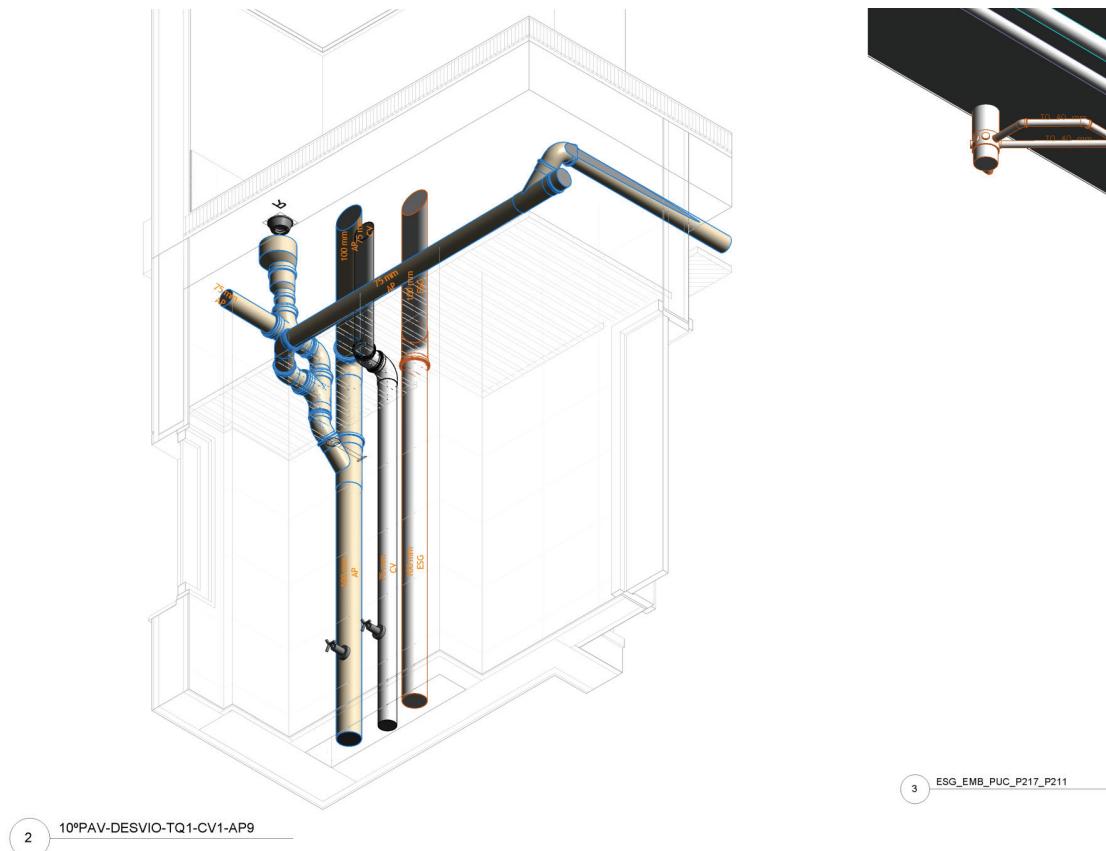
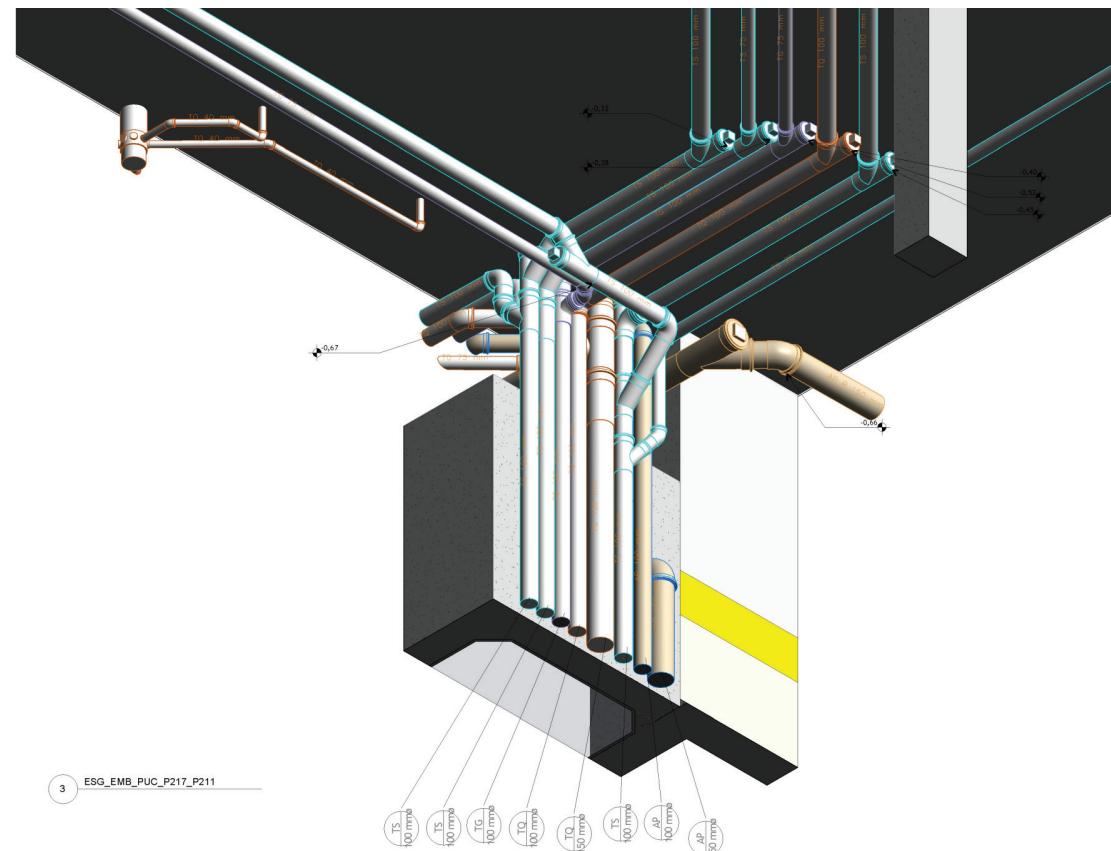


Figura 33: Exemplo de desenho de instalações com detalhes 3D (cortesia de A&T Arquitetura Ltda).

É possível ainda desenvolver desenhos que integram diversas disciplinas, mostrando trechos críticos, como a planta de entreforro da Figura 34, extremamente útil para a montagem dos vários sistemas na área.



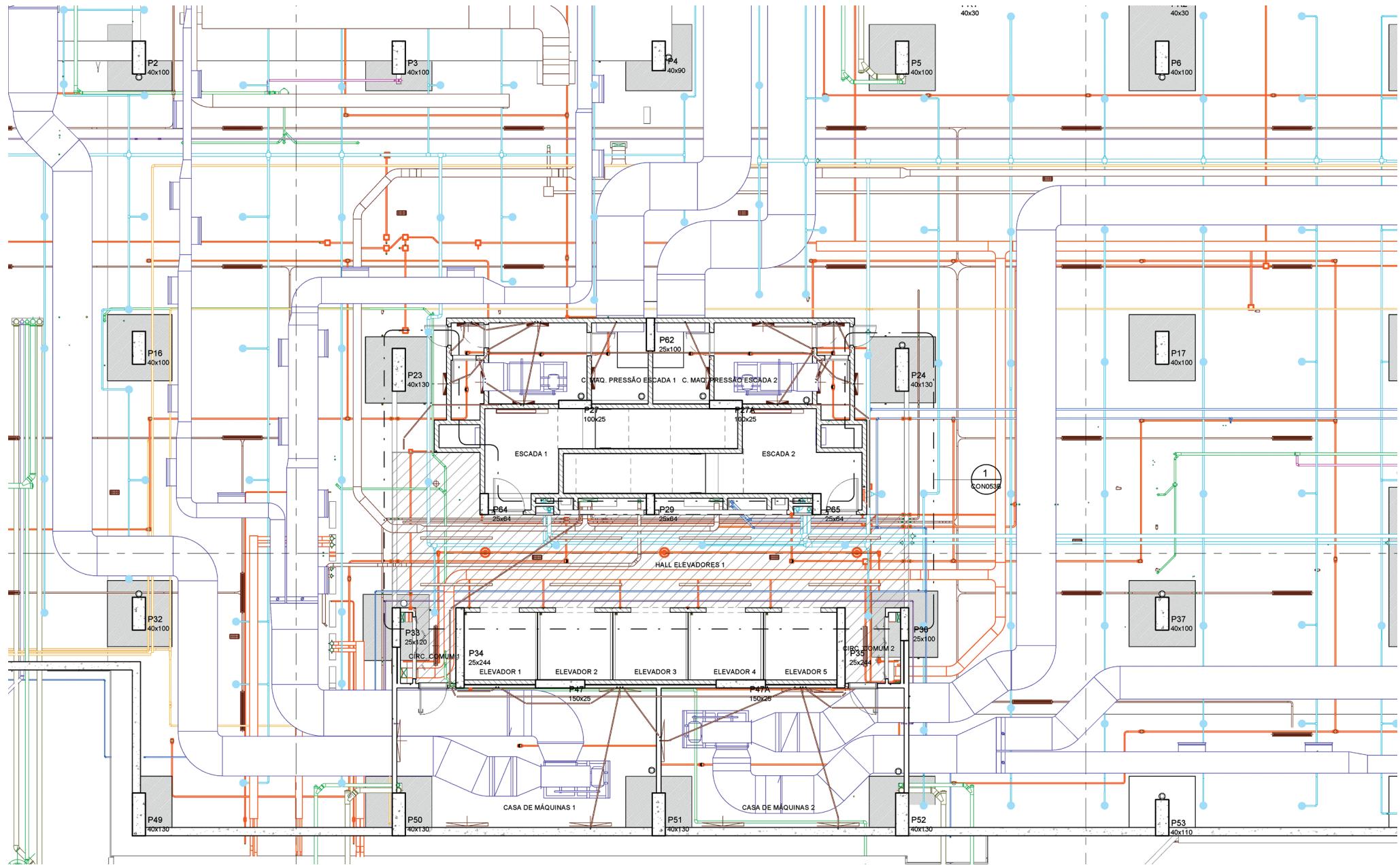


Figura 34: Exemplo de desenho integrando diversas disciplinas, entreforro. Fonte: GPD

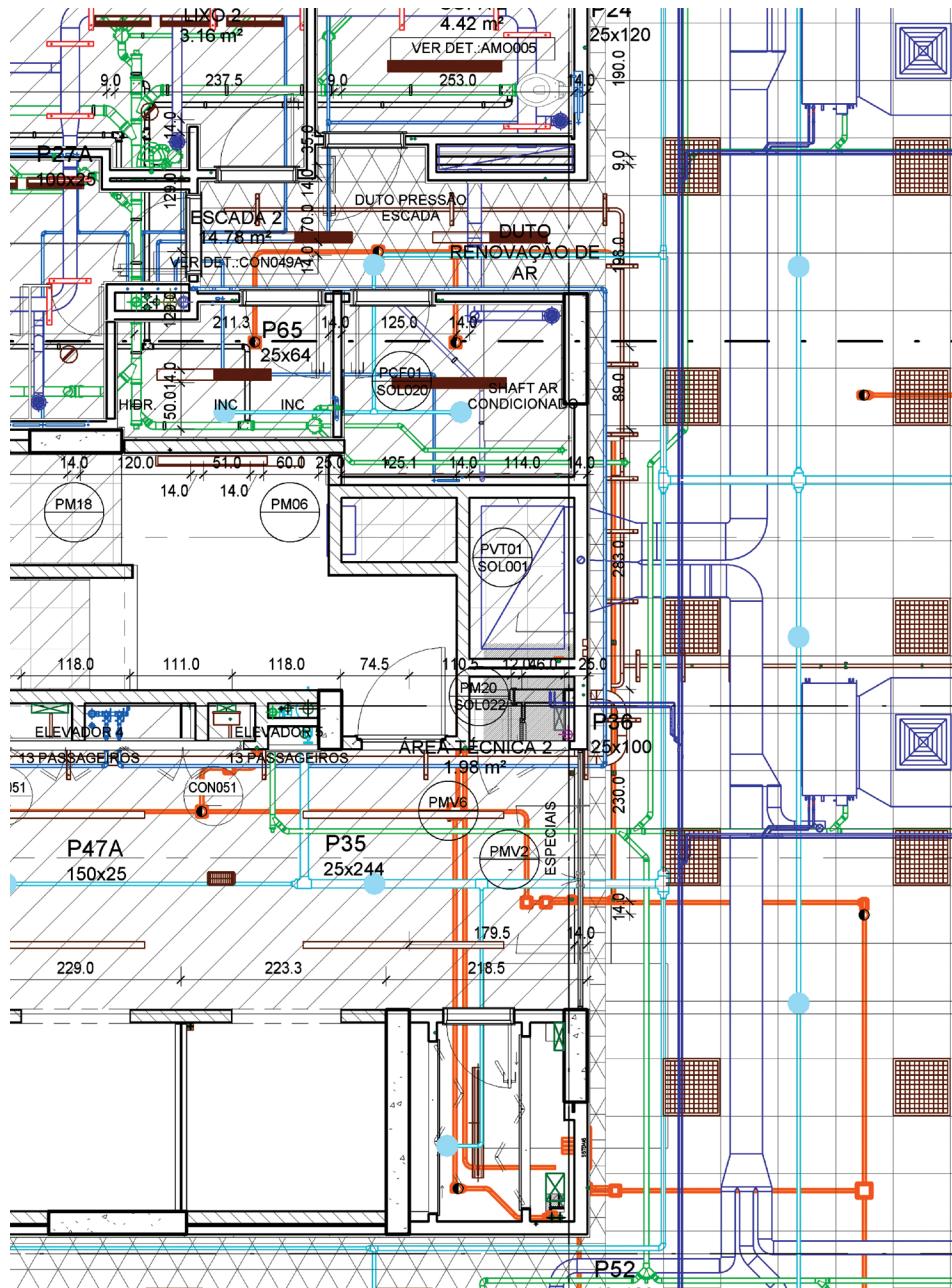


Figura 35: Trecho de planta de executivo de arquitetura, com dados da estrutura destacados.
Fonte: GDP

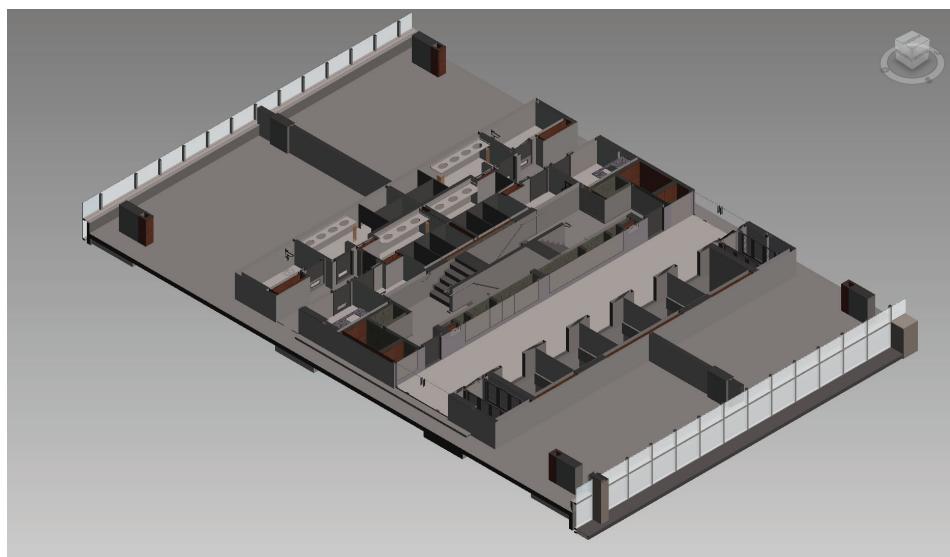


Figura 36: Exemplo de modelo 3D em formato leve, no caso, DWF. Fonte: GDP

O volume de informações nos diversos desenhos, em especial nos de arquitetura, pode ser substancialmente maior, incorporando dados de outras disciplinas, mas que devem ser considerados, como mostra a Figura 35.

Em complementação a estes desenhos pode ser utilizado outro recurso de fácil realização: a exportação de pequenos modelos para trechos críticos do projeto, em formatos mais leves, como o IFC, PDF 3D ou DWF, como mostra a Figura 36. Esses modelos podem ser abertos em tablets ou computadores mais simples e podem ser distribuídos pela internet. Desse modo, podem ser facilmente acessados pelo pessoal do canteiro. Caso o canteiro não tenha acesso a internet, estes arquivos podem ser distribuídos em mídias físicas ou, ainda, o usuário pode acessar a rede em um ponto adequado e levar o equipamento para o canteiro. Esta segunda opção garante que ele obtenha sempre os arquivos mais atuais.

Outro aspecto a destacar são os procedimentos de automação da documentação, com diversos recursos que aumentam substancialmente a produtividade dos projetistas, como foi afirmado anteriormente.

Um passo importante para que estes procedimentos sejam internamente normalizados nas organizações de projeto é a produção de gabaritos de projeto, também denominados de *templates* (caso do REVIT e do Vectorworks Architect) ou simplesmente de *favoritos* (no caso do ARCHICAD). Gabaritos são um conjunto predefinido de materiais e componentes BIM que provavelmente serão utilizados em todos os tipos de folhas

e planilhas previstas para um projeto típico da organização. São um arquivo que pode ser distribuído aos projetistas, preferencialmente já com as definições de ponto de origem, as coordenadas e outras informações do local do projeto, para que todos usem as mesmas referências. Podem ser desenvolvidos *templates* ou *favoritos* para as diferentes disciplinas ou restritos à Arquitetura, que vai fornecer o modelo-base para

as demais. Caso o projetista deseje acrescentar algum componente, ele deve seguir as regras da organização, definir qual sistema de classificação e indexação de custos será utilizado e aplicar outras regras gráficas. A Figura 37 mostra a tela de abertura de um gabarito, com os elementos previstos para utilização, a lista de planilhas predefinidas, usualmente relativas aos quantitativos pretendidos, e quadros de áreas.

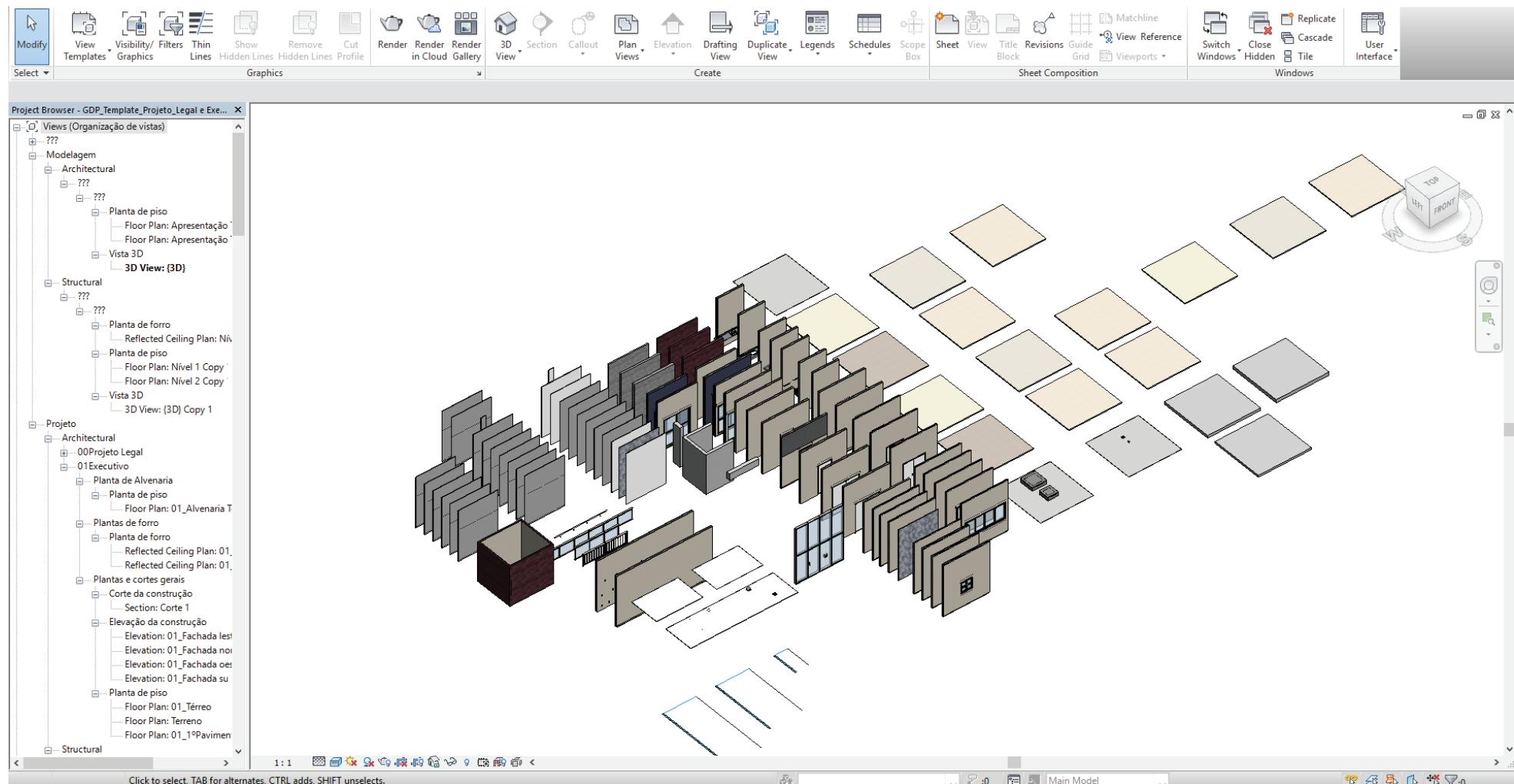
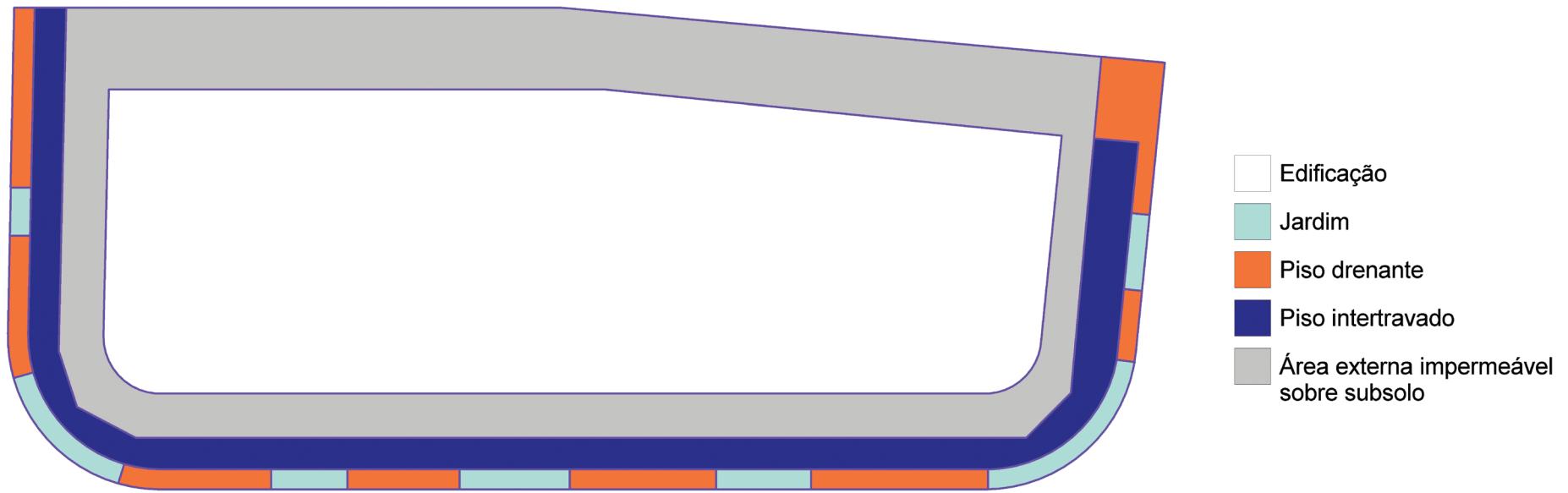


Figura 37: Exemplo de Gabarito de projeto (template). Fonte: GPD



2
ÁREA PERMEÁVEL
1 : 200

NOME	ÁREA	PERMEABILIDADE (%)	ÁREA PERMEÁVEL	% DE ÁREA PERMEÁVEL
Jardim	40,685 m ²	100,00%	40,68 m ²	15,15%
Piso drenante	72,033 m ²	90,00%	64,83 m ²	24,13%
Piso intertravado	155,905 m ²	25,00%	38,98 m ²	14,51%
	268,623 m ²		144,49 m ²	53,79%

DADOS DO TERRENO			
TERRENO	ÁREA (m ²)	IAT	ATE MÁXIMO PERMITIDO(m ²)
TERRENO	1449,42 m ²	3,5	5072,96 m ²

QUADRO DE ÁREAS - OCUPAÇÃO		
NOME DA ÁREA	ÁREA (m ²)	TAXA DE OCUPAÇÃO
Área não ocupada	582,96 m ²	40%
Área ocupada	866,21 m ²	60%

CÁLCULO DE VOLUME DE ÁGUA EXIGIDO

CONSUMO + R.T.I.

VOLUME DE ÁGUA EXIGIDO PARA CONSUMO: 61 X A.U.

ÁREA ÚTIL	4172,34m ²
VOLUME EXIGIDO PARA CONSUMO	25 034,04l

VOLUME DE ÁGUA PARA R.T.I.

QUANTIDADE DE HIDRANTES	9
RESERVA TÉCNICA PARA INCÊNDIO	8 500,00l
VOLUME TOTAL EXIGIDO	33 534,04l

Cálculo de reserva técnica para incêndio:

Para até 4 Hidrantes : 6000l

Para mais de 4 Hidrantes : 6000l + [(quantidade de hidrantes - 4) x 500l]

CÁLCULO DE VOLUME EXIGIDO PARA RETARDO

$$V = k \times A_i \times h$$

$$V = 0,15 \times 1171,07 \times 0,06$$

$$V = 10,54 \text{ m}^3 = 10\ 539,61\text{l}$$

Volume projetado: Reservatório com volume de: Caixa de retardo (Enterrado) - 13.476,00l (no 1º Sub.)

A automação dos processos de documentação pode estender-se à produção de esquemas, vinculados às planilhas, para demonstrativos de áreas, tais como área total edificada (ATE), área total construída (ATC), quadros de áreas privativas, área de permeabilidade (como mostra a Figura 38), e cálculo e contagem de vagas, ou seja, todos os tipos de áreas derivadas de regras de cálculos que necessitam de verificação nos processos de licenciamento.

Figura 38: Trecho de Planta com planilhas e esquemas automatizados. Fonte: GDP

Além disso, é possível enriquecer a informação nos desenhos, como o isométrico da Figura 39. Este traz mais informação do que um isométrico tradicional, que só mostraria a tubulação. Neste, temos toda a instalação inserida na arquitetura, facilitando o entendimento e a visualização do contexto.

Outros documentos importantes passíveis de automação são os Cadernos de Encargos e os Memoriais de Especificações. No primeiro caso, são textos em

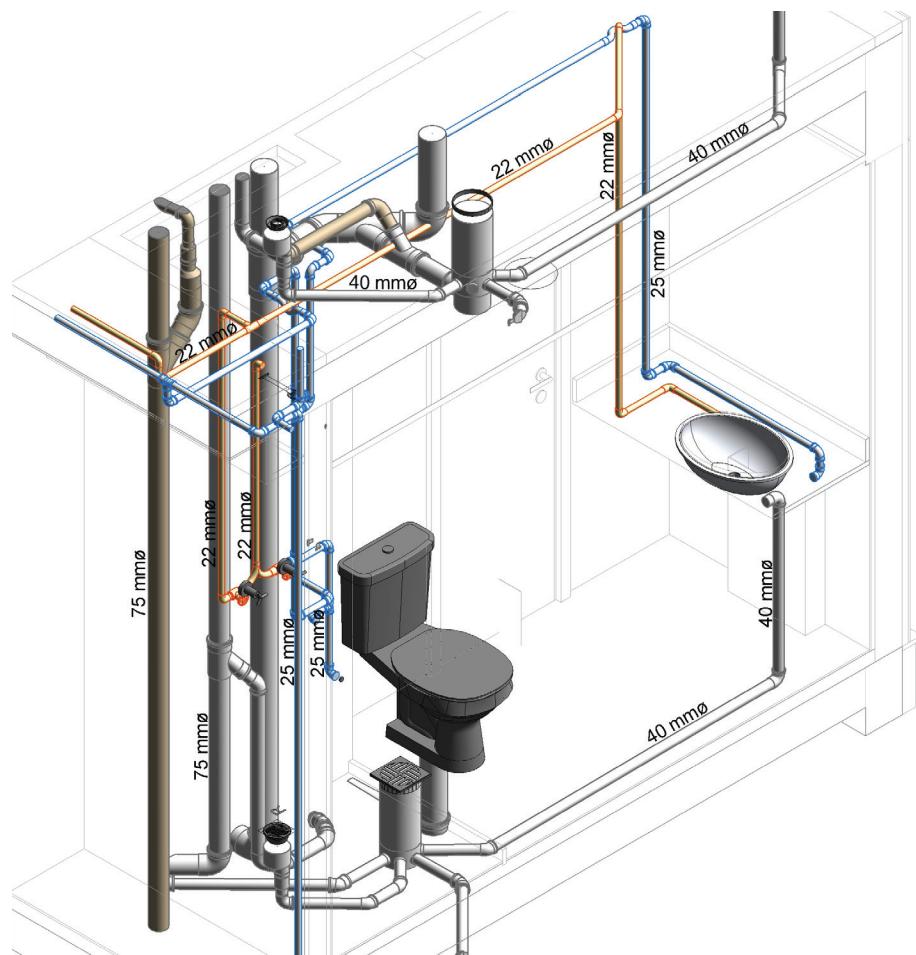


Figura 39: Isométricas enriquecidas e realísticas. Fonte: A&T Arquitetura Ltda.

bancos de dados externos, que devem ser vinculados aos elementos. Por exemplo, os elementos de concreto podem ser vinculados aos textos de execução de concreto, por meio de *hiperlinks* inseridos nos componentes. Assim, todos os “elementos de concreto” apontariam para o mesmo texto. A soma dos textos de todos os elementos comporá o Caderno de Encargos, como mostra a Figura 40.

PRÁTICAS DE CONSTRUÇÃO

FUNDAÇÕES E ESTRUTURAS

ESTRUTURAS DE CONCRETO

SUMÁRIO

1. Objetivo
2. Execução dos Serviços
3. Normas e Práticas Complementares

Anexos

Anexo 1 - Fiscalização

1. OBJETIVO

Estabelecer as diretrizes básicas para a execução de serviços de Estruturas de Concreto.

2. EXECUÇÃO DOS SERVIÇOS

Os serviços em concreto armado ou protendido serão executados em estrita observância às disposições do projeto estrutural. Para cada caso, deverão ser seguidas as Normas Brasileiras específicas, em sua edição mais recente.

Nenhum conjunto de elementos estruturais poderá ser concretado sem a prévia e minuciosa verificação, por parte da Contratada e da Fiscalização, das fórmulas e armaduras, bem como do exame da correta colocação de tubulações elétricas, hidráulicas e outras que, eventualmente, sejam embutidas na massa de concreto. As passagens das tubulações através de vigas e outros elementos estruturais deverão obedecer ao projeto, não sendo permitidas mudanças em suas posições, a não ser com autorização do autor do projeto. Deverá ser verificada a calafetação nas juntas dos elementos embutidos.

Sempre que a Fiscalização tiver dúvida a respeito da estabilidade dos elementos da estrutura, poderá solicitar provas de carga para avaliar a qualidade da resistência das peças. O concreto a ser utilizado nas peças terá resistência (f_{ck}) indicada no projeto.

2.1 Armaduras e Acessórios

2.1.1 Materiais

2.1.1.1 Concreto Armado

As barras de aço utilizadas para as armaduras das

tração, através de laboratório idôneo e aceito pela Fiscalização, de conformidade com as Normas NBR 6152 e NBR 6153. Os lotes serão aceitos ou rejeitados em função dos resultados dos ensaios comparados às exigências da Norma NBR 7480.

As barras de aço deverão ser depositadas em áreas adequadas, sobre travessas de madeira, de modo a evitar contato com o solo, óleos ou graxas. Deverão ser agrupados por categorias, por tipo e por lote. O critério de estoqueamento deverá permitir a utilização em função da ordem cronológica de entrada.

2.1.1.2 Concreto Protendido

As armaduras serão preparadas e colocadas de acordo com os detalhes do projeto, com o tipo de aço especificação respeitando as prescrições das Normas NBR 6118, NBR 7187, NBR 7197 e NBR 7483.

O aço para execução das peças protendidas deverá atender às especificações quanto aos limites de escamamento, ruptura e alongamento previstos no projeto estrutural. Deverão ser obedecidas as prescrições da Norma NBR 7482 para o recebimento de fios e cordões destinados à armadura de protensão e da Norma NBR 7483 para as cordoalhas de aço de alta resistência.

Os cabos de protensão deverão ser confeccionados no comprimento e tipo especificados nos desenhos do projeto executivo. Não poderão ser usados fios dobrados, evitando, durante a colocação e protensão da armadura, o seu dobramento. Na estoquegem do aço deverão ser obedecidos os seguintes cuidados:

- guardar em lugar seco, não sendo admitido o contato com o solo;
- separação das bobinas de diferentes partidas de fornecedor, pois não serão admitidos cabos formados com fios de partidas diferentes, ainda que do mesmo fornecedor.

O corte dos fios protendidos deverá ser feito por tesouras, tolerando-se somente corte a fogo, por maçarico, além das placas de ancoragem, em pontos suficientemente afastados (50cm) e com cuidados especiais, após consulta a Fiscalização. Recomenda-se o uso de esmeril rotativo.

Figura 40: Vínculo entre elementos de estrutura de concreto e texto sobre o elemento para Caderno de Encargos. Fonte: GDP

As especificações podem ser automatizadas na montagem das planilhas de quantitativos. Desse modo, o aplicativo de projeto pode identificar o nome do elemento e complementá-lo com dimensões, material e outros dados extraídos do componente, trazendo uma especificação completa, como mostra a Figura 41. Este procedimento será detalhado no Guia 3.

Vale lembrar que o processo de especificações nos Estados Unidos e no Reino Unido deve seguir o padrão *Construction Operations Building information exchange (COBie)*²⁷, uma especificação para a captura, troca de informações de todo o ciclo de vida e entrega para os gerentes destas instalações. Trata-se basicamente de uma planilha que deve ser preenchida pelos participantes do projeto condensando todas as informações

sobre materiais e equipamentos, desde sua especificação inicial até as instruções de operação e manutenção, como mostra a Figura 42.

Finalmente, destacamos que diversos aplicativos de projeto têm recursos para automação de nomenclatura, através de regras de construção de nomes de arquivos e controle de emissão de arquivos, com controle automático das revisões e emissões de listas de arquivos emitidos, facilitando sobremaneira a gestão e coordenação do projeto. Como parte do sistema de comunicação do projeto, estas listagens podem ser publicadas diretamente na internet, de modo que todos os participantes do projeto tenham acesso.

CÓDIGO	DESCRÍÇÃO	PAVIMENTO	COLUNA	AMBIENTE	UNIDADE	QTDE	SUBTOTAL PAV.	TOTAL
2C.03.03.02.17.03	Cerâmica "ELIANE" "DIAMANTE BRANCO AC" 33,5x60 - Rejunte "BRANCO"	1º PAVIMENTO BL01	COLUNA 01	BANHO	m ²	14,98		
2C.03.03.02.17.03	Cerâmica "ELIANE" "DIAMANTE BRANCO AC" 33,5x60 - Rejunte "BRANCO"	1º PAVIMENTO BL01	COLUNA 01	BANHO SUÍTE	m ²	17,8		
2C.03.03.02.17.03	Cerâmica "ELIANE" "DIAMANTE BRANCO AC" 33,5x60 - Rejunte "BRANCO"	1º PAVIMENTO BL01	COLUNA 02	BANHO	m ²	16,11		
2C.03.03.02.17.03	Cerâmica "ELIANE" "DIAMANTE BRANCO AC" 33,5x60 - Rejunte "BRANCO"	1º PAVIMENTO BL01	COLUNA 02	BANHO SUÍTE	m ²	15,59		
2C.03.03.02.17.03	Cerâmica "ELIANE" "DIAMANTE BRANCO AC" 33,5x60 - Rejunte "BRANCO"	1º PAVIMENTO BL01	COLUNA 03	BANHO	m ²	16,11		
2C.03.03.02.17.03	Cerâmica "ELIANE" "DIAMANTE BRANCO AC" 33,5x60 - Rejunte "BRANCO"	1º PAVIMENTO BL01	COLUNA 03	BANHO SUÍTE	m ²	15,59		
2C.03.03.02.17.03	Cerâmica "ELIANE" "DIAMANTE BRANCO AC" 33,5x60 - Rejunte "BRANCO"	1º PAVIMENTO BL01	COLUNA 04	BANHO	m ²	14,98		

Figura 41: Exemplo de planilha de quantitativo com especificação automatizada. Fonte: GDP

27 Ver https://www.nibs.org/?page=bsa_cobietemplate

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y
1	Product	Product Type	Room Number	Manufacturer	Supplier	Critical	Installed Model Number	Installed Serial Number	Installed On	Started On	Capacity (MBH)	Capacity (TONS)	Chemical Treatment	Condenser Type	Condenser Media	Refrigerant Type	Refrigerant Charge (LBS)	SEER (KBTU)	Distribution Panel Name	Electrical Circuit Number	Current (Volt)	Power (Amps)	Phase	Frequency (Hz)	Tag Number
2	ACC-1	AirCooled	Site	sales@man	Email	High	M0002	JSD8JDNSJ8	17-Apr-2012	17-Apr-2012															
3																									
4																									
5																									
6																									
7																									
8																									
9																									
10																									
11																									
12																									
13																									
14																									
15																									
16																									
17																									
18																									
19																									
20																									

Figura 42: Exemplo de planilha COBie de unidade condensadora. Fonte: https://www.nibs.org/?page=bsa_cobietemplate, acesso 27/04/2017

5.2 NOVAS FORMAS DE DISTRIBUIÇÃO E CONTROLE DE DOCUMENTOS

O BIM permite novas formas de distribuição dos arquivos: através dos sistemas de coordenação, referidos no item “4.2 Coordenação e comunicação no processo BIM”, por distribuição de pacotes de arquivos, ou através dos sistemas de controle centralizado de arquivos por meio de um *BIM server*, um servidor especializado na gestão de modelos BIM. Basicamente, podemos diferenciar dois grandes grupos de sistemas de distribuição: os

baseados em servidores na nuvem, como no exemplo da Figura 43, e servidores locais. A diferença é principalmente na qualidade de acesso interno. Sendo a infraestrutura nacional de internet muito deficiente em termos de disponibilidade e desempenho, são muito raros os locais onde é possível ter uma conexão com banda e velocidade necessárias para o rápido sincronismo de arquivos BIM, geralmente muito volumosos. A título de exemplo, um pequeno projeto de edificação de seis pavimentos pode atingir mais de 300 megabytes de tamanho. Arquivos com 2 gigabytes são relativamente comuns.



Figura 43: Tela de um sistema colaborativo WEB, o Autodesk 360 TEAM (cortesia AUTODESK).



Existem centenas de serviços WEB de gerenciamento de projetos que incluem controle de distribuição de arquivos, porém ainda são relativamente poucos os que atendem aos processos BIM, com visualizadores e sistemas de sincronismo adequados e que sejam capazes de lidar com arquivos de grande porte. No Brasil existem sistemas de distribuição e controle de arquivos²⁸, mas na maioria dos casos os sistemas são de fornecedores do exterior, ainda que muitos deles sejam traduzidos para o nosso idioma.

Acessar um servidor na “nuvem” para atualizar ou sincronizar os arquivos implica, em geral, vários minutos de espera e esta atividade é executada pelos membros de uma equipe da mesma disciplina muitas vezes ao dia.

Por este motivo, enquanto a infraestrutura não estiver à altura das demandas do BIM, a melhor solução é que a equipe de uma mesma disciplina opere com servidores BIM locais, compartilhando arquivos via internet apenas para a integração com as demais disciplinas, seja por meio de sistemas de distribuição centralizados, baseados na “nuvem”, seja por sistemas de troca de arquivos, seja ainda por meio de VPNs – Virtual Private Network, estabelecidos entre os parceiros. A escolha de uma solução depende das condições locais, do porte dos arquivos, do nível de segurança desejado e dos recursos financeiros e de apoio técnico disponíveis.

²⁸ Entre os sistemas nacionais podemos citar o CONSTRUMANAGER, SADP e o BRZ.NET, porém até o momento da redação deste texto, nenhum destes dispõem de mecanismo automático de sincronismo.

A solução de comunicação e colaboração deve ser definida no Plano de Execução BIM para garantir o acesso igualitário de todos os participantes e deve ser elaborado o respectivo procedimento, documento descritivo deste processo que pode fazer parte do SGQ- Sistema de Gestão de Qualidade dos participantes.

Para definir o sistema a ser usado dever ser considerados

- (i) A qualidade de acesso de todos os participantes
- (ii) A qualidade de serviço do sistema de comunicação e distribuição a ser utilizada, pois quando o provedor fica fora do Brasil a latência se agrava com trânsito de arquivos grandes ou se ele tem infra pequena nos casos de servidor no Brasil
- (iii) A solução local pode ser complicada e ficar mais cara quanto a obra ou projetistas estão remotos, dados os limites da velocidade da internet, mas se houver disponibilidade de fibra ótica pra todos a operação local pode ser mais cara do que a nuvem se considerarmos a segurança e a qualidade de serviço

Finalmente, cabe destacar que já existem modelos de distribuição de informação de projeto que prescindem de impressões gráficas e que unem em um só ponto de informação, às vezes em um único arquivo, todo o projeto. É o caso do sistema BIMx, da GRAPHISOFT, que distribui o modelo e as folhas com diferentes vistas, garantindo

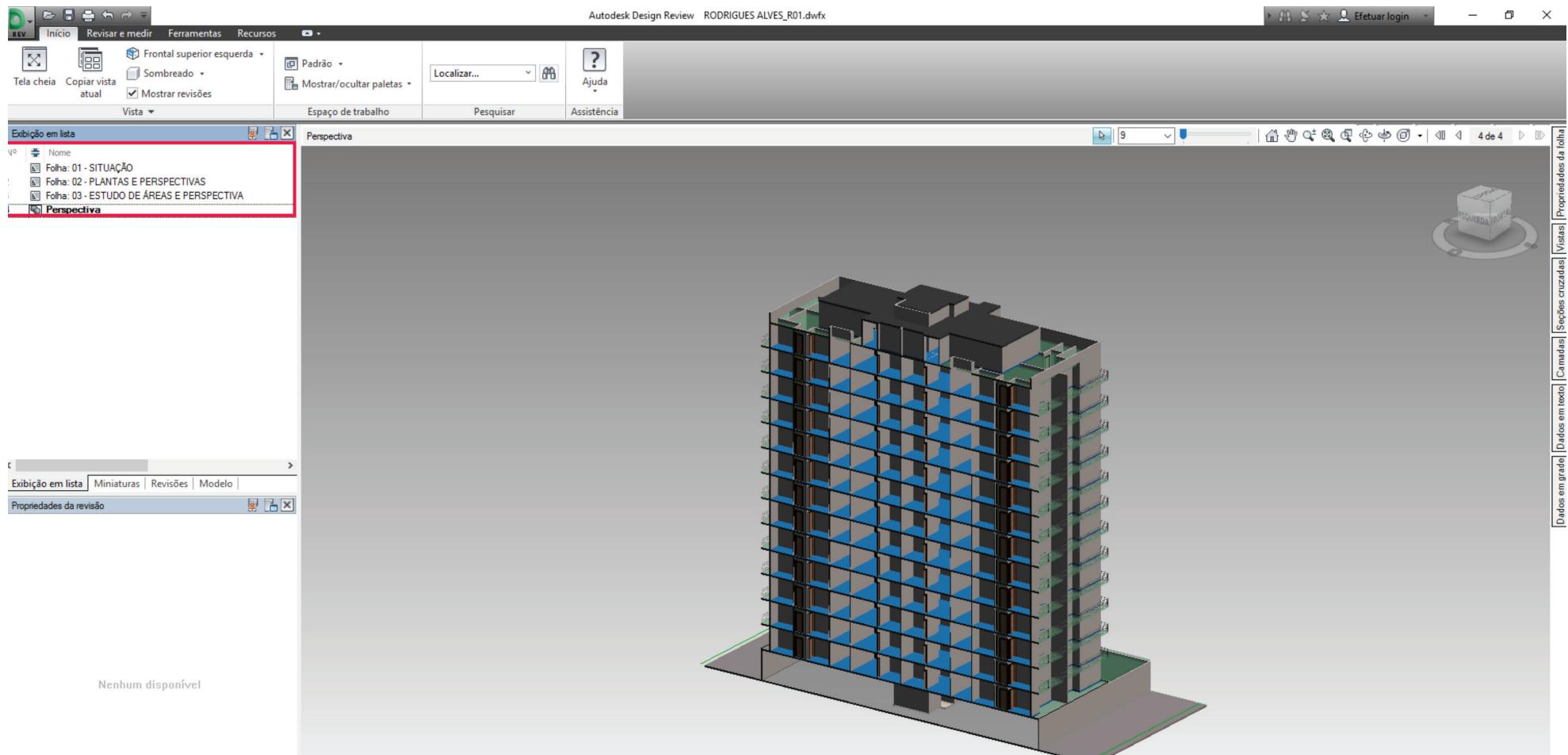


Figura 45: Exemplo de distribuição em DWF; notar a lista de pranchas à esquerda. Fonte: GDP

a perfeita compatibilidade entre o conjunto, e que pode ser verificado visualmente com facilidade; ou então dos pacotes DWFs, da AUTODESK, que incluem em um só arquivo o modelo, ou mesmo mais de um modelo e as folhas gráficas, também garantindo a vinculação entre eles, como mostra a Figura 45. Outras empresas também disponibilizam sistemas similares. Esse tipo de modelo de distribuição do projeto para

os usuários finais é o mais recomendável, pois garante sem possibilidade de dúvidas a unicidade da documentação com o modelo, permite impressões de folhas individuais quando necessário e oferece uma visualização de todos os componentes do projeto sem necessidade de impressão.

6 INSCRIÇÃO DE PROJETOS E DADOS 2D

6.1 CONTEXTO

A implementação da tecnologia BIM pela indústria da construção, em particular na área de projetos, vem apresentando um avanço considerável nos últimos anos. Porém, algumas disciplinas ainda utilizam formas tradicionais de desenvolvimento e produção de documentos, ou seja, desenhos 2D desenvolvidos em CAD, cadernos de especificação, relatórios e planilhas.

É natural ao processo que algumas empresas tenham dificuldades para a implementação por razões diferentes: oferta e nível de desenvolvimento de programas BIM específicos para determinada área, especificidades da natureza do tipo de disciplina, inércia e resistência dos profissionais no que diz respeito à implementação do sistema, entre outros fatores.

Entretanto, as disciplinas não conformes com a prática BIM não devem ser um impedimento para estabelecer o contrato de projeto em BIM, como apresentado nas matrizes abordadas anteriormente. Para estas disciplinas de menor impacto no processo, é aceitável que pelo menos durante os próximos anos ainda seja utilizada uma metodologia híbrida.

Contudo, por ser fonte de conflitos e gerar uma grande quantidade de retrabalho, este método híbrido **não deve ser utilizado** para as disciplinas “centrais”, pelas quais a imensa maioria das informações passa, tais como: para arquitetura, instalações hidrossanitárias e elétricas, ar-condicionado e ventilação e estrutura, tanto de concreto como metálicas.

Para os outros casos, o serviço de **inserção de projetos e dados 2D** deve ser realizado pela disciplina à qual a informação está melhor vinculada, por exemplo, pela arquitetura no caso de projetos de interiores ou paisagismos, ou pelo projetista de instalações, quando forem projetos de automação ou segurança contra incêndio. Em outros arranjos, a modelagem desses projetos pode ser contratada a terceiros, mas sempre submetida à coordenação e a uma verificação do modelo pelo projetista responsável. O serviço configura um **item de serviço adicional** e assim sendo deve ser **remunerado**. Deve-se observar que na emissão de documentos, os produtos finais das disciplinas não-BIM serão aqueles contratados na forma 2D de acordo com o escopo do projeto. Nesse caso, excepcionalmente, o modelo BIM não deve ser a base para a emissão desses documentos finais.

A intenção da inclusão dos projetos e dados 2D é tornar o modelo BIM o mais completo possível, para permitir que a coordenação e a análise de interferências sejam mais precisas e confiáveis e, se for o caso, para que a extração de quantitativos seja mais completa. A responsabilidade técnica e a autoria devem ser preservadas através da emissão de documentos pelo contratado da disciplina CAD. Um ponto importante é a verificação de compatibilidade e coerência entre o modelo utilizado para a coordenação e esses documentos finais. Alguns programas de projeto ou de coordenação permitem a inserção de “folhas de desenho 2D” sobre os modelos, o que facilita a checagem. A liberação destes documentos só deve ser realizada após essa verificação.

A previsão e o planejamento da inserção no projeto BIM devem fazer parte do **Plano Geral de Execução BIM** ou **Plano BIM**, tratado no item 4.6 deste guia.

A partir do roteiro aqui estabelecido é possível sistematizar a inclusão das informações obtidas por documentos 2D ao modelo BIM e o seu processo de validação e determinação de responsabilidades, seguindo os procedimentos detalhados a seguir.

6.2 DISCIPLINAS

No atual momento, entre as disciplinas complementares ao projeto com baixa oferta de soluções BIM, se destacam as seguintes:

- Paisagismo;
- Acústica;
- Segurança e automação predial;
- Decoração;
- Projeto de prevenção de incêndio;
- Circulação vertical (elevadores);
- Projetos viários;
- Impermeabilização;
- Esquadrias.

Cada uma das disciplinas tomadas como exemplo apresenta suas características quanto à natureza do serviço e ao tipo de documentação produzida, gerando diferenças nos procedimentos de inserção.

6.3 FLUXO DO PROCESSO

O procedimento de inserção das informações 2D no modelo BIM aqui apresentado é global e conceitual, organizado de forma que possa se adaptar às diferentes disciplinas, respeitando suas especificidades.

A estrutura básica do fluxo de inserção de projetos e dados 2D dá-se, de forma geral, conforme demonstra a Figura 46.

A Arquitetura deve gerar uma base CAD (DWG ou DXF) e um Modelo BASE BIM, sendo o primeiro enviado ao projetista 2D e o segundo para o responsável pela modelagem da disciplina em questão. Este pode ser o próprio arquiteto, um especialista em modelagem ou outro projetista BIM, de preferência com conhecimento do tema. Por exemplo, o projetista de instalações pode se responsabilizar pelos objetos de projeto de segurança de incêndio e automação predial.

Recomenda-se que o arquivo BASE BIM seja enviado ao projetista CAD, em geral em formato IFC ou DWF, uma vez que a consulta ao modelo 3D pode ser feita de maneira muito simples, utilizando um visualizador ou programa de análise de projeto gratuitos, o que reduz significativamente os conflitos.

Uma vez gerado o modelo BIM da disciplina em questão, ele deve ser verificado quanto ao atendimento dos requisitos definidos na Matriz de Responsabilidade, para checagem dos dados associados. Opcionalmente, de início pode ser feita apenas a verificação da geometria da proposta, complementando os demais dados após a aprovação inicial. O nível de detalhamento dos elementos deve seguir as diretrizes de ND definidas na Matriz de Responsabilidade.

Após a aprovação do arquivo, ele é inserido no modelo federado para análise da solução e verificação de compatibilidade. Em geral, vão ocorrer sugestões de ajustes, que implicam em correções no projeto CAD e no modelo da disciplina. Esses ajustes podem ser simultâneos ou depender de sua execução primeiro no CAD e depois na modelagem.

A coordenação e compatibilização devem ser realizadas com a participação de todos os envolvidos: projetista, modelador e arquitetura/coordenação.

Este processo de análise de compatibilidade e otimização e consequente adequação dos desenhos e da documentação 2D/dados e respectivo Modelo 3D deve ocorrer o

número de vezes necessárias para o ajuste perfeito entre o modelo e a documentação 2D, respeitados os requisitos do projeto.

Após a aprovação final do modelo, será elaborada a documentação 2D definitiva, que deve, como indicado acima, ser verificada quanto à correspondência com o modelo aprovado, inserindo-se as folhas CAD no modelo com uso de um programa adequado.

A atividade de inserção de projetos e dados 2D no projeto deve ocorrer desde a etapa de Estudo Preliminar e se repetir em todas as outras etapas de projeto.

É importante destacar a necessidade de inclusão de parâmetros e informações dos elementos vindos do projeto 2D, por exemplo: um bloco 2D de árvore no projeto de paisagismo se torna um objeto árvore com informações sobre as dimensões, plantio, espaçamento, etc. E isso deve ser incluído nos respectivos campos de informação do objeto BIM. Estes dados devem ser fornecidos pelos projetistas 2D através de memorial do projeto, folhas de especificações ou outros documentos adequados.

A demonstração esquemática e ampliada desse roteiro está representada na Figura 46. O gráfico apresenta o fluxo de inserção de projetos e dados 2D de três exemplos de disciplinas complementares não-BIM: esquadrias, acústica e paisagismo. A contratação de disciplinas complementares nas etapas preliminares é uma das diferenças fundamentais do processo BIM em relação ao método tradicional 2D, em que normalmente tais projetos são incorporados ao processo em fases posteriores, como básico ou executivo.

O gráfico mostra ainda, paralelamente, de forma simplificada, o fluxo BIM de desenvolvimento de projetos entre disciplinas contratadas integralmente em BIM.

Fluxograma para inserção de objetos oriundos de projetos 2D

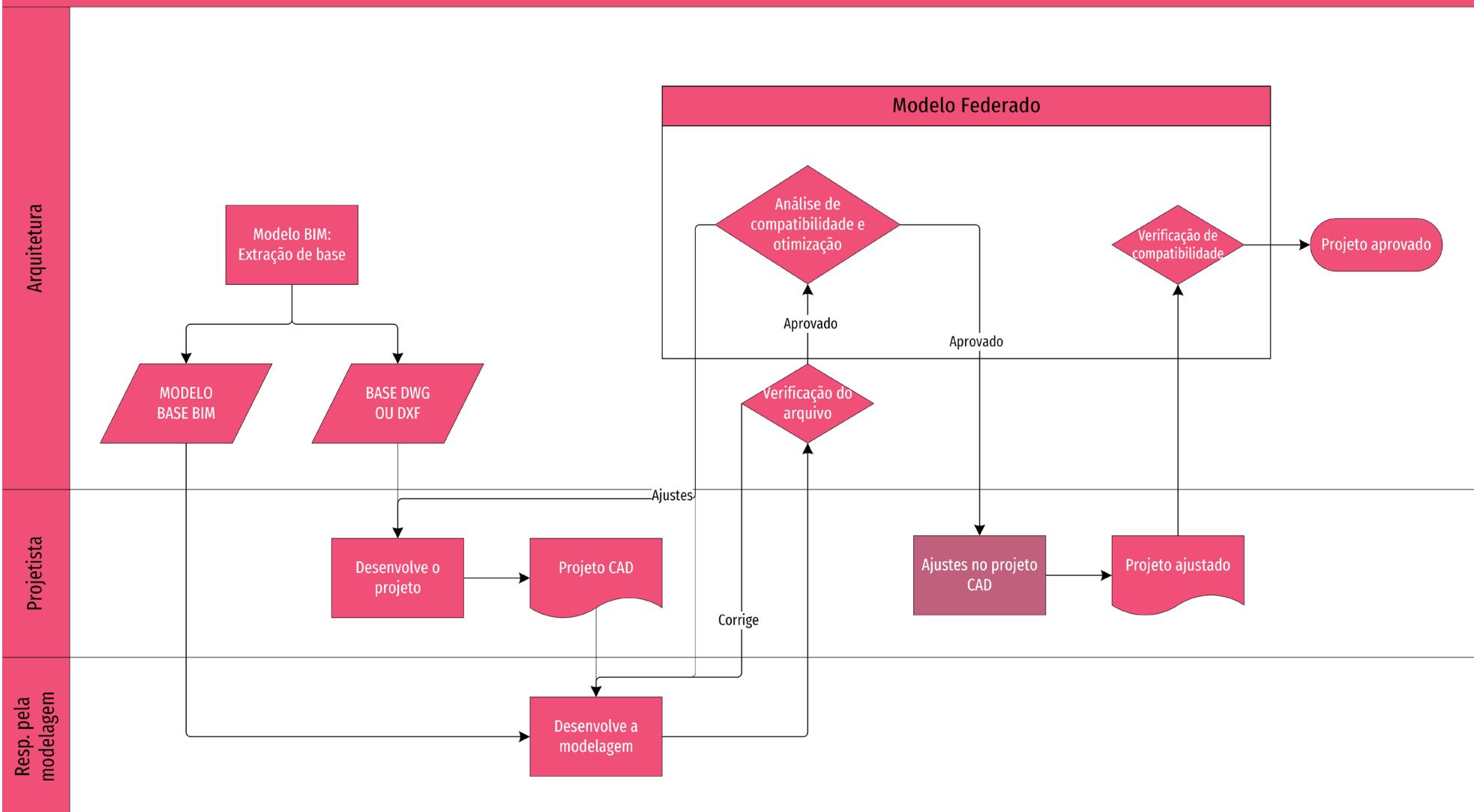


Figura 46: Fluxograma para inserção de objetos de projetos 2D no modelo BIM. Fonte GDP

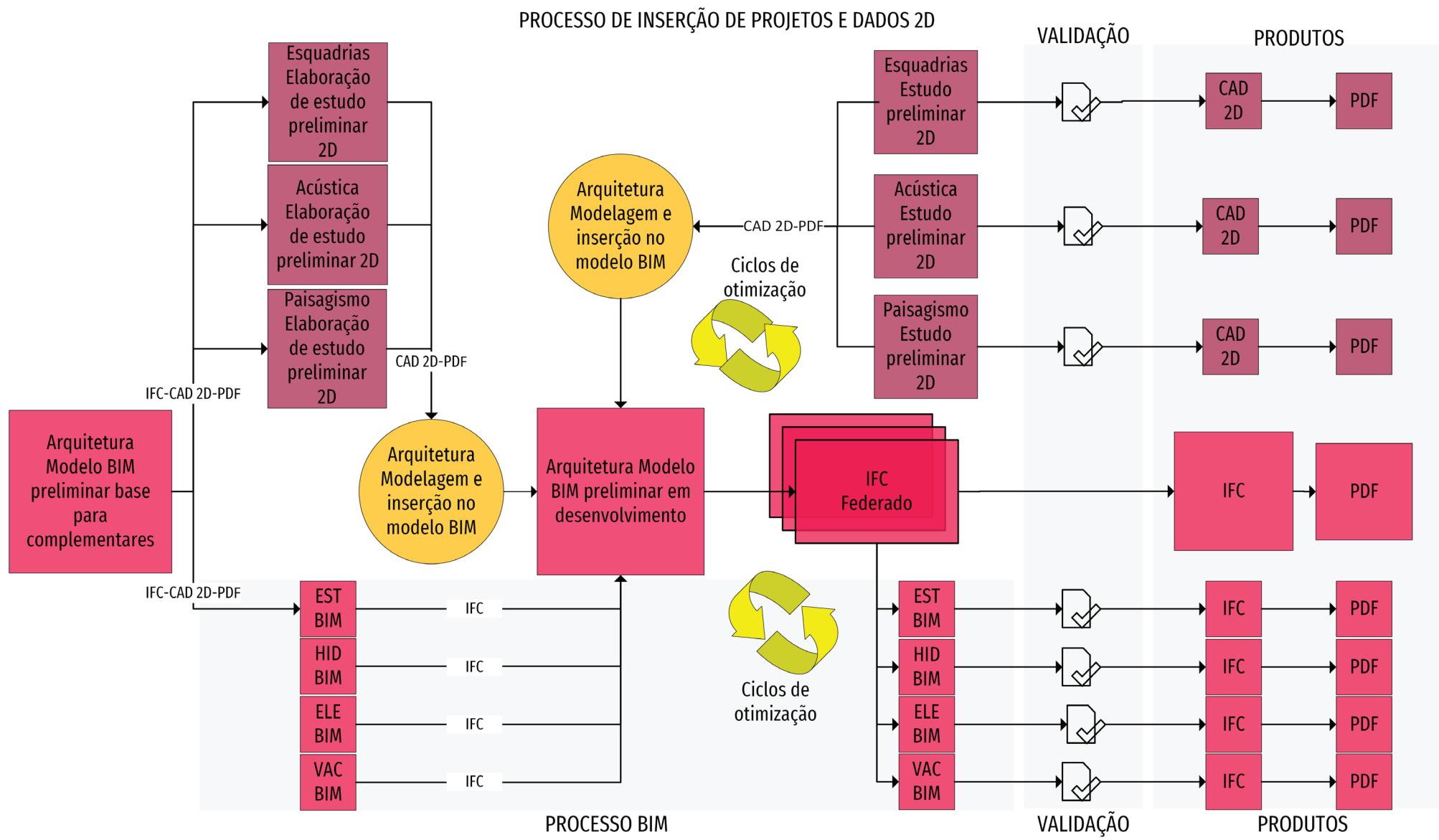


Figura 47: Fluxograma ampliado da inserção de elementos 2D. Fonte GDP

7 COMPONENTES BIM

7.1 CONCEITOS BÁSICOS

Componentes BIM são os blocos básicos a partir dos quais os modelos BIM são construídos. Esses componentes representam todos os tipos de objetos que integram uma construção: vigas, pilares, lajes, pisos, paredes e forros, portas e janelas, tubos, conexões e dutos, mobiliário e equipamentos, etc.

A modelagem BIM de projetos arquitetônicos, estruturais ou de sistemas prediais nos modernos softwares de autoria é feita a partir da seleção de componentes BIM disponíveis em bibliotecas virtuais BIM. A inserção desses componentes no modelo deve respeitar orientação, posicionamento e dimensionamento, de acordo com o tipo do elemento, e, mais raramente, como no caso de paredes, conformação.

Se o componente desejado não está disponível no aplicativo de autoria, é necessário buscá-lo em repositórios (bibliotecas públicas) ou no site do fabricante. Se ainda assim não puder ser obtido, deverá ser criado pelo projetista antes de integrar o modelo BIM. Para o desenvolvimento de componentes e bibliotecas BIM é importante consultar as Normas:

- ISO 16354:2013 *Guidelines for Knowledge Libraries and Object Libraries*
- ISO 16757-1:2015 *Data structures for electronic building services product catalogues – Part 1: Concepts, architecture and model;*
- ISO 16757-2:2016 *Data structures for electronic product catalogues for building service – Part 2: Geometry.*

7.2 A NORMA BRASILEIRA DE COMPONENTES BIM

Está em desenvolvimento pela CEE-134 – Comissão Especial de Estudo sobre Modelagem da Informação da Construção da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) uma norma que estabelece diretrizes para a criação de componentes BIM. Esta norma é voltada a fabricantes de produtos e componentes de construção e abrange produtos específicos e fornecidos por seus fabricantes ao mercado (ex: placas de gesso acartonado, montantes etc. e não paredes de *dry-wall*), assim como **componentes “genéricos”**, sem referência comercial. A referida norma ainda limita seu escopo a **edificações**, não considerando construções de infraestrutura.

Ainda assim, quando pertinente, alguns aspectos desta norma podem ser observados

no desenvolvimento de componentes fora de seu escopo, na falta de melhor referência. A citada norma será dividida em várias partes, cada uma delas focando requisitos para atendimento de necessidades de um **uso específico de BIM**, com exceção da primeira parte, que especificará diretrizes gerais aplicadas em todos os usos.

Outro aspecto particular desta norma é que suas diretrizes são voltadas à representação em **IFC** (*Industry Foundation Classes*), o principal *schema* de dados neutro adotado na indústria da construção. A norma britânica “BS8541-4:2012: Library objects for architecture, engineering and construction – Part 4: Attributes for specification and assessment – Code of practice” e o Guia “NBS BIM Object Standard”, também do Reino Unido, seguem a mesma estratégia. Assim, o desenvolvimento de componentes, particularmente no aspecto da informação não-gráfica neles contida deve ser de tal forma que, em consonância com os módulos de exportação e importação IFC disponíveis em aplicativos de autoria BIM, atendam à referida norma brasileira.

Esta norma **não especifica nomes obrigatórios** para os parâmetros de componentes BIM, mas apenas as classes IFC em que devem ser mapeados (cujos nomes e significados já são claramente definidos internacionalmente na norma ISO 16739). Cada aplicativo de autoria BIM já tem nomes predefinidos para muitas destas informações (eventualmente distintos entre si ou em línguas que não o português) e isso permite que seja mantido o uso dos nomes originais adotados pelo fabricante do aplicativo e/ou se evite redundância (mesma informação em dois parâmetros com nomes diferentes), o que poderia levar a inconsistências na informação armazenada nos componentes e ao aumento desnecessário do tamanho do modelo.

Outro aspecto adotado no desenvolvimento desta norma é o reconhecimento de que **as informações contidas num componente BIM são primariamente para consumo computacional**, isto é, os parâmetros do componente lá existem para serem processados por aplicativos BIM, eventualmente gerando uma saída para consumo do usuário. Este processamento pode ser tão simples quanto gerar um rótulo para ser mostrado numa planta (o próprio desenho da planta é resultado do processamento da geometria dos componentes do modelo) ou tão complexo quanto fazer a simulação energética da edificação completa pelo período de um ano. O fato a destacar é que a consulta aos parâmetros de um componente através da visualização de um painel de propriedades (e eventual modificação) não é o objetivo central da existência dos parâmetros no componente e sim sua utilização para o desempenho dos vários usos de BIM previstos para o modelo. Dentro desta concepção, um

componente BIM não deve ser tratado, por exemplo, como substituto de um catálogo de produto. Ele não provê a melhor interface para essa função (melhor seria um documento PDF cujo link pode estar disponível no componente, por exemplo) e nem é capaz de conter todas as informações de um catálogo (por exemplo, curvas de operação, relacionando duas variáveis). Este aspecto reforça não só a necessidade de se analisar os usos pretendidos para o modelo na decisão sobre quais parâmetros incluir no componente, como também a importância de que esses parâmetros sejam reconhecidos semanticamente pelos aplicativos que dele fazem uso. O uso do formato IFC garante o reconhecimento semântico. A criação de parâmetros não mapeáveis em classes IFC predefinidas²⁹ (*i.e.*, definidas pelo usuário) limita o escopo de uso a ambientes privativos, onde se convencionou anteriormente os nomes dos parâmetros para determinadas informações necessárias a um uso.

Os seguintes usos de BIM estão atualmente em estudo pela CEE-134 e resultarão em partes da norma definindo requisitos específicos:

Planejamento 4D

Análise Energética

Extração de Quantidades para Orçamento Executivo

Concepção de Sistemas Prediais Hidráulicos

Concepção de Sistemas Prediais Elétricos

Concepção de Sistemas AVAC/R

Concepção de Estruturas Metálicas

Concepção Arquitetônica

Análise de Sustentabilidade

Concepção de Luminotécnica

Concepção de Estruturas de Concreto

Geração de documentação

Deteção de interferências

Visualização

As-built

Gerenciamento de Facilities

Comissionamento

Outros são considerados de acordo com a demanda e disponibilidade de colaboradores

especializados no uso em questão.

As recomendações das subseções seguintes são gerais e podem ser seguidas independentemente do uso que se pretenda para os modelos BIM em que serão inseridos.

7.3 NOMENCLATURA DE NOMES DE COMPONENTES BIM E SEUS ARQUIVOS

7.3.1 COMPOSIÇÃO DOS NOMES DE ARQUIVO

Os nomes dos arquivos de componentes BIM devem ser compostos da seguinte maneira:

CodTab2C_Responsável_DescriçãoTipo_Subtipo_Livre

Onde:

CodTab2C: código da Tabela 2C. Componentes da norma ABNT NBR 15965-4, níveis 2 a 5, sem separadores, com 2 dígitos por nível, preenchido com 00 nos níveis mais baixos, se necessário. Se o arquivo contiver diversos componentes de mesmo tipo, o CodTab2C deverá ser de um nível superior, que reflete essa característica;

Responsável: Grafado na forma CaixaAltaCaixaBaixa (primeira letra de cada palavra em maiúscula, sem espaços), sem acentos e caracteres especiais. Indica o responsável pelo componente (não necessariamente seu desenvolvedor);

DescriçãoTipo A descrição do tipo de componente deve ser baseada no correspondente termo da Tabela 2C (NBR 15965-4), sendo permitidas abreviações;

Subtipo: a descrição de subtipo é opcional. Se referir-se a dimensões, usar o seguinte formato ComprimentoxLarguraxEspessura;

Livre: texto opcional com demais informações relevantes para a identificação do componente.

Os vários campos do nome são separados por sublinhado (“_”).

- a. Os nomes dos arquivos em que se encontram os objetos BIM devem ser idênticos aos dos objetos, acrescidos da extensão adequada ao seu formato (.rfa, .ifc etc.). É possível também agrupar num único arquivo para download (ex: .zip), com CodTab2C de nível superior, arquivos individuais de componentes com códigos mais específicos;
- b. O controle de versão do arquivo é feito pelo próprio usuário, acrescentando

²⁹ Parâmetros isolados atribuídos a uma instância ou tipo, exportados como *IfcPropertySet / IfcProperty*.

número da versão somente ao nome de arquivos desatualizados. Por outro lado, é um parâmetro dentro do arquivo.

7.4 USOS PRETENDIDOS DO BIM E SEUS REQUISITOS

Segundo o espírito da norma brasileira de componentes tratada na seção anterior, ao se preparar um componente BIM, inicialmente se deve analisar quais são os usos pretendidos para o modelo BIM no qual será inserido aquele componente. Estes usos determinarão o nível de detalhamento geométrico e as informações (na forma de parâmetros e especificações), dentre outros aspectos, que deverão ser incluídos no componente.

Vale notar que esses requisitos podem variar de acordo com a **fase do projeto** e o ND exigido e podem até mesmo serem conflitantes entre si (ex.: modelagem para Projeto de Sistemas Prediais Hidráulicos e modelagem para geração de *Rendering Fotorrealístico*; o primeiro demandando geometria simplificada e, o último, máximo nível de detalhe geométrico). Dessa forma, pode ser necessária, se o componente deve atender a múltiplos usos distintos, a criação de **diferentes versões do mesmo componente**, que integrarão modelos federados de distintas disciplinas ou serão substituídos em diferentes fases de projeto no mesmo modelo. Este último caso é o mais comum, quando em fase preliminar são usados componentes genéricos que atendem a NDs baixos (100, 200) e que são progressivamente substituídos ou alterados por outros componentes mais específicos, atingindo eventualmente NDs 400 ou 500.

Os principais aspectos de um componente que devem ser analisados no momento de seu desenvolvimento são os seguintes:

Parâmetros;

Geometria;

Conectores;

Representação 2D (planta, corte, elevação) e nível de detalhe visual (escala).

Esses aspectos serão detalhados nas seções seguintes.

7.4.1 PARÂMETROS EM COMPONENTES BIM

Conforme mencionado, o que determina quais parâmetros devem ser incluídos em componentes BIM é o uso que se pretende dos modelos em que serão inseridos. Assim, o critério prioritário para a decisão de inclusão de um parâmetro é a necessidade daquela informação para os usos de BIM pretendidos no empreendimento.

A Comissão ABNT CEE-134, após estudos com especialistas, publica em norma a listagem de parâmetros necessários a cada uso. Basta consultar a parte da norma pertinente.

Um aspecto de particular importância ao se tratar sobre parâmetros é seu tipo básico, isto é, se são Propriedades de Tipo ou Parâmetros de Instância (ver Figura 10).

Tipo é uma categoria de componente, com certas propriedades particulares (por exemplo, certo modelo de bacia sanitária ou um tipo específico de sapata de fundação). Já **instância** é cada exemplar de um certo tipo de componente efetivamente inserido num modelo BIM. Assim, um certo tipo de componente pode ter diversas instâncias no modelo.

Ao alterar as características de um tipo, todas as suas instâncias refletirão a modificação (por exemplo, se os conectores da bacia sanitária ou a forma da sapata de fundação forem alterados, todas as instâncias serão alteradas automaticamente). Por outro lado, ao modificar o valor de um parâmetro de instância num componente, somente aquele componente individual (aquele instância) será afetado.

Propriedades de Tipo são comuns (isto é, têm o mesmo valor) para todas as instâncias (por exemplo, nome do fabricante ou modelo). As propriedades (ou parâmetros) de tipo são mantidas em apenas um lugar.

Parâmetros de Instância têm valores individuais para cada instância, podendo ser iguais ou diferentes entre os vários exemplares do modelo. Por exemplo, seria possível ter várias bacias sanitárias do mesmo modelo, porém com cores diferentes em cada banheiro de um pavimento tipo. Parâmetros de instância devem ser replicados para cada instância individual e, portanto, consomem mais memória do sistema.

Os seguintes parâmetros (Tabela 3), apesar de ainda não definidos na norma, são sugeridos para todos os usos de BIM. Note que a coluna “Parâmetro” apenas define quais são os parâmetros sugeridos, mas não necessariamente seus nomes, já que podem estar disponíveis com outras designações nos templates e famílias dos aplicativos, as quais levam precedência.

Tabela 3 – Parâmetros gerais recomendados para todos os componentes.

	Parâmetro	Tipo / Instância	Valor (formato)	Descrição
a.	Usos BIM em conformidade	Tipo	$n_1-n_2-n_3\dots$ em que n_i são os números das partes da Norma de Componentes BIM com as quais o componente está em conformidade	Lista que indica para quais usos o componente foi preparado em conformidade com a norma
b.	Nome do fabricante	Tipo	Texto livre	Nome do fabricante do produto ou n/d se genérico
c.1	Classificação	Tipo	NBR 15965-4	Sistema de classificação
c.2	Código Tab. 2C	Tipo	2C XX XX XX XX	Código do componente na Tab. 2C da Norma NBR 15965
c.3	Termo Tab. 2C	Tipo	Termo padronizado	Termo do componente na Tab. 2C da Norma NBR 15965
d.	Revisão atual	Tipo	Número inteiro	Número da versão deste componente BIM
e.	Nome	Instância	Texto livre	Designação deste componente específico
f.	LOD Atual	Instância	Faixa 100 a 500	Indica LOD atual desta instância
g.	LOD Meta	Instância	Faixa 100 a 500	Indica LOD alvo para este tipo de componente no próximo marco/etapa

Fonte: GT Componentes da CEE-134

Os parâmetros de um componente não devem ser redundantes, isto é, o mesmo parâmetro não deve ser inserido com dois ou mais nomes distintos.

Um dos aspectos mais importantes que diferenciam o BIM do CAD é a semântica embutida em seus componentes, isto é, o significado das informações que eles contêm **para o sistema computacional**. Estas podem ser implícitas (que tipo de componente é, em que elemento está inserido, por quais elementos é composto, etc.) ou explícitas (os parâmetros do componente). Importante notar que o CAD também carrega semântica, porém essa é usualmente dirigida somente aos usuários humanos. Veja, como exemplo, a ilustração na Figura 48. No contexto do projeto arquitetônico, o desenho tem significado para um usuário humano treinado, que o reconhece como uma janela numa parede. Já para o computador, essas linhas não têm nenhum significado especial e o sistema não irá tratá-las de modo algum em particular.

Cada aplicativo BIM tem sua representação interna particular, que mantém a semântica das informações para seu próprio uso. É importante que, ao exportar o modelo para outros aplicativos, a semântica possa ser preservada para que as informações exportadas preservem seu significado original. Essa é a essência da interoperabilidade.



Figura 48 – Representação, em CAD 2D, de uma janela numa parede. Fonte: GPD

7.4.2 GEOMETRIA DE COMPONENTES BIM

A representação geométrica de componentes dentro de modelos BIM pode consumir grande quantidade de memória, especialmente em aplicativos de autoria, e também gerar grandes arquivos. Adicionalmente, também pode impor pesada carga computacional para as placas gráficas dos equipamentos na visualização do modelo. O comportamento da demanda de memória e do tamanho do arquivo em disco de um modelo BIM em função da variação da complexidade geométrica dos componentes muda de aplicativo para aplicativo, nem sempre seguindo uma relação linear.

Considerando que até mesmo um edifício relativamente pequeno e simples pode ter centenas de elementos de cada tipo (portas, janelas, bacias sanitárias etc.) a melhor prática é manter a complexidade geométrica do componente a mais simples possível para atender ao uso pretendido do componente no modelo. Assim, usualmente, a geração de imagens renderizadas do modelo costuma demandar grande detalhamento geométrico dos componentes para que sua aparência seja corretamente representada. Por outro lado, aplicações como o Projeto de Sistemas Prediais Hidráulicos requerem muito pouco da representação geométrica do componente, limitando-se em geral às suas dimensões mais básicas (comprimento, bitola etc.).

Como já se mencionou anteriormente, em caso de demandas conflitantes, pode-se produzir duas ou mais versões distintas do mesmo componente para inserção em modelos BIM voltados a usos distintos.

Importante notar que alguns aplicativos de autoria permitem visualizar um componente BIM em diferentes graus de detalhamento geométrico. Esse recurso pode aliviar a demanda computacional para a parte gráfica do hardware, permitindo até visualização interativa de modelos BIM complexos; porém, a demanda de memória não se reduz, já que a geometria completa está presente no componente inserido no modelo. A vantagem deste recurso se restringe ao desempenho em tarefas de visualização, pois permite representação 3D e 2D diferentes para diferentes escalas de representação.

Na Figura 49, tem-se um componente BIM (torneira de lavatório) com diferentes representações no mesmo componente. Na primeira, somente estão representadas as dimensões máximas do componente e o conector de entrada de água. Na segunda, aparecem as formas do produto, porém sem todos os seus detalhes, que podem

ser visualizados na terceira representação (veja, por exemplo, o chanfro na parte superior da manopla). A representação renderizada na imagem de baixo é feita a partir da geometria mais detalhada disponível no componente.

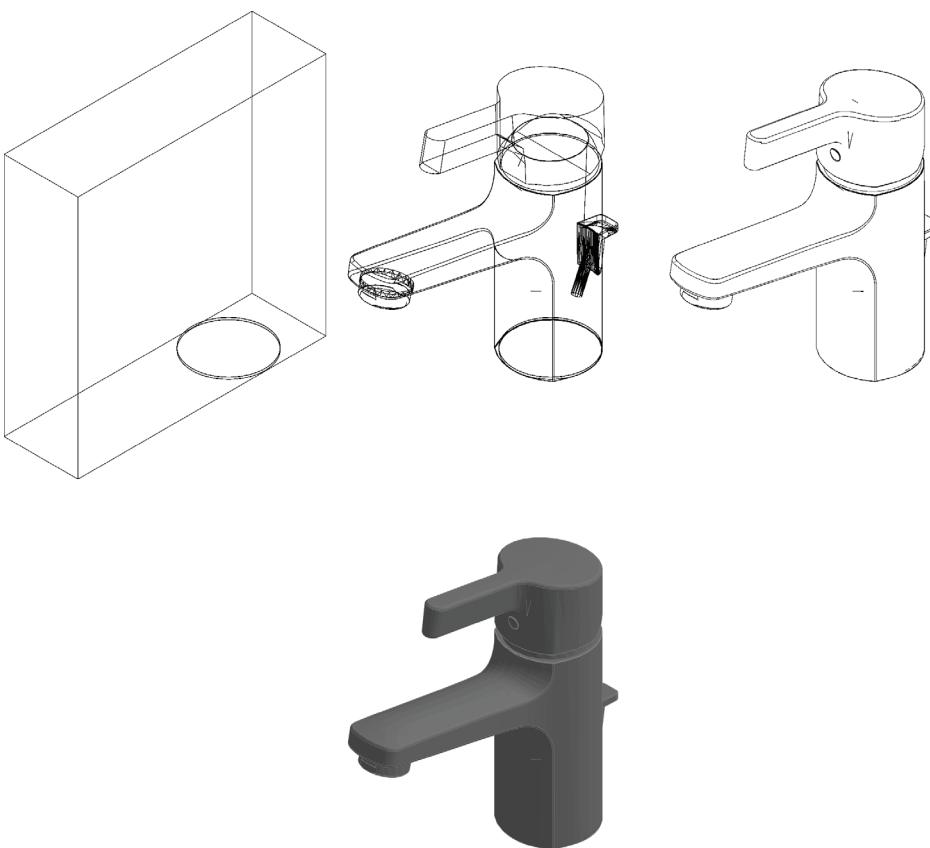


Figura 49 – Diferentes visualizações do mesmo componente, em diferentes níveis de detalhamento geométrico. Fonte: Adaptada de Similor Kugler.

Dessa forma, sugerem-se as seguintes recomendações mínimas quanto à geometria de um componente BIM:

- a. O nível de detalhamento geométrico do componente BIM **não deve comprometer o desempenho** do modelo BIM para os fins pretendidos, considerando-se a quantidade típica de instâncias inseridas no modelo naqueles usos;
- b. O objeto deve sempre ser **modelado em escala natural (1:1)**, considerando a unidade de medida adotada;
- c. O objeto deve ser modelado em **unidades métricas**;
- d. O **ponto de inserção** do componente BIM deve ser o mais conveniente para o uso rotineiro daquele tipo de componente. Se houver diversas versões do mesmo componente BIM, com níveis de detalhamento geométrico distintos, **todas devem preservar o mesmo ponto de inserção**, facilitando a troca de versões;
- e. A **orientação** do componente BIM deve ser a natural para o tipo de componente e o tipo de componente hospedeiro (se for o caso) em que será inserido;
- f. O componente BIM deve incluir representação geométrica pelo menos das suas **principais dimensões externas e aberturas**.

7.4.3 CONECTORES EM COMPONENTES BIM

Recomenda-se que, tratando-se de componente que se interliga a sistemas (hidráulicos, elétricos ou de condicionamento de ar), sejam explicitamente criados os conectores (entradas e saídas) para que o componente possa ser logicamente interligado aos respectivos sistemas.

- a. Preencha adequadamente as propriedades do conector (nome, dimensão, direção do fluxo etc.);
- b. Refira-se aos guias do seu aplicativo de autoria BIM para detalhes.

7.4.4 REPRESENTAÇÃO 2D EM COMPONENTES BIM

Representações 2D são desenhos que serão mostrados ao se visualizar o componente em planta, elevação (frontal e lateral) e, possivelmente, em corte, ao invés de visualizar-se a geometria real do componente.

A preparação e inserção de representações 2D num componente BIM têm duas funções:

- i. Gerar visualização do componente com simbologia padronizada na documentação;
- ii. Reduzir a demanda computacional no processamento do componente.

Em algumas ocasiões, não é necessário que um componente BIM tenha uma representação 3D. Tome-se, por exemplo, o caso de um modelo de veículo para ilustrar a garagem no modelo BIM de uma residência. No caso de representações sem perspectiva, o que se deseja, por exemplo, é que uma vista superior do automóvel apareça na planta que mostra a garagem da residência, ou que se extraia uma vista lateral ao se documentar o projeto com um corte ou elevação que inclua a garagem. Por outro lado, não se deseja sobrecarregar o modelo BIM com a inclusão de um componente usualmente pesado (já que contém muitas superfícies curvilíneas, que demandam geometria detalhada) que nem sequer faz parte do projeto arquitetônico. Outro exemplo seria o sistema de válvula e sifão de um lavatório, cujos detalhes geométricos podem ser bastante complexos, porém sem nenhuma importância prática, já que o produto não será fabricado a partir do modelo BIM. São relevantes apenas suas dimensões básicas e a representação adequada na documentação.

É preferível que a representação bidimensional de alguns elementos padronizados seja feita através de um símbolo convencional do que através de sua geometria real. Veja o caso de uma porta. É desejável que, em planta, apareça o arco que representa a área ocupada pela abertura da porta, e não somente um retângulo estreito, resultado do corte da porta pelo plano de representação em planta. Idem para janelas, tomadas, interruptores, quadros elétricos e outros elementos cuja representação simbólica é padronizada.

Assim, a recomendação é que:

- a. Sejam inseridas nos componentes BIM representações bidimensionais dos elementos (vistas superior, lateral, frontal e, eventualmente, em corte), permitindo documentação padronizada e economia de recursos computacionais em seu processamento;
- b. Quando disponíveis, as normas de representação simbólica dos tipos de elementos modelados sejam aplicadas.

7.5 ND DE COMPONENTES, REQUISITOS E USOS PERTINENTES

Os usos que se pode fazer das informações do modelo BIM (contidas em seus componentes) devem ser idealmente previstos e explicitados no Plano de Execução BIM desenvolvido para o empreendimento a que o modelo se refere.

O documento G202 – 2013 da AIA, que originalmente descreve as características dos componentes nos vários Níveis de Desenvolvimento (ND), também indica usos autorizados para cada um destes níveis, recomendando que demais usos sejam explicitados nos documentos do empreendimento, como descrito no Plano de Execução BIM (ver Guia 4):

ND 100:

Análises: componentes podem ser analisados com base em área, quantidade e orientação pela aplicação de critérios genéricos a outros componentes do modelo com ND maior. Análises em nível conceitual;

Estimativas de custo: o componente pode ser usado para desenvolver uma estimativa de custo baseada em quantidade (área do pavimento, número de apartamentos por torre, número de leitos hospitalares etc.), desde que associado a bases de dados externas;

Planejamento: os componentes do modelo em ND 100 podem ser usados para determinação de fases do projeto e estimativa de duração global.

ND 200:

Análises: componentes em ND 200 podem ser usados em análises de desempenho de determinados sistemas pela aplicação de critérios gerais incluídos em componentes representativos;

Estimativas de custo: pode-se desenvolver estimativas de custo baseadas nos dados aproximados disponibilizados pelos componentes usando-se técnicas quantitativas de estimação baseadas em área, volume, número e tipo de itens;

Planejamento: os componentes podem ser usados para mostrar o surgimento dos componentes e sistemas principais de forma ordenada no tempo;

Coordenação: coordenação geral com outros componentes do modelo baseada em tamanho, localização e espaço livre.

ND 300:

Análises: componentes em ND 300 podem ser usados na análise de desempenho de sistemas selecionados pela aplicação de critérios específicos a elementos representativos;

Estimativas de custo: podem ser feitas para uso em suprimento baseadas nos dados específicos apresentados nos componentes;

Planejamento: os componentes podem ser usados para mostrar o surgimento de elementos e sistemas detalhados de forma ordenada no tempo;

Coordenação: coordenação específica com outros componentes, baseada em tamanho e localização, incluindo questões gerais de operação.

ND 350:

Análises: componentes podem ser usados na análise de desempenho de sistemas selecionados pela aplicação de critérios específicos a elementos representativos;

Estimativas de custo: podem ser feitas para uso em suprimento baseadas nos dados específicos apresentados nos componentes;

Planejamento: os componentes podem ser usados para mostrar o surgimento dos componentes principais e sistemas de forma ordenada no tempo;

Coordenação: coordenação específica com outros componentes, baseada em tamanho, localização e interfaces, incluindo questões gerais de operação.

ND 400:

Análises: componentes podem ser usados na análise de desempenho de sistemas pela aplicação de critérios reais;

Estimativas de custo: são baseadas no custo real do elemento no momento da compra;

Planejamento: os componentes podem ser usados para mostrar o surgimento de componentes específicos incluindo meios e métodos de construção;

Coordenação: coordenação com outros componentes do modelo em termos de tamanho, posição e espaço livre em relação aos outros componentes, incluindo questões referentes a fabricação, instalação e detalhes de operação.

ND 500:

Os mesmos do ND 400, já que não há detalhamentos adicionais na representação ND 500, exceto a confirmação dos dados em campo.

Nas subseções seguintes, são apresentados parâmetros preliminares necessários/desejáveis para implementação de usos específicos de BIM. As normas referentes a esses usos ainda não foram publicadas, de forma que a orientação oficial pode variar do que é exposto aqui.

7.6 PLANEJAMENTO 4D

O uso de BIM denominado “Planejamento 4D” (3D + T) destina-se a mostrar um cronograma de atividades de construção em forma de animação para fins de validação das atividades e otimização de seu sequenciamento. Em casos especiais, dependendo do suporte do aplicativo BIM 4D, é possível o desenvolvimento do cronograma de execução (através da seleção dos componentes do modelo na sequência construtiva proposta, com posterior inclusão da duração das tarefas no cronograma). Além disso, é possível visualizar componentes cuja execução esteja adiantada ou em atraso e fazer a comparação do cronograma planejado com o realizado, se as informações deste último forem realimentadas no aplicativo.

Todas as atividades acima exigem a correlação das atividades do cronograma (que contêm a informação de tempo) aos componentes do modelo BIM (geometria 3D). Esta é a tarefa mais trabalhosa deste processo e, portanto, alvo das preocupações ao se planejar o desenvolvimento de um componente BIM para atendimento a este uso. Esta atividade pode ser realizada manualmente (uma a uma ou em pequenos blocos) ou de forma semiautomática em aplicativos BIM 4D, se a configuração das informações for adequada.

Para automatização da ligação entre atividades e componentes BIM, os aplicativos 4D possuem filtros que identificam, na descrição da atividade constante no cronograma, palavras ou códigos que constam em parâmetros ou características dos componentes.

Assim, por exemplo, na atividade:

- 35.2.45 Concretagem pilar P1 do Bloco A do 3º pavimento;**

Tem-se:

código EAP/atividade (35.2.45 / Concretagem) – específico da empresa usuária;

tipo de componente: pilar;

nome do componente: P1;

setor: bloco A do 3º pavimento.

Assim, se o código EAP e o Setor (apenas “bloco A”, já que o pavimento é automaticamente associado ao componente pelo aplicativo de autoria) forem associados a cada componente do modelo pelo usuário, junto com o tipo de componente e sua designação – automaticamente inseridos pelo aplicativo de autoria –, é possível facilitar a tarefa de correlação de componentes e atividades do cronograma, necessária para a execução do uso “Planejamento 4D”.

Note-se que nenhum dos parâmetros propostos para esse uso já vêm preenchidos pelo fabricante do componente, já que não é intrínseco ao componente e, em cada instância, variam em função do uso em um empreendimento específico (Tabela 4). São indicados aqui para atuar como “placeholders” de informação, isto é, parâmetros cujos nomes/formatos devem ser mantidos uniformemente, facilitando o uso que se realiza a jusante de quem os preenche.

Tabela 4 – Parâmetros recomendados para componentes BIM destinados ao uso “Planejamento 4D”.

	Parâmetro	Tipo / Instância	Valor (formato)	Descrição
a.	Nome	Instância	Texto livre	Designação deste componente específico
b.	EAP	Instância	Texto livre	Código da EAP referente a esse componente
c.	Setor	Instância	Texto livre	Código designando o setor ao qual pertence o componente

Fonte: GDP

7.7 ANÁLISE ENERGÉTICA

O uso de BIM denominado “Análise Energética” consiste no desenvolvimento de simulação energética e sua análise a partir de um modelo BIM, usado como entrada principal de dados do processo. Neste uso, não é previsto o retorno direto de informação ao processo através do modelo BIM (saída). Este tema será aprofundado no Guia 5; neste texto, nos limitaremos às questões vinculadas aos componentes BIM.

A simulação energética computacional consiste na elaboração de um modelo com inclusão de informações paramétricas, de modo a analisar:

- O comportamento da transferência de calor em ambientes internos e componentes da edificação, considerando as necessidades energéticas;
- O consumo de energia;
- O custo energético.

Muitas das informações necessárias para a Análise Energética não são disponibilizadas no modelo BIM (por exemplo, tabela de custo de energia elétrica por período) e ainda outras são associadas ao modelo em si e não a componentes específicos (definição de zonas térmicas, por exemplo).

Por outro lado, mesmo considerando os componentes BIM, muitos deles não têm relevância para a Análise Energética (não são considerados pelo aplicativo de análise) como, por exemplo, mobiliário.

A necessidade de certo parâmetro varia em função do tipo de componente: componentes construtivos (paredes, lajes, etc.), equipamentos gerais (computadores, aquecedores, etc.), lâmpadas e componentes de sistemas de condicionamento de ar – ventilador, coil, umidificador, chillers, torres de resfriamento, bombas, boilers etc. Estes pontos serão desenvolvidos no Guia 5.

7.8 VERIFICAÇÃO DE COMPONENTES BIM

O processo de coordenação de projetos em BIM deve prever uma etapa de controle de qualidade dos modelos recebidos dos projetistas antes de sua integração ao modelo federado e disponibilização como referência para os demais projetistas.

A verificação envolve aspectos tanto do modelo em si quanto de seus componentes individuais. Essa verificação do modelo procura assegurar principalmente a

consistência das informações, observando-se aspectos como adoção do ponto de origem 3D convencionado, por exemplo: (0,0,0) e identificações das alterações feitas desde a última revisão.

Já as verificações nos componentes são focadas na **conformidade** dos componentes e seu uso no modelo. Os seguintes aspectos devem ser verificados nos componentes do modelo BIM para garantir sucesso no desenvolvimento de **qualquer uso**:

- a. Objetos têm tipo correto definido/não são genéricos?
- b. Há objetos duplicados (mesmo nome/tag, mesmo GUID)?
- c. Há objetos muito pequenos (ex: “restos” de parede ou laje que sobraram de uma edição, aberturas muito pequenas etc.)?
- d. Há objetos dentro de outros (totalmente sobrepostos)?
- e. O LOD/ND estabelecido para determinado tipo de componente no marco/fase correspondente foi respeitado (i.e., o componente tem a geometria e os parâmetros estipulados preenchidos)?
- f. Todos os objetos têm indicação de conformidade com todas as partes da norma de componentes relativas aos usos pretendidos (parâmetro “**Usos BIM em conformidade**”)?

A verificação de componentes BIM deve ser feita em função também dos requisitos específicos de cada uso adotado no empreendimento, para certa etapa. Esses requisitos serão especificados nas respectivas partes da Norma de Componentes BIM.

A verificação destes aspectos pode ser total ou parcialmente automatizada usando recursos de softwares de autoria (Revit, ArchiCAD etc.) ou aplicativos específicos de coordenação de projetos (Solibri Model Checker, por exemplo). No caso de uso de software de autoria, pode-se extrair tabelas de componentes que explicitem o conteúdo de campos específicos que devam estar presentes e preenchidos. Pode-se automatizar mais o procedimento fazendo a exportação destas tabelas para planilhas em que a verificação dos dados possa ser mais automatizada. Por outro lado, a utilização de aplicativos voltados à coordenação de projetos permite a utilização de recursos de verificação de regras, que facilitam e automatizam totalmente essa tarefa. É necessário, contudo, criar um pacote de regras adequado, se não estiver disponível.

8 BIM E AS EXIGÊNCIAS NORMATIVAS

As normas ABNT NBR 15575:2013 Edificações Habitacionais – Desempenho e ABNT NBR 9050 Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos trouxeram um conjunto de requisitos de desempenho e adequação para as edificações, que resultaram em uma expressiva melhoria qualitativa, mas que implicam em uma série de cuidados para atender a seus requisitos. Neste novo contexto, é importante conhecer e especificar produtos que atendam às normas ABNT vigentes e específicas para cada produto e/ou subsistema. Essas normas estão evoluindo desde a publicação da Norma de Desempenho das Edificações NBR 15575, no sentido de incorporar requisitos de desempenho e, com isso, em diversos casos, a simples seleção de produtos conformes já basta para que se tenha informações e garantia de atendimento aos requisitos de desempenho que cabem àquele produto ou componente específico.

Para facilitar esta tarefa, o SINAT – Sistema Nacional de Avaliações Técnicas do Ministério das Cidades foi ampliado e abrange, desde novembro de 2016, tanto a avaliação de desempenho de sistemas e produtos inovadores como dos convencionais. No catálogo eletrônico acessível no site do MCidades (<http://app.cidades.gov.br/catalogo/>), estão disponíveis Fichas de Avaliação de Desempenho (FADs) de diversos dos sistemas convencionais que atendem à Norma NBR 15575, e também os Documentos Técnicos de Avaliação de Sistemas Inovadores (DATECs), que devem ser utilizados pelos especificadores. Esse site está em constante atualização, incorporando mais e mais sistemas e produtos, à medida que são avaliados.

O atendimento de uma parte³⁰ destes requisitos pode ser bastante facilitado mediante o uso da tecnologia BIM. Entretanto, a maior parte dos requisitos não é passível de ser verificado de modo automático nos aplicativos BIM, porque não resultam de simulações ou cálculos simples, que possam ser incorporados aos procedimentos de projeto.

Silva Junior (2016) listou os métodos que julga adequados ao atendimento, os quais em sua maior parte são avisos ou especificações associadas aos elementos, descrevendo que tipo de laudo deve ser apresentado ou que tipo de ensaio deve ser solicitado. Verificações efetivas, em que um aplicativo adequado efetue uma análise ou simulação, são de fato bem mais restritas.

Uma grande dificuldade no contexto brasileiro é a falta de informações de desempenho do produto por parte dos fornecedores. São raros os casos de produtores de materiais e componentes que informam estes dados. Apenas no caso de placas cerâmicas e portas prontas temos um número razoável de produtores que os disponibilizam. Por outro lado, os institutos de pesquisa e universitários têm feito alguns ensaios, mas ainda abaixo do que seria conveniente, pois faltam recursos. Desse modo, existem poucas informações, em particular a respeito dos materiais “genéricos”. Por exemplo, no caso de blocos cerâmicos existem alguns ensaios de produtos regionais, mas como há grandes diferenças nas dimensões e nas características dos materiais, seria preciso um trabalho muito mais extenso. É preciso, ainda, um longo trabalho de convencimento de todos os fornecedores de materiais de todos os tipos sobre a importância destes dados.

8.1 REQUISITOS DA ABNT NBR 15575

Esta norma se divide em seis partes:

Parte 1 – Requisitos gerais

Parte 2 – Requisitos para os sistemas estruturais

Parte 3 – Requisitos para os sistemas e pisos

Parte 4 – Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas

Parte 5 – Requisitos para os sistemas de coberturas

Parte 6 – Requisitos para os sistemas hidrossanitários

As exigências de desempenho foram organizadas conforme os elementos da construção, como mostra a Figura 50.

³⁰ Silva Junior (2016) concluiu que cerca de um terço dos requisitos da NBR 15575 está nesta situação.

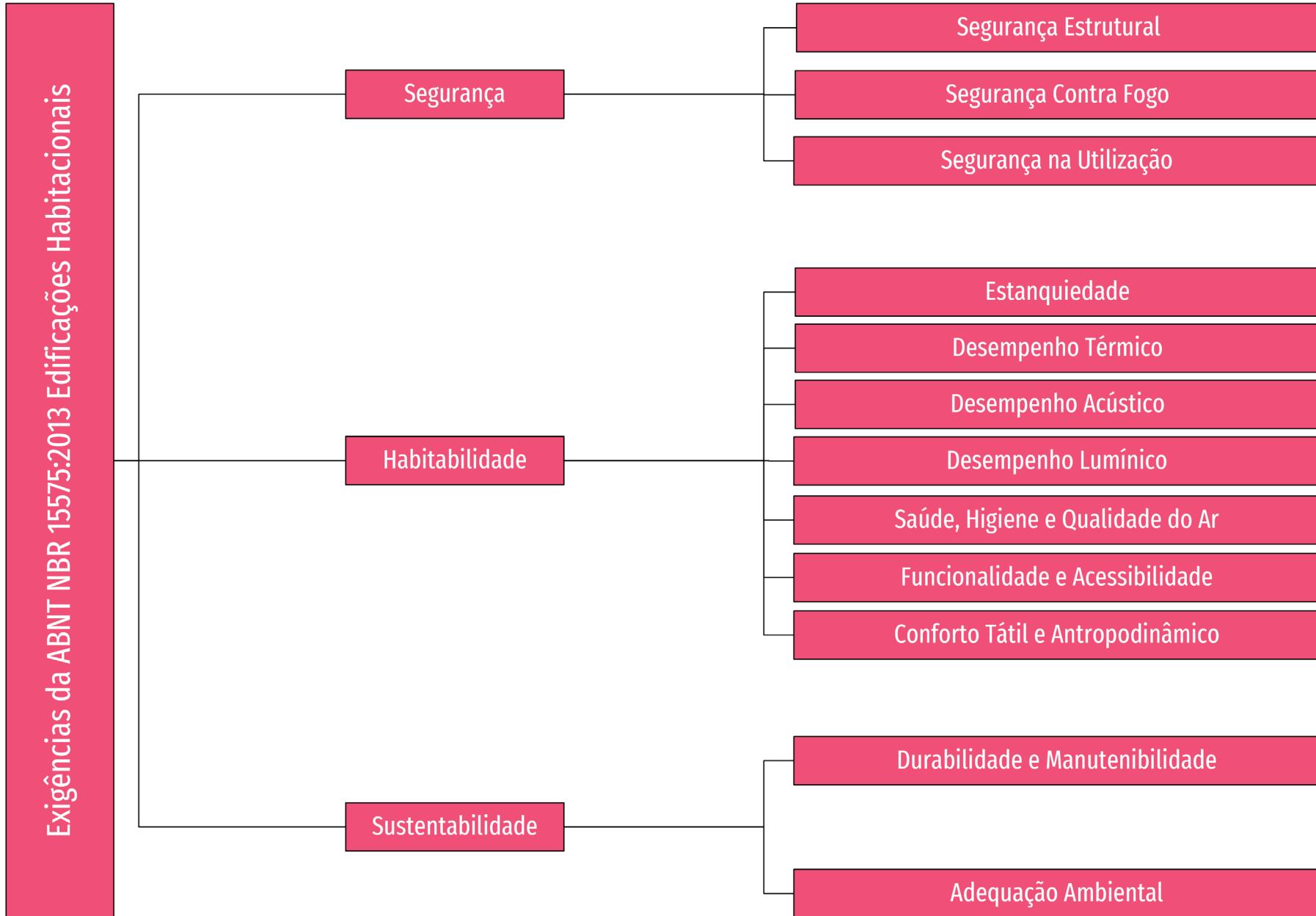


Figura 50: Exigências da ABNT NBR 15575:2013 Edificações Habitacionais – Desempenho. Fonte: Silva Júnior (2016), opus cit.

O GUIA ASBEA³¹ apresenta uma análise apurada de cada exigência com relação ao conteúdo do projeto e indica as ações recomendadas a cada uma delas, a cada etapa de projeto.

Podemos verificar que, com exceção de Desempenho Térmico, Acústico e Lumínico, todas as demais exigências se referem à demanda de laudos de desempenho em ensaios de elementos, sistemas ou componentes, ou ao atendimento a normas de projeto de estruturas. Ou seja, não são passíveis de uma análise por meio de aplicativos BIM, uma vez que têm caráter documental. O que deve ser feito nestes casos é a inserção de *links* para estes laudos nos respectivos elementos e componentes BIM inseridos nos modelos, de modo a facilitar a rastreabilidade da documentação.

Silva Junior (2016) demonstra esta sugestão, como mostra a Figura 51.

Figura 50: Inserção de referência a laudo. Fonte: Adaptado de Silva Junior, opus cit.

Já para a análise de Desempenho Térmico, Acústico e Lumínico, a grande dificuldade é, como nos referimos acima, a falta de dados dos componentes BIM nacionais. Além disso, os aplicativos para simulações acústicas são de custo muito elevado³², o que dificulta o acesso aos projetistas em geral, além do fato de serem de operação complexa. Finalmente, a análise acústica disponível nestes aplicativos é voltada ao desempenho dos compartimentos, como salas de escritório e auditórios, não sendo possível identificar aplicativos BIM com capacidade de simular a transmissão acústica entre diferentes pavimentos³³.

As ferramentas para análise lumínica, ao contrário, já vêm incluídas na maior parte dos aplicativos de projeto, mas dependem que as luminárias tenham os dados de desempenho inseridos. Alguns fornecedores nacionais já dispõem destes dados em seus manuais, mas ainda não existem os respectivos componentes BIM. Desse modo, é possível desenvolver as simulações com luminárias de modelos importados ou inserindo os parâmetros manualmente em componentes genéricos que façam parte da ferramenta de modelagem.

31 Guia para Arquitetos na aplicação da Norma de Desempenho ABNT 15575, 2015, Disponível em <http://www.asbea.org.br/manuais>, acesso em 06/06/2017

32 Por exemplo, o Odeon (<http://www.odeon.dk>) tem preço de lista no exterior em torno de €17.000,00, fora o custo anual de €2.000,00. Existe ainda um aplicativo *open source*, o Pachyderm Acoustic, um plugin para o RHINOCEROS e para o GRASSHOPPER, disponível em <https://github.com/PachydermAcoustic> (acesso em 08/05/2017), mas sobre o qual não foi possível obter maiores dados de usabilidade.

33 Identificamos pesquisas em andamento, como a da Technische Universität München, ver <https://www.cie.bgu.tum.de/en/research/projekte/simulation-in-applied-mechanics/17-forschung/projekte/218-bim-coupled-vibroacoustic-simulation>, acesso em 08/05/2017

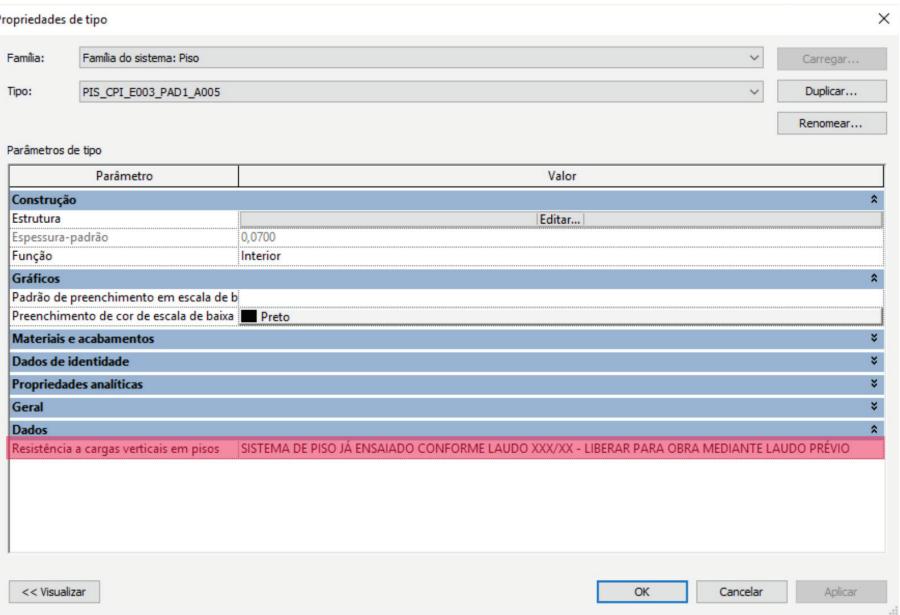
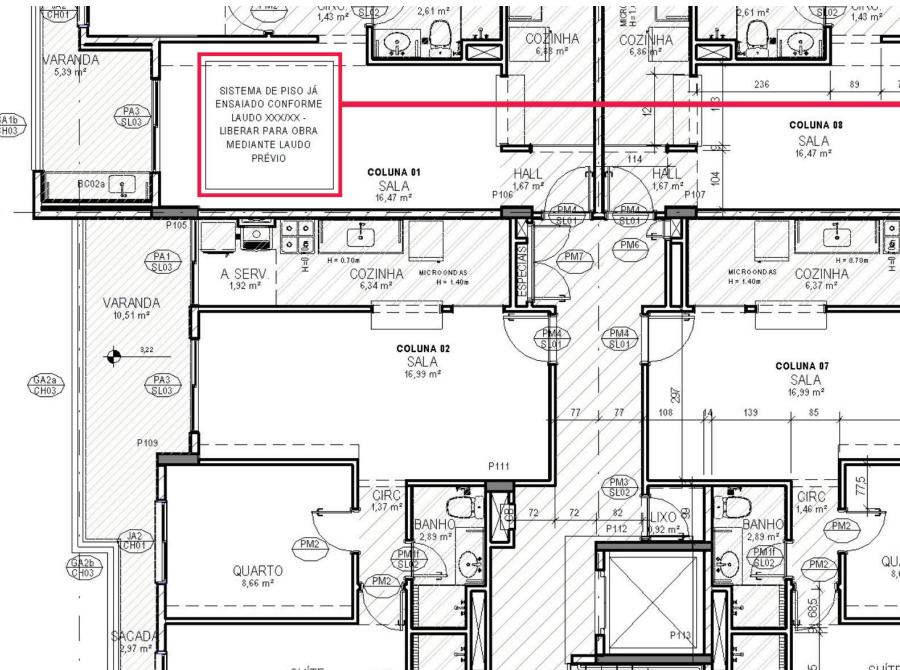


Figura 51: Inserção de referência a laudo – conforme Silva Junior, opus cit.

8.2 PROCEDIMENTOS PASSÍVEIS DE INCLUSÃO NO PROCESSO DE PROJETO BIM

A tabela “Requisitos gerais NBR 15575 Guia 1”, incluída no Anexo I da coletânea, apresenta a listagem de requisitos, seus critérios, métodos de avaliação e premissas de projeto, bem como o procedimento recomendado para sua consideração no processo de projeto BIM, na coluna “Ação BIM”.

8.3 ATENDIMENTO À ABNT NBR 9050

A Norma ABNT NBR 9050:2015 – Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos traz uma série de recomendações para a adequação das construções e mobiliários à circulação de pessoas com necessidades especiais, com problemas de visão, audição ou que usem cadeira de rodas.

As recomendações abrangem condições de pisos, revestimentos, circulações,

desníveis e outras específicas de componentes, tais como guarda-corpo e piso podotátil. Podemos agrupá-las em três tipos de requisitos:

8.3.1 REQUISITOS DE GEOMETRIA DA SOLUÇÃO ARQUITETÔNICA

Incluem largura e inclinação máxima de pisos, áreas de transferência, de aproximação e refúgio, entre outros. São condições que podem ser verificadas através de aplicativos de verificação de modelos BIM (*Model Checker*).

Este aplicativo permite estabelecer regras para espaços ou elementos, tais como largura mínima, inclinação, etc. Deste modo, é possível construir um conjunto de regras que reflitam todas as principais exigências para a NBR.

Parte destas regras já faz parte do conjunto nativo de regras fornecido pelo *Solibri Model Checker*³⁴, como vemos na Figura 52.

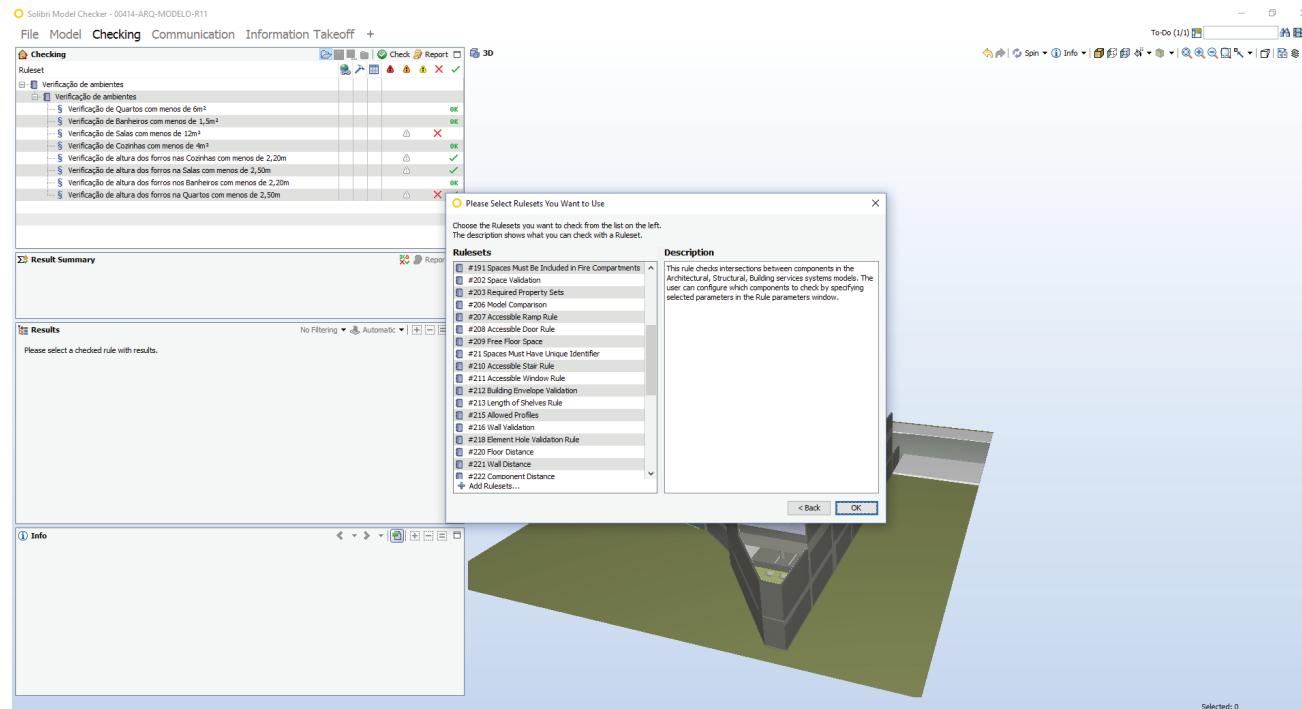


Figura 52: Tela de regras de aplicativo tipo model checker. Fonte: GDP.

34 No momento este é o único aplicativo no mercado que oferece estes recursos.

A verificação de geometria também pode incluir se as alturas de guarda-corpo ou outras proteções laterais estão adequadas, assim como se os desníveis entre pisos estão adequados, como exemplifica a Figura 53.

A Fundação Catarinense de Educação Especial (<http://www.fcee.sc.gov.br/>) está desenvolvendo um conjunto completo de regras de verificação destes requisitos para uso no SOLIBRI, que deve ser disponibilizado em breve.

8.3.2 REQUISITOS DE ELEMENTOS

Neste conjunto estão a existência de determinados elementos – barras antipânico, assentos especiais etc. Esta verificação pode ser manual, pela extração de uma listagem de elementos e checagem se eles foram incluídos no projeto, o que pode ser feito em qualquer aplicativo de projeto.

Alternativamente, um aplicativo *Model Checker* também pode verificar de modo automático a existência destes elementos no projeto, lembrando que para isto eles devem estar adequadamente classificados e identificados nos padrões IFC.

Neste mesmo aplicativo podem ser verificados outros requisitos de desempenhos de piso, tais como o escorregamento, através da informação do coeficiente de atrito dinâmico que deve atender à ABNT NBR 13818 Placas cerâmicas para revestimento – Especificação e métodos de ensaios/Anexo N.

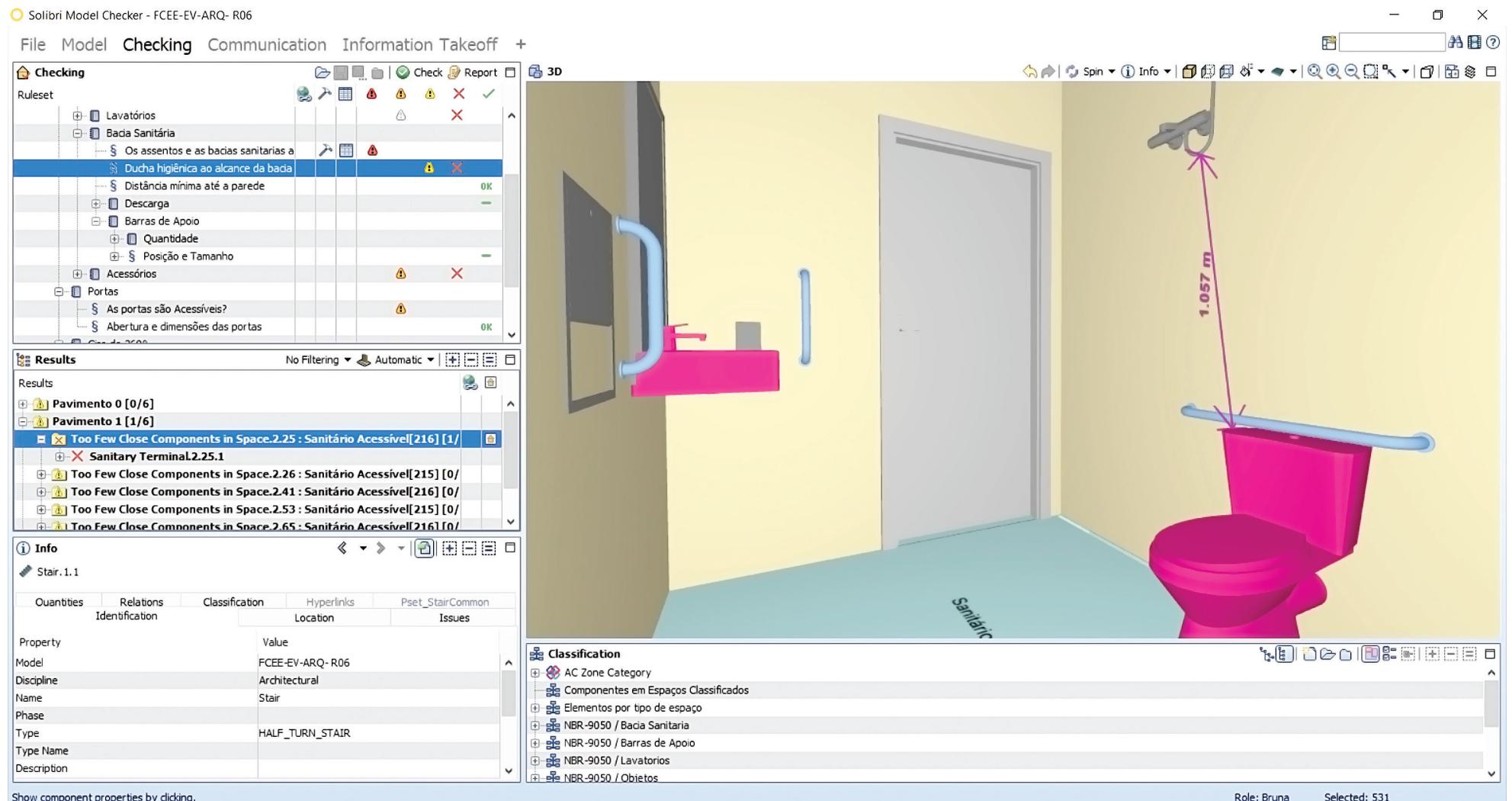


Figura 53: Exemplo de verificação de altura de ducha (cortesia de Cad Technology).

9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **Construção de edificação:** organização de informação da construção Parte 2 – Estrutura para classificação de informação. ABNT NBR ISO 12006-2, 2010.

BIM FORUM. **Level Of Development Specification for Building Information Modelling.** 2016. Disponível em www.bimforum.org/lod.

BRITISH STANDARDS INSTITUTION – BSI. **Building information models:** Information delivery manual - Part 1: Methodology and format. BS ISO 29481-1, 2010.

BUILDINGSMART. **International home of OpenBIM.** Disponível em <http://buildingsmart.org/>. Acesso em 06/12/2016.

EASTMAN, C. M. et al. **BIM Handbook:** a Guide to Building Information Modelling for owners, managers, designers, engineers and contractors. 1ed. Hoboken, New Jersey: John Wiley, 2008. p. 11-12.

FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO – FIESP. **Observatório da Construção.** São Paulo, 2014.

FISCHER, M.; KUNZ, J. **The Scope and Role of Information Technology in Construction.** Relatório Técnico nº 156 do **Center for Integrated Facility Engineering** da Universidade de Stanford, Califórnia, 2004. Disponível em <http://cife.stanford.edu/sites/default/files/TR156.pdf>. Acesso em nov/2015.

MANZIONE, L. **Proposição de uma estrutura conceitual de gestão do processo de projeto colaborativo com o uso do BIM.** 2013. Tese (Doutorado em Engenharia de Construção Civil e Urbana) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.

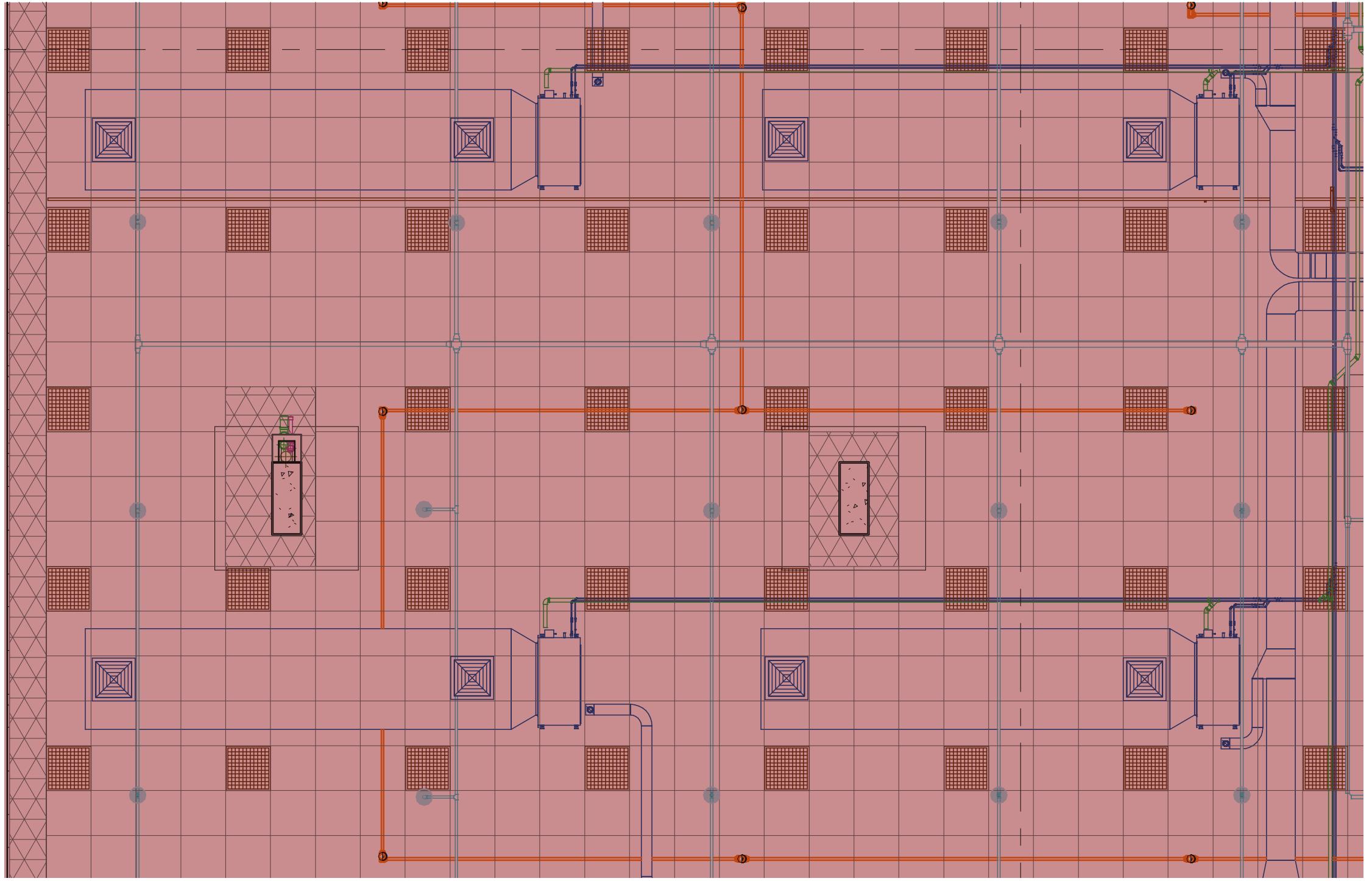
NAKANISHI, T. M. **Arquitetura e domínio técnico:** a prática de Marcos Akayaba. 2007. 179f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Paulo.

PAULSON, B. C. **“Designing to Reduce Construction Costs.”** Journal of the Construction Division. New York: ASCE Library, 1976. p. 587-592.

PENNSYLVANIA, STATE UNIVERSITY. **BIM - Project Execution Planning Guide version 2.0:** The Computer Integrated Construction Research Program. Pennsylvania: 2010.

RIBA. **RIBA Plan of Work.** 2013. Disponível em <https://www.ribaplanofwork.com/>.

SILVA JÚNIOR, M. A. **Parâmetros de desempenho incorporados em projetos de arquitetura com o uso de aplicativo de modelagem BIM.** 2016. 130f. Dissertação (Mestrado profissional em Habitação) – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, São Paulo.



GUIA 1

Processo de projeto BIM

Apresenta os principais conceitos e o processo do BIM, abrangendo o processo do projeto BIM, seus fluxos e usos da concepção até o pós-obra; a modelagem dos componentes BIM e suas especificidades; a relação do BIM com as diversas áreas da indústria da construção – da fabricação de componentes e coordenação modular, do relacionamento do BIM com a nova norma de desempenho e com as normas ISO, e a comunicação e coordenação de projetos BIM.

01

