



**UTILIZAÇÃO DE BUILDING INFORMATION
MODELLING NA GESTÃO DE OBRAS DE
REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS: CASOS DE ESTUDO**

Rodrigo Augusto Gonçalves Pinto

Relatório final de projeto apresentado à

Escola Superior de Tecnologia e Gestão

Instituto Politécnico de Bragança

Para obtenção do grau de Mestre em Engenharia da Construção

Engenharia da Construção

Novembro 2019

Esta página foi intencionalmente deixada em branco



**UTILIZAÇÃO DE BUILDING INFORMATION
MODELLING NA GESTÃO DE OBRAS DE
REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS: CASOS DE ESTUDO**

Rodrigo Augusto Gonçalves Pinto

Relatório Final Apresentado a

Escola Superior de Tecnologia e Gestão

Instituto Politécnico de Bragança

Ao Cumprimento dos Requisitos para o Mestrado em Engenharia da
Construção

Engenharia da Construção

Orientador no IPB: Prof. Doutor Rui Alexandre Figueiredo Oliveira

Coorientador na UTFPR: Prof. Mestre Carlos Alberto Costa

Novembro 2019

Esta página foi intencionalmente deixada em branco

AGRADECIMENTOS

Aos meus orientadores, amigos, família e às instituições UTFPR e IPB.

Esta página foi intencionalmente deixada em branco

ABSTRACT

The retrofitting works of buildings are a different practice of the new construction works, involving the previous characterization of the existing elements and their conservation conditions. All existing data collection, project analysis and project management might be in a dimension where non-digital handling is a difficulty factor for the project. That could contribute losing important data related to technical support and for stakeholder's decision. The Building Information Modelling (BIM) technologies are known to be an excellent choice handling information for new projects. However, its usage and potential in retrofitting works may remain unknown or not utilized for several reasons.

The main goal of this research is to determine, using SWOT analysis tool, in the various phases of building retrofitting projects, the potential of BIM. In addition, it is expected to determine whether this technology is a feasible solution for these cases and what are the constraints involved. Through data collection in design phase and interviews after the research and BIM analysis, were used in three different design retrofitting works. At the same time of the BIM analysis, SWOT methodology was applied aiming to understand the reasoning, constraints and also to identify opportunities.

The BIM methodology was applied to three design projects studied in 3D and 4D spheres. The 3D analysis aimed to detect incompatibilities among the various disciplines of the projects and information related to the existing elements. The 4D analysis consisted in associating all the building elements with the construction scheduling plan in order to analyse the activities sequencing behaviour.

The use of BIM has shown in the case studies that it is possible to determine the largest number of failures and errors in the project phase, eliminating them as they are in the project phase, or translating into better project management in terms of time, resource management, labor and quality enhancement.

Keywords: SWOT; BIM; Building Information Modeling; building rehabilitation; construction management;

Esta página foi intencionalmente deixada em branco

RESUMO

A reabilitação de edifícios é uma prática diferente de novas obras, envolvendo a caracterização prévia dos elementos existentes e do seu estado das condições de conservação. Toda a recolha de dados existente, a análise de projetos e o gerenciamento de projetos podem estar em uma dimensão em que o manuseio não digital é um fator de dificuldade para o projeto como um todo. Isso pode contribuir para a perda de dados importantes relacionados com aspectos técnicos e com a gestão de decisões das partes interessadas. As tecnologias Building Information Modeling (BIM) são conhecidas por serem uma excelente opção para lidar com informações de novos projetos. No entanto, seu uso e potencial em trabalhos de reabilitação, em geral, permanecem desconhecidos ou não utilizados por várias razões.

O principal objetivo desta pesquisa é determinar, usando a ferramenta de análise SWOT, as várias fases dos projetos de reabilitação de edifícios conectados ao potencial do BIM. Além disso, espera-se determinar se essa tecnologia é uma solução viável para esses casos e quais são as restrições envolvidas. Por meio de recolha de dados em fase de projeto e entrevistas após a pesquisa e análise BIM, foram efetuados três casos de estudo. Paralelamente à análise do BIM, a metodologia SWOT foi aplicada com o objetivo de entender as vantagens, restrições e também identificar as oportunidades.

A metodologia BIM foi aplicada aos projetos estudados nas dimensões 3D e 4D. A análise 3D teve como objetivo detectar incompatibilidades entre as diversas disciplinas dos projetos e informações relacionadas aos elementos existentes. Já a análise 4D consistiu em associar todos os elementos construtivos de acordo com o plano de trabalhos e analisar o comportamento de sequenciamento da construção.

A utilização de BIM veio demonstrar nos casos de estudo aplicados, que é possível determinar maior número de falhas e de erros em fase de projecto, eliminando as mesmas da fase de obra, o que se traduz numa melhor gestão da obra, em termos de prazos, gestão de recursos, de mão de obra e aumento da qualidade.

Palavras-chave: *SWOT*; *BIM*; *Building Information Modelling*; reabilitação de edifícios; gestão de obras;

Esta página foi intencionalmente deixada em branco

ÍNDICE

LISTA DE ABREVIATURAS.....	XIX
1 INTRODUÇÃO	1
1.1 Breve introdução	1
1.2 Objetivos.....	3
1.3 Metodologia.....	3
1.4 Estrutura do trabalho	4
2 REVISÃO TEÓRICA	6
2.1 Gestão de projetos	6
2.1.1 <i>Conceitos.....</i>	6
2.1.2 <i>Ciclo de vida de empreendimentos.....</i>	7
2.1.3 <i>Gestão de empreendimentos</i>	7
2.1.4 <i>Processos e áreas do conhecimento em gestão de empreendimentos</i>	9
2.1.5 <i>Gestão de projetos de construção</i>	10
2.2 Reabilitação de Edifícios	12
2.2.1 <i>Conceito</i>	12
2.2.2 <i>Constrangimentos</i>	14
2.2.3 <i>Enquadramento legal em Portugal.....</i>	16
2.3 BIM	18
2.3.1 <i>Conceito e aplicação.....</i>	18
2.3.2 <i>Dimensões</i>	21
2.3.3 <i>Nível de desenvolvimento (LOD)</i>	23
2.3.4 <i>Interoperabilidade</i>	25
2.3.5 <i>BIM no apoio à gestão de projetos</i>	26
3 TRABALHO DESENVOLVIDO.....	30
3.1 Introdução e conceitos.....	30
3.2 Caso de estudo.....	31

3.3	Metodologia adotada	32
3.4	Utilização de BIM no contexto da metodologia	35
3.4.1	<i>Modelação 3D</i>	35
3.4.1.1	Vinculação de modelo base	36
3.4.1.2	Extração de plantas, corte e detalhes	36
3.4.1.3	Determinação do Níveis	37
3.4.1.4	Posicionamento de Plantas	38
3.4.1.5	Determinação de Eixos.....	39
3.4.1.6	Posicionamento e criação de cortes	39
3.4.1.7	Informação não gráfica	39
3.4.1.8	Criação de tipos e famílias.....	40
3.4.1.9	Modelação	41
3.4.1.10	Discussões	41
3.4.1.11	Revisão e Exportação	42
3.4.2	<i>Análise de interferências</i>	42
3.4.3	<i>Modelação 4D</i>	44
3.5	Entrevistas	47
3.6	Análise SWOT	49
3.6.1	<i>Conceito</i>	49
3.6.2	<i>Aplicação da análise SWOT</i>	49
4	CASOS DE ESTUDO	51
4.1	Breve introdução	51
4.2	Caso de estudo 1.....	52
4.2.1	<i>Descrição</i>	52
4.2.2	<i>Documentação disponível</i>	53
4.2.3	<i>Modelação 3D</i>	54
4.2.3.1	Modelo Existente	54
4.2.3.2	Modelo Estrutural	54
4.2.3.3	Modelo Arquitetônico.....	55
4.2.3.4	Modelo Hidráulico.....	56
4.2.3.5	Modelo Instalações de Gás	57
4.2.4	<i>Modelação 4D</i>	58
4.2.5	<i>Principais resultados do Caso de Estudo 1</i>	59
4.2.5.1	Resultado das discussões	59
4.2.5.2	Resultado das interferências	61

4.2.5.3	Resultado da entrevista.....	64
4.2.6	Conclusão do caso de estudo 1	64
4.3	Caso de estudo 2.....	66
4.3.1	Descrição	66
4.3.2	Documentação disponível.....	67
4.3.3	Modelação 3D.....	68
4.3.3.1	Modelo Existente.....	68
4.3.3.2	Modelo Estrutural.....	68
4.3.3.3	Modelo Arquitetônico.....	69
4.3.3.4	Modelo Telecomunicações.....	70
4.3.3.5	Modelo Hidráulico e Pluvial.....	71
4.3.3.6	Modelo Esgoto.....	72
4.3.4	Modelação 4D.....	73
4.3.5	Principais resultados do Caso de Estudo 2.....	74
4.3.5.1	Resultado das discussões	74
4.3.5.2	Resultado das interferências	76
4.3.5.3	Resultado da entrevista.....	79
4.3.6	Conclusão do caso de estudo 2	80
4.4	Caso de estudo 3.....	81
4.4.1	Descrição	81
4.4.2	Documentação disponível.....	82
4.4.3	Modelação 3D.....	83
4.4.3.1	Modelo Estrutural.....	83
4.4.3.2	Modelo Arquitetônico.....	84
4.4.3.3	Modelo Instalações de Gás.....	85
4.4.3.4	Modelo Hidráulico.....	85
4.4.4	Modelação 4D.....	86
4.4.5	Principais resultados do Caso de Estudo 3.....	86
4.4.5.1	Resultado das discussões	86
4.4.5.2	Resultado das interferências	90
4.4.5.3	Resultado da entrevista.....	92
4.4.6	Conclusão do caso de estudo 3	93
4.5	Análise comparativa dos resultados.....	93
4.6	Conclusões do capítulo	96
5	CONCLUSÕES.....	96

5.1	Conclusões	96
5.2	Trabalhos futuros	98
5.3	Limitações do trabalho.....	98
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	101
	ANEXO A – Documentos caso de estudo 1	105
	ANEXO B – Documentos caso de estudo 2.....	114
	ANEXO C – Documentos caso de estudo 3	122

Esta página foi intencionalmente deixada em branco

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Número e percentagem de edifícios por época de construção	1
Figura 2 - Interação entre efeito, custo e esforço nas fases do ciclo de vida.....	8
Figura 3 - Nível de desempenho de edificação em função do tempo	13
Figura 4 - Exemplo de objeto parametrizado	20
Figura 5 - Possíveis caminhos de criação BIM	21
Figura 6 - Diferentes LODs para uma viga em T	24
Figura 7 - BIM x PMBOK.....	27
Figura 8 - Interferência entre o projeto estrutural e hidráulico.....	28
Figura 9 - Processo de investigação seguido no trabalho	34
Figura 10 - Ficheiro CAD de projeto completo.....	36
Figura 11 - Ficheiro CAD de planta isolada.....	37
Figura 12 - Níveis, eixos e cortes criados no Revit	37
Figura 13 - Corte em CAD	38
Figura 14 - Plantas alinhadas em Revit por diferentes níveis.....	38
Figura 15 - Cortes posicionados em Revit.....	39
Figura 16 - Trecho da memória descritiva e justificativa	40
Figura 17 - Criação de tipo e família no Revit	40
Figura 18 - Modelo criado em Revit.....	41
Figura 19 - Exemplo de discussão no CGEP	42
Figura 20 - Exemplo de interferência no Navisworks Manage	44
Figura 21 - Cronograma recebido em Excel.....	45
Figura 22 - Cronograma convertido para Microsoft Project.....	45
Figura 23 - Cronograma inserido no Navisworks.....	46
Figura 24 - Associação do cronogram a itens do modelo no Navisworks.....	46

Figura 25 - Exemplo de simulação 4D	47
Figura 26 - Matriz SWOT.....	50
Figura 27 - Caso de estudo 1 - Vista Panorâmica.....	52
Figura 28 - Caso de estudo 1 - Vista Lateral	53
Figura 29 - Caso de estudo 1 - Vista Frontal	53
Figura 30 - Caso de estudo 1 - Vista Aérea	53
Figura 31 - Caso de estudo 1 – Modelo Existente	54
Figura 32 - Caso de estudo 1 – Modelo Estrutural	55
Figura 33 - Caso de estudo 1 – Modelo Arquitetônico.....	56
Figura 34 - Caso de estudo 1 – Modelo Hidráulico.....	57
Figura 35 - Caso de estudo 1 – Modelo Instalações de Gás	58
Figura 36 - Caso de estudo 1 – Simulação 4D.....	59
Figura 37 - Caso de estudo 1 – Gráfico de Discussões.....	59
Figura 38 - Caso de estudo 1 – Disucussão D4	60
Figura 39 - Caso de estudo 1 – Disucussão D13	60
Figura 40 - Caso de estudo 1 – Disucussão D17	61
Figura 41 - Caso de estudo 1 – Disucussão D15	61
Figura 42 - Caso de estudo 1 – Interferência I7.....	62
Figura 43 - Caso de estudo 1 – Interferência I14.....	63
Figura 44 - Caso de estudo 1 – Interferência I16.....	63
Figura 45 - Caso de estudo 1 – Interferência I23.....	63
Figura 46 - Caso de estudo 2 - Vista Panorâmica.....	66
Figura 47 - Caso de estudo 2 - Vista Lateral	66
Figura 48 - Caso de estudo 2 - Vista Frontal	66
Figura 49 - Caso de estudo 2 - Vista Aérea	66
Figura 50 - Caso de estudo 2 – Modelo Existente	68

Figura 51 - Caso de estudo 2 – Modelo Estrutural	69
Figura 52 - Caso de estudo 2 – Modelo Arquitetônico.....	70
Figura 53 - Caso de estudo 2 – Modelo Telecomunicações	71
Figura 54 - Caso de estudo 2 – Modelo Hidráulico e Pluvial.....	72
Figura 55 - Caso de estudo 2 – Modelo Esgoto	73
Figura 56 - Caso de estudo 2 – Simulação 4D.....	74
Figura 57 - Caso de estudo 1 – Gráfico de Discussões.....	74
Figura 58 - Caso de estudo 2 – Disucussão D23	75
Figura 59 - Caso de estudo 2 – Disucussão D29	75
Figura 60 - Caso de estudo 2 – Disucussão D25	76
Figura 61 - Caso de estudo 2 – Disucussão D40	76
Figura 62 - Caso de estudo 2 – Interferência I26.....	77
Figura 63 - Caso de estudo 2 – Interferência I31	78
Figura 64 - Caso de estudo 2 – Interferência I34.....	78
Figura 65 - Caso de estudo 2 – Interferência I38.....	79
Figura 66 - Caso de estudo 3 - Vista Panorâmica.....	81
Figura 67 - Caso de estudo 3 - Vista Lateral	81
Figura 68 - Caso de estudo 3 - Vista Frontal	81
Figura 69 - Caso de estudo 3 - Vista Aérea	81
Figura 70 - Caso de estudo 3 – Modelo Estrutural	83
Figura 71 - Caso de estudo 3 – Modelo Arquitetônico.....	84
Figura 72 - Caso de estudo 3 – Modelo Gás.....	85
Figura 73 - Caso de estudo 3 – Modelo Hidráulico.....	86
Figura 74 - Caso de estudo 3 – Gráfico de Discussões.....	87
Figura 75 - Caso de estudo 3 – Disucussão D48	87
Figura 76 - Caso de estudo 3 – Disucussão D50	88

Figura 77 - Caso de estudo 3 – Disucussão D51	89
Figura 78 - Caso de estudo 3 – Disucussão D52	89
Figura 79 - Caso de estudo 3 – Interferência I42.....	90
Figura 80 - Caso de estudo 3 – Interferência I45.....	91
Figura 81 - Caso de estudo 3 – Interferência I46.....	91
Figura 82 - Caso de estudo 3 – Interferência I48.....	92
Figura 83 – Distribuição das discussões por caso de estudo	95
Figura 84 – Matriz SWOT compilada	95

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Evolução da representação gráfica de projetos de construção	10
Tabela 2 – Enquadramento legal da reabilitação em Portugal.....	17
Tabela 3 – Principais funcionalidades de BIM aplicadas ou desenvolvidas	22
Tabela 4 – Abordagens e variáveis de metodologia de pesquisa.....	30
Tabela 5 – Plano de entrevista previsto	48
Tabela 6 – Documentação do Caso de Estudo 1.....	53
Tabela 7 – Caso de estudo 1 – Distribuição de Interferências.....	62
Tabela 8 – Documentação do Caso de Estudo 2.....	67
Tabela 9 – Caso de estudo 2 – Distribuição de Interferências.....	77
Tabela 10 – Documentação do Caso de Estudo 3.....	82
Tabela 11 – Caso de estudo 3 – Distribuição de Interferências.....	90
Tabela 12 – Análise comparativa da distribuição de interferências	94

LISTA DE ABREVIATURAS

BIM: *Building Information Modelling*

SWOT: *Strengths, Weaknesses, Opportunities, and Threats*

LOD: *Level of Detailment*

WBS: *Work Breakdown Structure*

AEC: *Arquitetura Engenharia e Construção*

AIA: *American Architect Institute*

IFC: *Industry Foundation Class*

IPD: *Integrated Project Delivery*

PMBOK: *Project Management Body of Knowledge*

PM: *Project manager*

CV: *Ciclo de Vida*

RGEU: *Regulamento Geral das Edificações*

RECRRIA: *Regime Especial de Comparticipação na Recuperação de Imóveis Arrendados*

ACRRU: *Áreas Críticas de Recuperação e Reconversão Urbanística*

AUGI: *Áreas Urbanas de Génese Ilegal*

RJUE: *Regime Jurídico da Urbanização e Edificação*

RERU: *Regime Excepcional a aplicar à Reabilitação Urbana*

ITED: *Infraestruturas de telecomunicações em edifícios*

LEED: *Leadership in Energy and Environmental Design*

BREEAM: *Building Research Establishment Environmental Assessment Method*

Esta página foi intencionalmente deixada em branco

1 INTRODUÇÃO

1.1 Breve introdução

A habitação tem um papel central na definição e na implementação de políticas sociais e é fator determinante da qualidade de vida dos cidadãos. É, também, um elemento essencial da ocupação do território e do desenvolvimento dos aglomerados populacionais. Uma parte do parque habitacional português apresenta um estado de conservação que impõe a realização de intervenções de reabilitação [1].

Na figura 1 é apresentado o número e percentagem de edifícios por época de construção, segundo dados do Censos de 2011. Aproximadamente 70% do parque habitacional nacional já existente em 2011 tem hoje mais de 30 anos. Nesse período, a reabilitação do edificado existente em Portugal representava apenas cerca de 6,5 % do total da atividade do setor da construção, consideravelmente distante da média europeia, que estava por volta dos 37 %. Adicionalmente, existiam cerca de dois milhões de fogos a necessitar de recuperação, o que representava cerca de 34% do parque habitacional nacional [2].

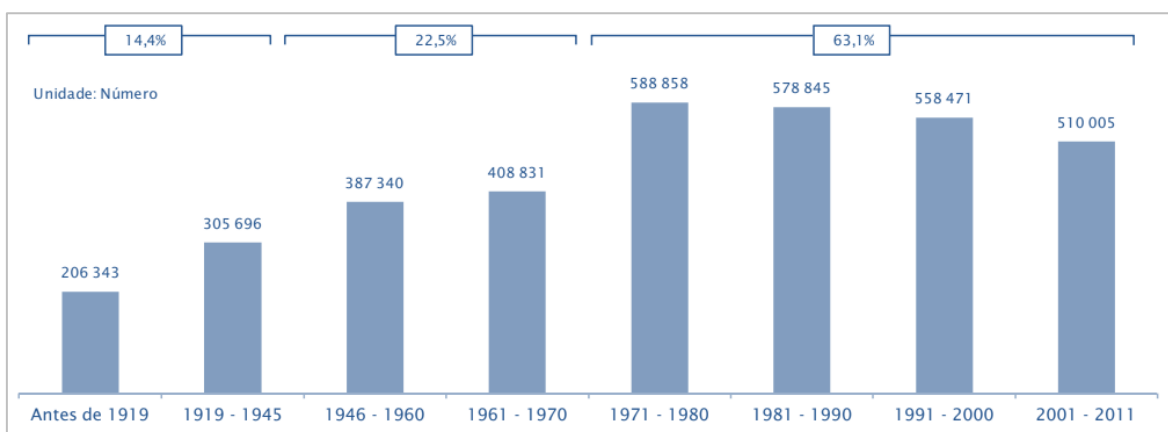


Figura 1 - Número e percentagem de edifícios por época de construção [1]

Com o objetivo de implementar e incentivar a reabilitação de edifícios dos centros urbanos e núcleos históricos, o Estado e municípios portugueses têm continuamente se esforçado na criação de leis e de incentivos. São diversas as razões que geram a preocupação com o estado de conservação, revalorização ou regeneração do património edificado. A motivação pode estar relacionada com questões sociais locais que envolvam a

disponibilidade habitacional, questões de ordem econômica relacionadas com o turismo e projeção internacional das cidades, questões ambientais geradas pelos desafios do desenvolvimento urbano sustentável, e fazem com que o tema da reabilitação urbana seja algo estratégico para o Estado, empreendedores e investidores.

Muitos instrumentos legais e políticos das matérias que, direta e indiretamente, são relacionadas com a reabilitação urbana têm sido aperfeiçoados com o passar dos anos. Esses instrumentos tem por finalidade implementar e definir regras, princípios e estratégias para reabilitação urbana, assim como determinar obrigatoriedades e criação de incentivos.

Particularmente nos últimos anos, possivelmente incentivado pelo cenário de crise econômica mundial, a reabilitação urbana tem recebido uma maior atenção, quer de entidades públicas como de particulares. A entrada em vigor de legislação, que serão discutidos na seção 2.2.3, deram à reabilitação urbana uma nova dinâmica. Numa perspectiva legal, as referidas alterações criam um sistema de regras e procedimentos que procuram claramente incentivar, facilitar e agilizar os diferentes tipos de operações de reabilitação urbana (simples ou complexas, públicas ou particulares).

A título de exemplo, O Regime Excepcional a aplicar à Reabilitação Urbana (RERU), instituído pelo Decreto-Lei n.º 53/2014 de 8 de abril, é aplicável a edifícios ou frações, ainda que localizados fora de áreas de reabilitação urbana, cuja construção tenha sido concluída há pelo menos 30 anos e em que se justifique uma intervenção de reabilitação destinada a conferir-lhes adequadas características de desempenho e de segurança. O RERU dispensa muitas obras de reabilitação urbana do cumprimento de inúmeras normas técnicas aplicáveis à construção nova [3].

A gestão de projetos de reabilitação de edifícios apresenta dificuldades específicas quando comparados às obras novas. A execução das obras, estimativas de custo, prazos, e estudos de viabilidade podem, em alguns casos, tornar-se mais trabalhosos. A implementação de estratégias de gestão que definam e otimizem procedimentos em fase de projeto e que sirvam de apoio à tomada de decisão contribuem para auxiliar na redução de imprevistos e de incertezas frequentes em cada intervenção [4].

A reabilitação de edifícios, ao se diferenciar das obras novas, envolve a caracterização prévia dos elementos existentes e suas condições de conservação. Toda a recolha de dados existente, a análise de projetos e o gerenciamento de projetos podem estar em uma dimensão em que o manuseamento não digital é um fator de dificuldade para o

projeto. Esse fato pode contribuir para a perda de dados importantes relacionados com aspectos técnicos e à decisão das partes interessadas.

As tecnologias de Building Information Modeling (BIM) são conhecidas por serem uma excelente opção para lidar com informações de novos projetos. No entanto, seu uso e potencial em trabalhos de reabilitação em geral, permanecem desconhecidos ou pouco utilizados por várias razões.

1.2 Objetivos

A presente dissertação tem como objetivo identificar as vantagens e desvantagens do uso de BIM face a metodologias convencionais de gestão de projetos de reabilitação de edifícios. Através de casos de estudo, com entrevistas aos intervenientes que darão origem a análises SWOT, pretende-se analisar o conjunto de problemáticas e constrangimentos evidenciados pela aplicação da metodologia BIM.

Pretende-se, também, enquadrar requisitos mínimos justificáveis na utilização de BIM, ao nível de detalhamento em projetos de reabilitação e quais as limitações encontradas pelos intervenientes.

Os principais objetivos são:

- Demonstrar vantagens e desvantagens do uso de BIM face a metodologias convencionais de gestão de projetos de reabilitação de edifícios.
- Aplicar a análise SWOT através de entrevistas aos stakeholders das obras dos casos de estudo.
- Analisar o conjunto de problemáticas e constrangimentos detectáveis em projetos de reabilitação, e analisar a possível antecipação com a tecnologia BIM.
- Enquadrar requisitos mínimos justificáveis na utilização de BIM em projetos de reabilitação.

1.3 Metodologia

O presente estudo de carácter exploratório com o objetivo de identificar as relações entre as variáveis de estudo [5]. Quanto à natureza do problema, tem carácter prático, imediato

e visível. Pretende-se descobrir novos fatos que sejam capazes de resolver problemas em curto prazo de tempo [4]. O problema da pesquisa, esta é considerado qualitativo, uma vez que a análise dos resultados não está vinculada exclusivamente a parâmetros mensuráveis numericamente. Por se tratar de uma pesquisa que faz a obtenção de dados através de casos práticos, e não apenas a partir de bibliografia, essa investigação é considerada como ambiente de campo e delimitado através de casos de estudo com auxílio de pesquisa bibliográfica.

Em três casos de estudo de projetos de reabilitação de edifícios antigos, cujas duas das obras ainda não foram realizadas, utilizando o software Autodesk REVIT, fez-se a modelação em BIM 3D dos projetos disponíveis em 2D. A partir do modelo tridimensional, fez-se a compatibilização dos projetos a fim de evidenciar os problemas e constrangimentos existentes. Paralelamente, fez-se a modelação 4D, utilizando os cronogramas de atividades, com o auxílio dos softwares MSProject e Autodesk Navisworks. As modelações foram feitas a partir da metodologia adotada na empresa Campestrini Gestão de Projetos, seguindo as recomendações do fabricante dos softwares e publicações científicas [6][7][8][9].

A partir dos resultados das modelações 3D e 4D, analisaram-se detalhadamente todos os dados disponíveis e resultados obtidos. Posteriormente, elencaram-se constrangimentos e diversos problemas em cada projeto estudado, detectados logo em fase de projecto, o que evidenciaria problemas em obra. Deste modo, foram promovidas entrevistas aos *stakeholders* envolvidos, com intuito de averiguar a existência dos problemas apontados pelas análises BIM assim como perceber seus potenciais impactos. Adicionalmente, os intervenientes foram questionados quanto as vantagens, desvantagens, restrições/problemas e possibilidades da utilização de BIM em obras de reabilitação.

1.4 Estrutura do trabalho

No primeiro capítulo, denominado “Introdução”, faz-se referência aos aspectos iniciais relacionados com o estudo, nomeadamente um enquadramento contextual do tema, a problemática constatada, objetivos, e uma breve descrição da metodologia de investigação seguida no trabalho.

O segundo capítulo trata do enquadramento do estado atual do conhecimento na problemática identificada no capítulo 1. Através de revisão teórica que aborda os temas de gestão de projetos, BIM, reabilitação de edifícios e suas interações.

O terceiro capítulo descreve a metodologia seguida neste trabalho para o cumprimento dos objetivos. Nesse capítulo faz-se uma descrição do plano de investigação e a sequência de aplicação das fases de elaboração dos modelos, análises dos modelos, entrevistas e aplicação da análise SWOT. A metodologia também contempla uma descrição sucinta da utilização dos softwares e construção dos modelos. Adicionalmente faz-se um enquadramento teórico da metodologia de análise SWOT que será utilizada neste trabalho.

O quarto capítulo descreve e enquadra os três casos de estudo utilizados para esse trabalho, assim como apresenta quais disciplinas foram consideradas para as análises BIM. Neste capítulo também são apresentados os resultados, para cada um dos casos de estudo, das modelações 3D, 4D, análises de interferência, conclusões e SWOT. No final do capítulo é feita uma análise comparativa entre os casos de estudo.

O quinto capítulo é uma síntese do trabalho, descrevendo-se as principais conclusões obtidas, assim como o seu contributo para o desenvolvimento e interesse na área, bem como as sugestões e desenvolvimentos futuros.

2 REVISÃO TEÓRICA

2.1 Gestão de projetos

2.1.1 Conceitos

A definição de projeto está associada a um conjunto de atividades temporárias que visam produzir um produto, serviço ou resultados únicos. O termo temporário é utilizado pois todo o projeto diferencia-se de uma operação de rotina no sentido de possuir um início e fim definidos no tempo, e por isso, um escopo e recursos definidos. Por estar destinado a atingir um objetivo em particular, um projeto é um conjunto específico de operações, que o torna único. As atividades de um projeto podem ser realizadas individualmente ou em grupos que podem incluir nas equipes pessoas que geralmente não trabalham juntas, podendo até mesmo ser de diferentes organizações e em distintas localizações geográficas.

A exploração de petróleo em uma determinada região, a construção de um edifício ou de uma ponte, o desenvolvimento de um novo produto farmacêutico, a expansão das vendas num novo mercado geográfico – são todos exemplos de projetos. Todo o projeto, independentemente de sua natureza e área de atuação, deve ser gerido de forma especializada com foco nos prazos e orçamentos previstos, sem deixar de considerar a qualidade, resultados, aprendizados e integração necessária para as organizações envolvidas.

A Gestão de Projetos, é a aplicação de habilidades, técnicas e conhecimentos para a execução de projetos de forma efetiva e eficaz. Trata-se de uma competência estratégica para organizações, permitindo com que elas orientem os resultados dos projetos com os objetivos do negócio, aumentando seu potencial de competição nos mercados [10].

Em português, a palavra projeto pode ter mais de um significado. O conceito de projeto, normalmente, é associado à definição presente em gestão de projetos, que remete à palavra inglesa “*project*”. Já na indústria da construção essa expressão é muitas vezes utilizada para designar o estudo desenvolvido em fase de concepção que se destina à execução de uma obra, ou seja, relacionada ao conceito da palavra inglesa “*design*”. Isso significa que na indústria da construção o termo projeto remete ao instrumento de apoio à construção propriamente dita. Em outras indústrias, remete a um processo que envolve um princípio e um fim adaptado para cada situação. A palavra correta, para a indústria da construção, que está associado à palavra inglesa “*project*” é a palavra “empreendimento”.

2.1.2 Ciclo de vida de empreendimentos

O ciclo de vida de um empreendimento é representado por diversas fases que vão desde os estudos de viabilidade, planejamento, projeto (*design*) à produção, adaptação e lançamento. As fases existentes no ciclo de vida de um empreendimento são análogas às fases do ciclo de vida de um edifício no entanto, o ciclo de vida de um edifício contempla as fases referentes ao edificado em si. Nomeadamente, o ciclo de vida de um edifício pode ser representado pelas seguintes fases [11]:

- viabilidade (estudos de mercado, entre outros);
- planejamento e “*design*” (projetos e estudos);
- produção (construção, reabilitação, alteração, outra);
- adaptação e lançamento (venda, garantias, utilização, manutenção, conservação, desconstrução).

Em outras palavras, o ciclo de vida é o conjunto de todas as fases da gestão de projetos, sendo que cada fase inclui um conjunto de resultados específicos, planejados com o objetivo de permitir algum tipo de controle gerencial [12]. O ciclo de vida do projeto ajuda o gestor de projetos a identificar entraves que podem surgir durante a construção, ajustando os prazos de cada etapa para poder cumprir o que foi estabelecido inicialmente [11].

2.1.3 Gestão de empreendimentos

A gestão de empreendimentos na construção pode ser entendida como “*Project management in construction*”, sendo esta aplicada no relacionamento e gestão dos interesses envolvidos. Faz parte também desta gestão, o consumo de recursos materiais, recursos humanos, equipamentos, custos, intervenientes, qualidade, riscos, tempo, comunicações, qualidade, segurança, ambiente e financiamento [11].

A definição da gestão de empreendimentos é descrita como “*Planeamento, coordenação e controle de um projeto desde a conceção até à finalização em nome de um cliente, instruindo a identificação dos objetivos do cliente em termos de utilidade, função, qualidade, tempo e custo, estabelecendo a relação entre recursos, integrando, monitorizando e controlando os contribuintes do projeto e o seu output, avaliando e selecionando alternativas em prossecução da satisfação do cliente com o resultado do projeto*” [11].

Um empreendimento, assim como um projeto, é uma sequência pré definida de atividades interligadas, que tem como objetivo a sua conclusão atendendo aos prazos, orçamentos, qualidade e especificações. No contexto da construção, projeto, enquanto “design” é “o projeto como um produto, constituído de elementos gráficos e descritivos, ordenados e elaborados segundo uma linguagem apropriada, visando atender às necessidades da fase de execução”[13].

A indústria da construção, quando comparada às demais indústrias, apresenta fatores de complexidade elevados. As variáveis dinâmicas tornam a padronização, organização e otimização mais trabalhosas. Em outras indústrias, devido ao seu modo de produção seriado, existe um maior investimento na fase de projeto ou “design”. Os investimentos não contemplam somente a parte de recursos humanos e equipamentos mas também um esforço direcionado no planejamento das operações, eliminando erros, falhas e imprevistos. A detecção de problemas em fases posteriores à de projeto pode produzir efeitos indesejáveis, especialmente na esfera econômica, viabilidade, qualidade e refletindo-se posteriormente na imagem da empresa [10]. Na figura 2, é possível observar que o custo de mudanças no projeto cresce à medida que o tempo avança. Também aumenta, de maneira inversamente proporcional, a incapacidade de impactar o custo e o desempenho quando alterações são feitas em fases mais avançadas do ciclo de vida de um edifício.

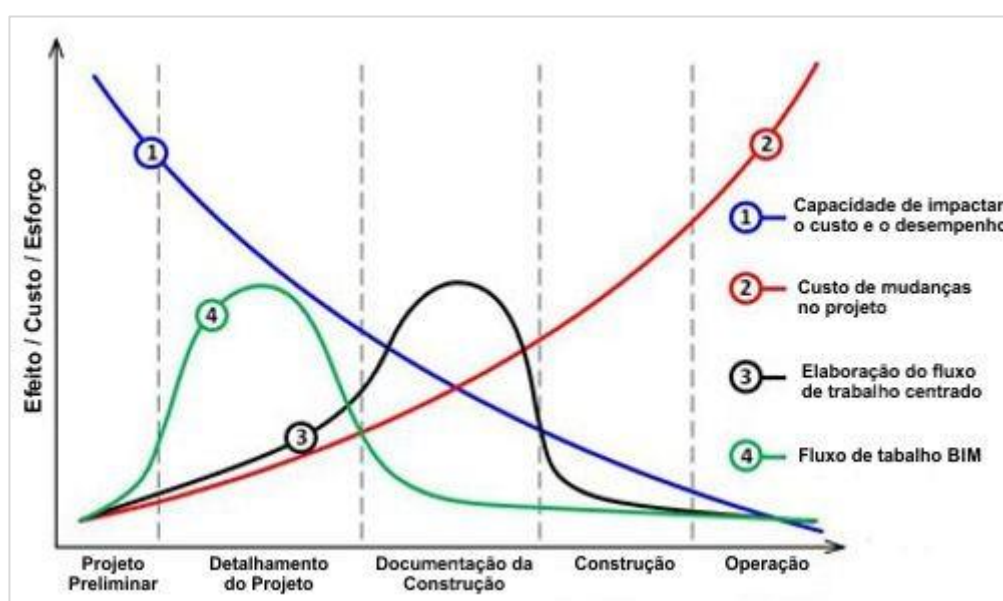


Figura 2 - Interação entre efeito, custo e esforço nas fases do ciclo de vida de um edifício [14]

Especificamente, no caso das reabilitações de edifícios, os erros e falhas são ainda mais comuns, isso deve-se em parte ao conjunto de incertezas originários de particularidades e especificidades das próprias preexistências e do seu desconhecimento, bem como do tratamento em projecto. Cada edifício existente tem características de singularidade e de unicidade, exigindo um rigoroso esforço de controlo em projeto das variáveis que influenciam o sucesso da gestão, minorando problemas e maximizando benefícios para a intervenção [4].

2.1.4 Processos e áreas do conhecimento em gestão de empreendimentos

O *Project Management Body of Knowledge* (PMBOK) é um guia do conjunto de conhecimentos em gestão de projetos. Esse guia é considerado a base do conhecimento sobre gestão de projetos por profissionais da área e contém todo o conjunto de processos, melhores práticas, terminologias e diretrizes que são aceites como padrões dentro do setor de gestão de projetos. Sua publicação é supervisionada pelo *Project Management Institute* (PMI), uma associação global sem fins lucrativos formada por profissionais chamados de *Project Manager* (PM) [15].

Segundo o PMBOK, os processos de gestão de projetos dividem-se em cinco grupos [15]:

- Início
- Planejamento
- Execução
- Monitoramento e Controle
- Fechamento

Já o conhecimento de gestão de projetos baseia-se em dez áreas distintas [15]:

- Gestão da Integração
- Gestão de Escopo
- Gestão do Tempo
- Gestão de Custos
- Gestão de Qualidade
- Gestão das Aquisições

- Gestão dos Recursos Humanos
- Gestão das Comunicações
- Gestão de Risco
- Gestão das Partes Interessadas.




A diferenciação dos grupos e áreas do conhecimento em gestão de projetos permite uma análise isolada de cada item. Esse fator facilita a tomada de decisão e plano estratégico para cada um dos aspectos citados. As tecnologias BIM, analogamente, possuem diversas funcionalidades que podem ser aplicadas às diferentes áreas e grupos de conhecimento em gestão de projetos [16].

2.1.5 Gestão de projetos de construção

A gestão de projetos de construção é considerada como o conjunto de habilidades, técnicas e de conhecimentos utilizados para o desenvolvimento e execução de projetos de construção. O projeto (*Design*), por sua vez, é um conjunto de dados estruturados e necessários para a documentação da construção de uma edificação ou instalação.

Na tabela 1 é apresentada a evolução das representações gráficas de projetos de construção ao longo do tempo, diferenciando seus potenciais em relação à documentação, modelo, colaboração e alteração.

Tabela 1 - Evolução da representação gráfica de projetos de construção – Fonte: Adaptado de [17]

Maquetes	Desenhos Técnicos	CAD	BIM
			
<ul style="list-style-type: none"> - Sem Documentação - Modelo Limitado (Disciplinas) - Colaboração Restrita - Difícil Alteração 	<ul style="list-style-type: none"> - Documentação Limitada (Dados) - Modelo Limitado (2D) - Colaboração Restrita - Difícil Alteração 	<ul style="list-style-type: none"> - Documentação Limitada (Dados) - Modelos Limitados (2D) - Colaboração Reduzida - Simples Alteração 	<ul style="list-style-type: none"> - Documentação Completa - Modelo 3D - Alta Colaboração - Simples Alteração

Inicia-se com a representação física das construções através da execução de maquetes em escala. Nesse método de trabalho a colaboração era restrita pois os técnicos, arquitetos ou engenheiros, equivalentes da época, tinham a limitação de trabalhar no mesmo local onde

as construções eram realizadas. A documentação era inexistente e, apesar de fornecer um modelo básico da edificação, essa representação apresentava limitações quanto às especialidades retratadas.

O próximo passo na evolução da representação gráfica foi a utilização de desenhos e gráficos. Inicialmente era utilizado o papel opaco como meio de armazenamento das informações. Porém, as restrições de colaboração do papel opaco demandaram o uso do papel vegetal, ou algum outro meio translúcido equivalente. Isso permitiu, através do uso de mesas de luz, que fosse realizada a identificação das interferências entre as diversas especialidades. Esse procedimento foi eficaz, mas ainda dependia muito da capacidade de visão espacial dos profissionais.

Apesar de o projeto estar documentado, o fato de estar armazenado em meio não digital tornava as alterações de projeto muito trabalhosas. Além disso, a obtenção dos dados estava sujeita a medições manuais, em presença dos documentos.

Na década de 80, surgiram softwares que permitiam realizar os desenhos e projetos com o auxílio de computadores. Então, telas, mouses e teclados substituíram as pranchetas de desenhos, e os desenhos realizados em camadas (layers), substituíram as mesas de luz. A evolução dos softwares de desenhos, alavancada pela necessidade da indústria cinematográfica, gerou os softwares de representação gráfica tridimensional, e, finalmente, na virada do ano 2000, surgiram os primeiros softwares BIM.

Antes do surgimento dos softwares de representação tridimensional, nem sempre era possível visualizar bem o que estava sendo criado e projetado. Além das dificuldades de visualização, a colaboração entre os projetistas era reduzida e os dados e informações estavam associados às representações gráficas, portanto, de difícil partilha.

Os softwares 3D possibilitaram uma visualização com grande precisão, mas, finalmente, com o BIM, pode-se dizer que, além de visualização, começou a ser possível saber também, com bom nível de exatidão, o que será obtido após a construção, em termos de desempenho da edificação como um todo, e também dos seus principais subsistemas, componentes e todos os dados relacionados. O BIM revolucionou as possibilidades de colaboração e permitiu uma elaboração de projetos completamente integrada entre as equipes envolvidas, com alto nível de documentação e partilha dos dados. [17].

Do ponto de vista da gestão, o BIM promove a interação entre intervenientes (*stakeholders*), como projetistas, empresas de construção e até mesmo pelo cliente, visando

uma antecipação de falhas, erros ou até trâmites processuais, resultando numa mudança no modelo de gestão a até mesmo na rotina de trabalho dos envolvidos. As ferramentas BIM, por exemplo, permitem a conceção arquitetónica e de engenharias (especialidades) fundindo as exigências funcionais, regulamentares e arquitetónicas [4].

Além do apoio em fase de projeto, o BIM serve também para apoio na gestão de obra, permitindo aumentar a produtividade, compatibilidade entre projetos; controlar operações de fiabilidade ao nível de previsões de stocks, de faturação, de cash-flows, melhoria de qualidade, entre outras [4].

2.2 Reabilitação de Edifícios

2.2.1 Conceito

A reabilitação de edifícios é uma operação muito específica do sector de construção, onde requer obras muito específicas num objecto, neste caso edifício, com vista à optimização do seu estado, contribuindo para aumento do seu ciclo de vida, garantindo melhores condições de segurança, qualidade, conforto e de salubridade para os seus utilizadores, aproveitando recursos existentes.

A vida útil de uma edificação pode ser definida como a expectativa de duração, dentro dos limites de projeto admissíveis, durante o seu ciclo de vida. Pode também ser entendida como “[...]o período de tempo compreendido entre o início de operação e uso de uma edificação até o momento em que o seu desempenho deixa de atender às exigências do usuário, sendo diretamente influenciada pelas atividades de manutenção e reparo e pelo ambiente de exposição.”[18].

Na figura 3 é apresentado um diagrama que relaciona o nível de desempenho de uma edificação com o tempo. Nesse diagrama é possível observar uma tendência de diminuição temporal do desempenho. À medida que o tempo passa, as edificações começam a apresentar degradações nos materiais e surgem problemas relacionados com a estética, segurança, utilização e durabilidade. Esses efeitos podem ser mitigados pelas ações de manutenção e reparação, as quais são necessárias para prolongar a vida útil e aumento do desempenho da edificação.

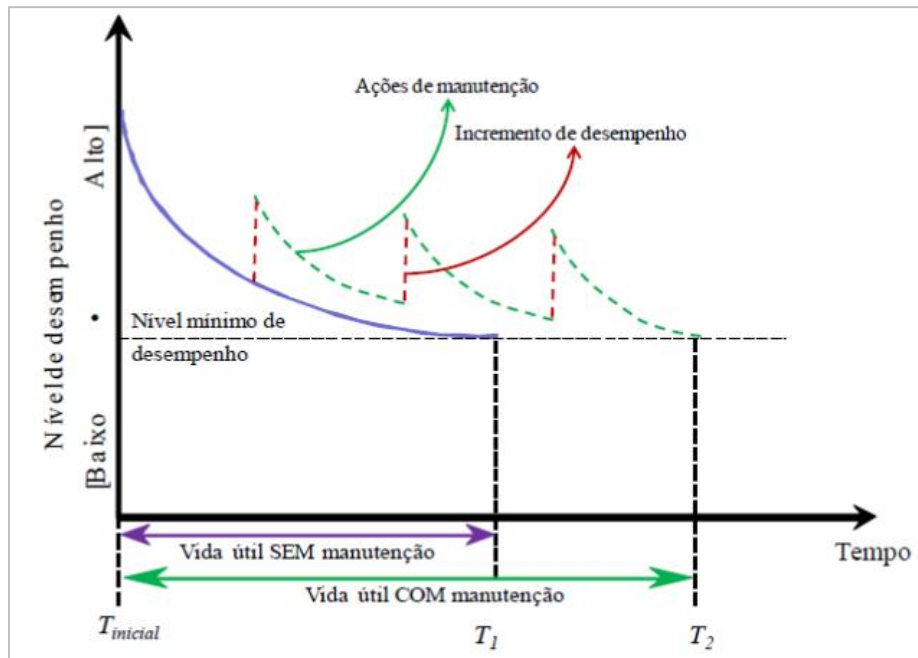


Figura 3 - Nível de desempenho de edificação em função do tempo – Fonte [18]

No entanto, mesmo seguindo-se o plano de manutenções e de reparações, uma edificação acaba por reduzir seu nível de desempenho abaixo do mínimo esperado pelo usuário. Além disso, com o surgimento de novas tecnologias, materiais e legislação, o desempenho mínimo esperado pode aumentar com o passar do tempo. As condições de uso e degradação e o aumento das expectativas fazem com que o desempenho mínimo esperado chegue a um nível que somente intervenções de reabilitação podem conferir essa qualidade às edificações existentes.

Segundo o Decreto Lei nº32/2012, reabilitação de edifícios é “[...] a forma de intervenção destinada a conferir adequadas características de desempenho e de segurança funcional, estrutural e construtiva a um ou a vários edifícios, às construções funcionalmente adjacentes incorporadas no seu logradouro, bem como às frações eventualmente integradas nesse edifício, ou a conceder-lhes novas aptidões funcionais, determinadas em função das opções de reabilitação urbana prosseguidas, com vista a permitir novos usos ou o mesmo uso com padrões de desempenho mais elevados, podendo compreender uma ou mais operações urbanísticas.”

Dentro desse contexto, atualmente, segundo a lei portuguesa, existem as seguintes operações urbanísticas [19]:

Obras de conservação, definidas como “[...]obras destinadas a manter uma edificação nas condições existentes à data da sua construção, reconstrução, ampliação ou alteração, designadamente as obras de restauro, reparação ou limpeza” [20].

Obras de alteração, definidas como “[...]obras de que resulte a modificação das características físicas de uma edificação existente, ou sua fração, designadamente a respetiva estrutura resistente, o número de fogos ou divisões interiores, ou a natureza e cor dos materiais de revestimento exterior, sem aumento da área total de construção, da área de implantação ou da altura da fachada” [20].

Obras de reconstrução, definidas como “[...]obras de construção subsequentes à demolição, total ou parcial, de uma edificação existente, das quais resulte a reconstituição da estrutura das fachadas”[20].

Obras de construção, definidas como “[...]obras de criação de novas edificações” [20], e obras de ampliação, definidas como, “[...]obras de que resulte o aumento da área de implantação, da área total de construção, da altura da fachada ou do volume de uma edificação existente” [20], desde que “[...]sejam condicionadas por circunstâncias preexistentes que impossibilitem o cumprimento da legislação técnica aplicável, desde que não ultrapassem os alinhamentos e a cêrcea superior das edificações confinantes mais elevadas e não agravem as condições de salubridade ou segurança de outras edificações” [20].

Em traços gerais, reabilitação é “[...] o conjunto de operações destinadas a garantir a possibilidade de reutilização plena do edificado existente, adaptando-a a exigências contemporâneas, e estabelecendo um compromisso entre a sua identidade original e a que resulta da própria reabilitação”[21]. Por outra palavras, é a atividade que visa restabelecer características estéticas e de desempenho funcional à edificações, perdidas em função do tempo e degradação, a um nível que atenda as exigências dos utilizadores e leis vigentes.

2.2.2 Constrangimentos

Os constrangimentos presentes na indústria da construção são dependentes de diversos aspectos, informações e variáveis.

“[...]Não é apenas por se enunciar um desejo que o mercado muda, embora se tenham tomado importantes decisões políticas que irão contribuir para a concretização

desse objectivo.[...]Mas, para além da vontade política, o mercado, os procedimentos enraizados e a legislação em vigor, enfermam de vários constrangimentos que dificultam a inversão do modelo de se privilegiar a construção nova face à reabilitação. Não basta o investimento público, designadamente dos municípios, para se alterarem as tendências, a iniciativa privada é imprescindível, normalmente motivada por incentivos económicos, a que acrescentarei a valorização da qualidade pelos consumidores. O que está em causa é o modelo de desenvolvimento que depende de medidas políticas, económicas e técnicas” [21].

Particularmente, para a reabilitação de edifícios, os fatores condicionantes aumentam em complexidade. Esse contexto faz com que a oferta de empresas com conhecimentos técnicos e com experiência na área de reabilitação seja, em muitos casos, um requisito base de viabilidade. Analogamente às fases do ciclo de vida de uma edificação (viabilidade; planeamento e projeto (*design*); produção; adaptação e lançamento), esses constrangimentos podem ser agrupados segundo as condições e características da envolvente e da própria localização, as considerações na etapa de conceção, a execução da obra e as questões sobre propriedade e utilização [4].

- Envolvente e localização

Os constrangimentos da envolvente e localização estão relacionados com o posicionamento e orientação da edificação e seus arredores, levando-se em conta a morfologia do tecido urbano. A falta de espaço, qualidade do espaço envolvente, condições de insalubridade, interferência no tráfego e comércio local, uso pessoal do espaço público, entre outras, são variáveis que não estão relacionados diretamente ao edificado mas interferem no seu ciclo de vida e operação [4][22].

- Conceção

Os constrangimentos da fase de concepção estão relacionados ao projeto (*design*) e o planeamento das atividades. Alguns exemplos são as dificuldades de caracterização dos elementos pré-existentes, normas e legislação aplicável, vulnerabilidade, custos, funcionalidade dos espaços, degradação de materiais e componentes, excessivo tempo de aprovação de projetos, formação técnica e a dificuldade de implementação de soluções tecnológicas. Não há normalmente, um esforço concentrado para descrever, nessa fase, os potenciais fatores condicionantes e possíveis soluções, que permitiram diminuir de forma considerável os riscos de insucesso e de cancelamento do processo [4] [22].

- Execução de obra e estaleiros

Os constrangimentos da execução da obra e gestão do estaleiro estão relacionados às dificuldades tanto técnicas, como de gestão associadas a essa fase. O planejamento errado, estimativa de custos impreciso, ausência ou omissão de condicionantes descritas em fase de concepção, especificidade e carência de mão de obra, condicionantes relativas à segurança no trabalho, gestão dos espaços e a ausência de atualização dos documentos pós obra são exemplos de constrangimentos encontrados nessa fase [4] [22].

- Propriedade e utilização

Os constrangimentos relacionados com a propriedade e sua utilização são aqueles formados pela conjuntura econômica, política e legal que regulamenta esse tipo de empreendimento. A desatualização dos registros de propriedade, ausência de incentivos fiscais, altas taxas de imposto, ônus sobre edifícios classificados e protegidos culturalmente, especulação imobiliária, demora dos processos de licenciamento e ausência de estratégias de manutenção são exemplos de constrangimentos encontrados nesta fase [4] [22].

2.2.3 Enquadramento legal em Portugal

A Tabela 2 exibe os principais mecanismos publicados, relacionados com a reabilitação em ordem cronológica descendente. O primeiro mecanismo legal de incentivo à reabilitação foi o Decreto Lei nº 555/99, que estabeleceu o Regime Jurídico da Urbanização e Edificação (RJUE). Após isso, a entrada em vigor do Decreto-Lei nº 104/2004, em 2004, que aprovou o Regime Jurídico Excepcional da Reabilitação Urbana de Zonas Históricas e de Áreas Críticas de Recuperação e Reversão Urbanística, seguida do Regime Jurídico da Reabilitação Urbana em Áreas de Reabilitação Urbana, aprovado pelo Decreto-Lei nº 307/2009, de 23 de Outubro de 2009, alterado depois pelo Decreto-Lei nº 32/2012, de 14 de Agosto, que aprova o Regime da Reabilitação Urbana moldaram a evolução do aspecto legal da reabilitação. Posteriormente a entrada em vigor do Decreto-Lei nº 53/2014, de 8 de Abril, que institui Regime Excepcional e Temporário Aplicável à Reabilitação de Edifícios, que deu, e ainda hoje, dá incentivos substanciais à reabilitação [3].

Um novo regime, o Decreto-Lei n.º 95/2019, publicado em 18 de Julho de 2019 (com entrada em vigor em 14 de novembro) prevê que "*aos procedimentos de controlo prévio das operações urbanísticas de reabilitação de edifícios ou frações autónomas pendentes*" [23] até a referida a data de entrada em vigor ainda sejam abrangidos pelo regime excepcional (Decreto-Lei n.º 53/2014, de 8 de abril). Após esse período, as regras de

reabilitação voltam a ficar mais “restritas”, mas entretanto ficam ainda sujeitas a definições regulamentares que ainda estão por aprovar por Portaria do governo.

Uma das principais mudanças, é a nova regra que implica que sejam definidas as situações em que a reabilitação de edifícios fica sujeita à elaboração de um "relatório de avaliação de vulnerabilidade sísmica" e, em consequência, a um reforço dos edifícios. Além disso, serão novamente obrigatórios os cumprimentos dos requisitos de eficiência energética, acessibilidade, acústica, instalações de rede de gás e infraestruturas de telecomunicações e de energia.

Tabela 2 – Enquadramento legal da reabilitação em Portugal

Diploma Legal	Sumário do Diploma Legal
Decreto-Lei n.º 95/2019 de 18 de julho	Estabelece o regime aplicável à reabilitação de edifícios ou frações autónomas.
Decreto-Lei n.º 66/2019, de 21 de maio	Altera as regras aplicáveis à intimação para a execução de obras de manutenção, reabilitação ou demolição e sua execução coerciva.
Lei n.º 79/2017, de 18 de agosto	Protege o património azulejar, procedendo à décima quarta alteração ao Regime Jurídico da Urbanização e Edificação, aprovado pelo Decreto-Lei n.º 555/99, de 16 de dezembro
Decreto-Lei n.º 194/2015, de 14 de setembro	Procede à segunda alteração ao Decreto-Lei n.º 118/2013, de 20 de agosto, relativo ao desempenho energético dos edifícios, e à primeira alteração ao Decreto-Lei n.º 53/2014, de 8 de abril, que estabelece um regime excecional e temporário aplicável à reabilitação de edifícios ou de frações, cuja construção tenha sido concluída há pelo menos 30 anos ou localizados em áreas de reabilitação urbana, sempre que se destinem a ser afetos total ou predominantemente ao uso habitacional
Decreto-Lei n.º 136/2014, de 9 de setembro	Procede à décima terceira alteração ao Decreto-Lei n.º 555/99, de 16 de dezembro, que estabelece o regime jurídico da urbanização e edificação
Decreto-Lei n.º 53/2014, de 8 de abril	Estabelece um regime excecional e temporário a aplicar à reabilitação de edifícios ou de frações, cuja construção tenha sido concluída há pelo menos 30 anos ou localizados em áreas de reabilitação urbana, sempre que estejam afetos ou se destinem a ser afetos total ou predominantemente ao uso habitacional
Decreto-Lei n.º 266-B/2012, de 31 de dezembro	Estabelece o regime de determinação do nível de conservação dos prédios urbanos ou frações autónomas, arrendados ou não, para os efeitos previstos em matéria de arrendamento urbano, de reabilitação urbana e de conservação do edificado.

Lei n.º 32/2012, de 14 de agosto	Procede à primeira alteração ao Decreto-Lei n.º 307/2009, de 23 de outubro, que estabelece o regime jurídico da reabilitação urbana, e à 54.ª alteração ao Código Civil, aprovando medidas destinadas a agilizar a reabilitação urbana.
Decreto-Lei n.º 307/2009, de 23 de outubro	No uso da autorização concedida pela Lei n.º 95-A/2009, de 2 de setembro, aprova o regime jurídico da reabilitação urbana.
Lei n.º 95-A/2009, de 2 de setembro	Autoriza o Governo a aprovar o regime jurídico da reabilitação urbana e a proceder à primeira alteração ao Decreto-Lei n.º 157/2006, de 8 de Agosto, que aprova o regime jurídico das obras em prédios arrendados.
Decreto-Lei n.º 104/2004, de 7 de maio	No uso da autorização legislativa concedida pela Lei 106/2003, aprova um regime excepcional de reabilitação urbana para as zonas históricas e áreas críticas de recuperação e reconversão urbanística.
Lei n.º 106/2003, de 10 de dezembro	Autoriza o Governo a aprovar um regime excepcional de reabilitação urbana para as zonas históricas e áreas críticas de recuperação e reconversão urbanística e a prever o regime jurídico das sociedades de reabilitação urbana.
Decreto-Lei n.º 177/2001, de 4 de junho	Alteração no Decreto-Lei n.º 555/99, de 16 de dezembro.
Decreto-Lei n.º 555/99, de 16 de dezembro	Estabelece o regime jurídico da urbanização e edificação.

2.3 BIM

2.3.1 Conceito e aplicação

BIM (*Building Information Modeling*) é uma sigla que tem por tradução a Modelagem da Informação da Construção. Modelo, é uma representação física, conceitual ou matemática de um fenómeno real que é difícil de observar diretamente. Modelos são utilizados para explicar e prever o comportamento de objetos ou sistemas reais e são usados em uma variedade de disciplinas científicas, variando de física e química à ecologia e às ciências da Terra. Embora a modelagem seja um componente central da ciência moderna, os modelos, são aproximações dos objetos e sistemas que representam e não são réplicas exatas [24]. De entre os diversos tipos de modelos, os computacionais podem ajudar a traduzir observações em uma antecipação de eventos futuros, um campo de testes para ideias, basear extração de dados e simular condições e comportamentos. As respostas são então utilizadas para entender, projetar, gerenciar e prever o funcionamento de sistemas e processos complexos [25].

A ideia da metodologia BIM começou a ser criada entre as décadas de 70 e 80. Surgia a necessidade de uma base de dados integrada com todas as informações do projeto, que pudesse exprimir análises visuais e quantitativas. Essa tecnologia beneficiaria os empreiteiros, os projetistas e o consumidor final. Através dessa necessidade, estudos começaram a ser desenvolvidos e em 1986 surgiu a primeira publicação [26] que carregava essa metodologia com a nomenclatura e o significado que conhecemos hoje. Existem várias definições sobre o que é o BIM. Isso acontece porque ainda é uma metodologia em construção na indústria da Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC). Contudo, o cerne da metodologia é definido pelas ações necessárias para criar o modelo e analisa-lo.

- BIM é uma tecnologia que associa ao projeto todas as informações necessárias para analisar esse projeto, em um único modelo digital. Também consiste em todos os processos para produzir, comunicar e analisar esse modelo.

- O modelo do projeto é feito a partir de componentes, que são objetos que carregam a informação do que são, de como se comportam e regras paramétricas que definem os seus limites de comportamento [27].

O Building Information Model (BIM) é também definido por padrões internacionais como uma representação de características físicas e funcionais de qualquer objeto construído que forma uma base para decisões [28].

A grande diferença entre os objetos criados nos modelos usados no BIM dos tradicionais objetos 2D está nas regras de parametrização. Essas regras garantem ao objeto: definições geométricas, associação de dados e regras de comportamento; consistência da forma do objeto; ajuste automático entre objetos que interagem entre si, como paredes e tetos, por exemplo. Na Figura 4 é exibido um exemplo de objeto parametrizado. Os objetos podem ser agregados, definindo objetos mais complexos, e também a eles podem ser associados dados do material de fabrico, limites acústicos, energéticos, etc [27].

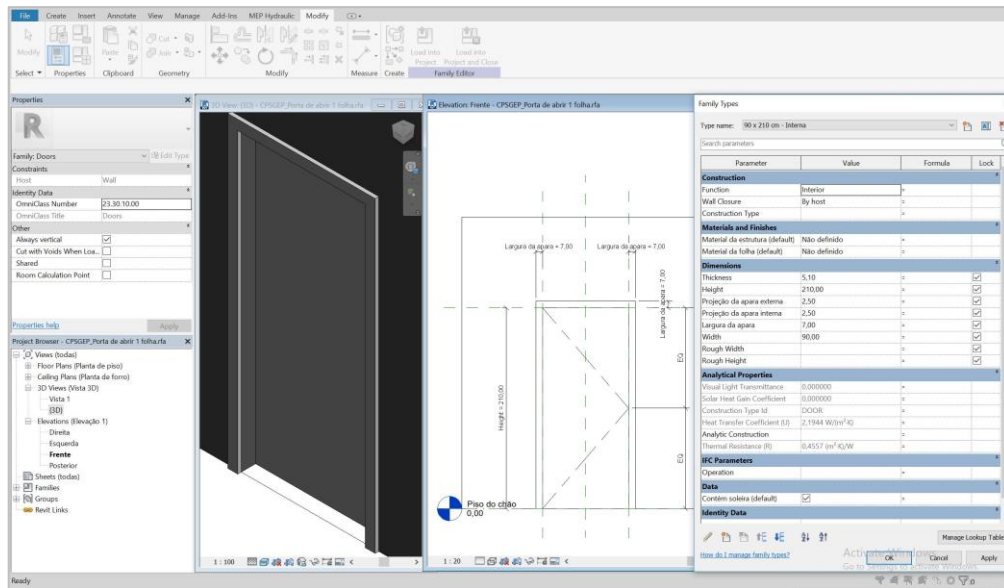


Figura 4 - Exemplo de objeto parametrizado - Fonte: Autodesk Revit 2020

Mesmo que as definições especifiquem vários atributos para definir o que é BIM, o termo tem sido usado para descrever variações de tecnologias que não refletem o que de fato é BIM. Por isso, há a importância de definir também o que não é BIM:

- Modelos que mostrem o modelo em 3D, mas que não exista objetos definidos e que carreguem informações;
- Modelos com objetos não parametrizados;
- Modelos que usem muitos modelos 2D CAD para criar referências e formar o modelo em 3D;
- Modelos que permitem que mudanças no modelo sejam feitas apenas em uma vista e não automaticamente reflita nas outras [27].

A metodologia BIM pode ser utilizada em contextos distintos, desde novos projetos, a reabilitações e desconstruções [16]. Na Figura 5 são apresentadas diferentes possibilidades de criação dos modelos BIM de acordo com o tipo de execução.

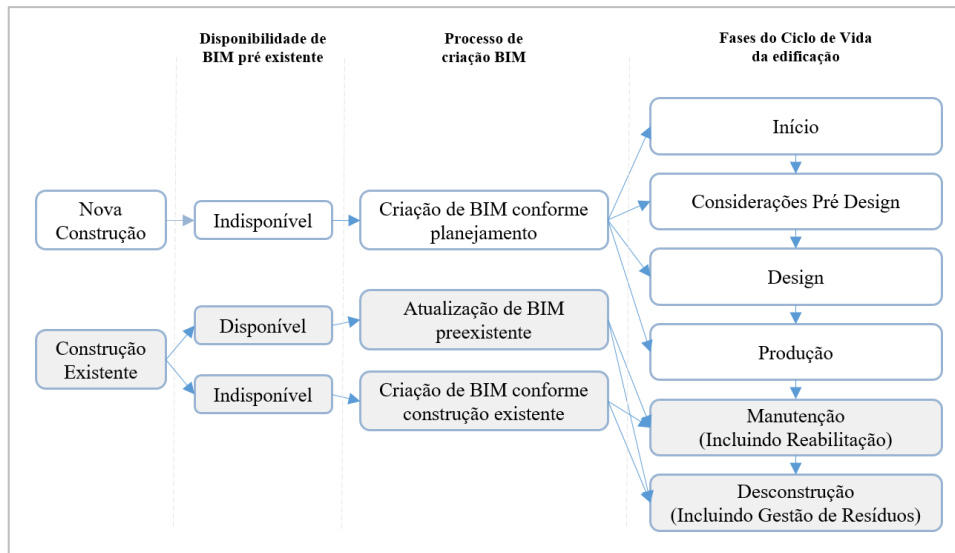


Figura 5 - Possíveis caminhos de criação BIM – Fonte: Adaptado de [16]

2.3.2 Dimensões

Dimensão é o termo que descreve os diferentes tipos de informação adicionada aos modelos BIM. Essas dimensões podem ser entendidas como camadas de dados que permitem a extração de funcionalidades do modelo paramétrico. Alguns exemplos das principais funcionalidades de BIM aplicadas ou desenvolvidas para edificações são evidenciadas na Tabela 3 [16].

Tabela 3 – Principais funcionalidades de BIM aplicadas ou desenvolvidas para edificações

Funcionalidades
Detecção de interferências, validação espacial, avaliação de qualidade BIM
Acompanhamento do progresso da construção
Cálculo de custo ou modelagem de fluxo de caixa
Simulação de luz do dia
Desconstrução, gestão de resíduos
Análise de desvio, controle de qualidade, detecção de defeitos
Documentação, gerenciamento de dados e visualização
Análise / controle de energia / térmica, pegada de carbono
Localização de componentes de edifícios, Navegação interior
Avaliação do ciclo de vida (ACV), Sustentabilidade
Monitoramento, medição de desempenho (através de sensores)
Operações e Manutenção (O & M), Gerenciamento de instalações (FM)
Estimativa de Quantidades
Planejamento e execução de reabilitação / remodelação / renovação
Planejamento em cenário de risco
Segurança, segurança do trabalho, gerenciamento de emergência
Planejamento
Gerenciamento de espaço
Análise estrutural
Subcontratação e integração de fornecedores, pré-fabricação

Uma vez que existe um número infinito de possibilidades de camadas de dados que podem ser incorporadas ao modelo de construção, as dimensões do BIM podem ser referenciadas como 'nD', onde n é o número que representa a dimensão definida [29].

Não existe uma entidade oficial que determine a nomenclatura e o escopo de cada uma das dimensões porém, existe um consenso na indústria da AEC sobre 3D (Modelo), 4D (Tempo) e 5D (Custo) [27][30][31][32][33][34]. As definições de 6D e 7D não são unânimes para descrever as dimensões relacionadas à Manutenção e Sustentabilidade, variando de acordo com o autor [35][36][37][38].

O BIM 3D é definido pela modelagem espacial em 3 dimensões (X, Y e Z) dos elementos de construção do projeto em um modelo digital, acrescido de informações relativas a índices e especificações técnicas dos diversos elementos que farão parte da edificação. Desta forma, é possível determinar suas respectivas dimensões, bem como seus posicionamentos espaciais, além de gerar relatórios de quantidades e detectar possíveis inconsistências entre as disciplinas de projetos [27][30][33].

O BIM 4D é um processo de planejamento que vincula as atividades de construção, representadas em cronogramas, com os elementos dos modelos 3D. Essa associação permite desenvolver uma simulação gráfica em tempo real do progresso da construção. A adição do fator de tempo oferece uma oportunidade para avaliar a capacidade de construção e o planejamento de fluxo de trabalhos em um projeto. Pode-se efetivamente visualizar, analisar e comunicar problemas relacionados aos aspectos seqüenciais, espaciais e temporais do progresso da construção. Como consequência, cronogramas muito mais robustos e planos de estaleiro e logística podem ser gerados para melhorar a produtividade [27][30][33].

O BIM 5D é utilizado para atividades de acompanhamento de orçamento e análise de custos. A quinta dimensão do BIM, associada ao 3D e ao 4D, permite a visualização do progresso das atividades e os custos relacionados ao longo do tempo. A utilização pode resultar em uma maior precisão e previsibilidade das estimativas do projeto, mudanças de escopo, materiais, equipamentos ou mudanças de mão de obra. Fornece também, métodos para extração e análise de custos, avaliação de cenários e análise de fluxo de caixa [27][30][33].

O BIM para manutenção é utilizado em atividades de *Facility Management*. Essa utilização baseia-se em uma camada de informação incorporada a um modelo BIM *as-built* sobre as rotinas de manutenção dos elementos existentes. A partir da incorporação dessa informação ao modelo, é possível criar planos de manutenções, ligados a mapas de quantidade de maneira muito mais precisa. [35][36][37][38].

O BIM para a sustentabilidade permite a integração de dados relacionados ao ambiente, ou seja, proteção ou consumos de energia, consumo de água, pegada de carbono, geração de resíduos entre outras. Com as informações incorporadas no modelo, este pode servir de base de qualificação para certificações de sustentabilidade como o LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*) e BREEAM (*Building Research Establishment Environmental Assessment Method*) [35][36][37][38].

2.3.3 Nível de desenvolvimento (LOD)

A Especificação de Nível de Desenvolvimento (LOD) é uma referência que permite aos profissionais da Indústria de AEC especificar, com assertividade, o conteúdo e o nível de informação dos modelos BIM, em vários estágios do processo de projeto e construção. A Especificação LOD define e ilustra as características dos elementos do modelo em diferentes

níveis de desenvolvimento. Essas definições permitem que os autores de modelos definam o escopo, nível de detalhe e nível de informação dos modelos. A especificação também garante aos posteriores utilizadores dos modelos um entendimento claro sobre o uso e as limitações dos modelos. Não há apontamentos sobre quais Níveis de Desenvolvimento devem ser alcançados em determinados pontos de um projeto, mas sim uma classificação da quantidade de informação dos modelos [39].

A definição mais aceita na indústria do AEC foi criada pelo AIA (*American Architect Institute*) e divide o LOD em 5 níveis de LOD 100, o menor nível de desenvolvimento, a LOD 500, o maior nível de desenvolvimento [40]. Um modelo com maior nível de desenvolvimento não é necessariamente melhor que um modelo mais simples [27]. É importante determinar os objetivos e usos do modelo BIM previamente para que o modelo produzido tenha um nível de desenvolvimento adequado para efetuar as análises necessárias [41]. Na Figura 6 é exibido um exemplo de diferentes níveis de detalhamento de LOD 100 ao 400 para uma viga em T.

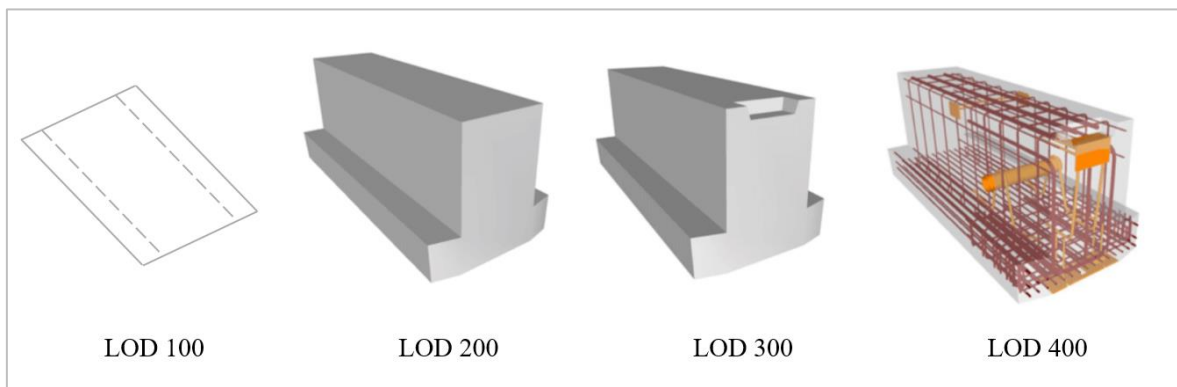


Figura 6 - Diferentes LODs para uma viga em T – Fonte: Adaptado de [40]

No LOD 100 o elemento do modelo não é uma representação geométrica, e pode ser representado graficamente por um símbolo ou outra representação genérica que demonstre sua existência, mas não retrate seu tamanho ou localização precisa. Informações relacionadas aos elementos podem ser derivadas de outros elementos do modelo [39][40].

No LOD 200 o elemento do modelo é representado graficamente dentro do modelo como um sistema genérico, objeto ou montagem com quantidades aproximadas, tamanho, forma, localização e orientação. Eles podem ser reconhecíveis como os componentes que

representam ou podem ser volumes para reserva de espaço. Informações não gráficas também podem ser anexadas aos elementos do modelo [39][40].

No LOD 300 o elemento do modelo é representado graficamente como um sistema, objeto ou conjunto específico em termos de quantidade, tamanho, forma, localização e orientação. A quantidade, o tamanho, a forma, a localização e a orientação do elemento, conforme projetado, podem ser medidos diretamente no modelo sem referir-se a informações não modeladas. Informações não gráficas também podem ser anexadas aos elementos do modelo [39][40].

No LOD 400 o elemento do modelo é representado graficamente como um sistema, objeto ou conjunto específico em termos de tamanho, forma, localização, quantidade e orientação com informações de detalhamento, fabricação, montagem e instalação com detalhes e precisão suficientes para a fabricação do componente representado. A quantidade, o tamanho, a forma, a localização e a orientação do elemento, conforme projetado, podem ser medidos diretamente do modelo sem se referir a informações não modeladas. Informações não gráficas também podem ser anexadas aos elementos do modelo [39][40].

No LOD 500 o elemento do modelo é uma representação verificada, do que existe em campo, em termos de tamanho, forma, localização, quantidade e orientação. Sua elaboração é efetuada a partir de informações reais do elemento já construído. Informações não gráficas também podem ser anexadas aos elementos do modelo [39][40].

2.3.4 Interoperabilidade

Existem muitas ferramentas e plataformas de software que as equipes de projeto podem escolher ao desenvolver um determinado projeto. Não há, no entanto, uma solução única e ideal para todos os tipos de projetos. Idealmente, uma organização deve utilizar vários softwares, podendo ser de fabricantes diferentes, que podem ser alternados entre projetos específicos [27]. Existem dois pontos principais em relação ao uso de múltiplas soluções de softwares na metodologia BIM.

O primeiro, é garantia da interoperabilidade, ou seja, que mesmo que os ficheiros sejam criados por diferentes softwares exista uma alternativa de troca de informação e que seja possível a transferência de dados para uso do proprietário.

O segundo, é garantir a reutilização dos dados do modelo independentemente de o proprietário desejar receber um modelo de registro ou um modelo construído, ou ambos. É benéfico garantir que os dados e a geometria do modelo possam ser reutilizados para quaisquer usos em BIM.

Dentro da indústria da AEC, o padrão de informações BIM é um formato compatível com IFC (Industry Foundation Class) [42]. O IFC, é um padrão internacional [43] aberto para dados BIM (Building Information Modelling) que são trocados e compartilhados entre os aplicativos e softwares utilizados pelos diversos participantes dos projetos. O padrão inclui definições dos dados necessários para construções ao longo de seu ciclo de vida [44].

Mais especificamente, o padrão IFC é um modelo de dados padronizado que codifica, de uma maneira lógica os seguintes itens de projeto:

- Identidade e semântica (nome, identificador único, tipo de objeto ou função)
- Características ou atributos (material, cor e propriedades térmicas)
- Relacionamentos (incluindo localizações, conexões e propriedades)
- Objetos (colunas, lajes, portas, etc)
- Conceitos abstratos (desempenho, custo)
- Processos (instalação, operações)
- Pessoas (proprietários, designers, contratados, fornecedores, etc)

2.3.5 BIM no apoio à gestão de projetos

O BIM possui funcionalidades específicas que podem ser efetivamente usadas na gestão de projetos. A Figura 7 relaciona as áreas de conhecimento em gestão de projetos definidas pelo PMBOK com aspectos e funcionalidades do BIM aplicáveis.

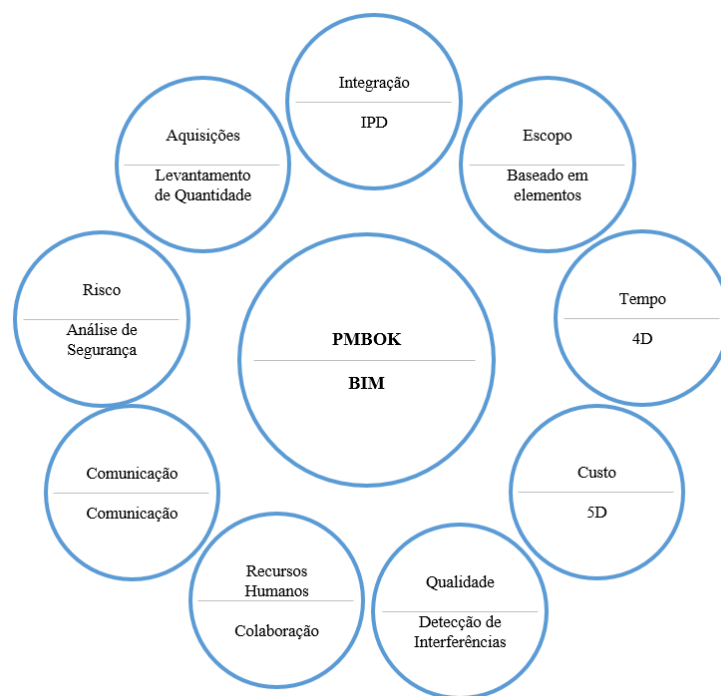


Figura 7 - BIM x PMBOK - Fonte: Adaptado de [45]

A Gestão da integração é auxiliada, na medida em que o BIM integra documentos, projetos e esforços de todas as partes envolvidas em um projeto. O termo que descreve a capacidade de integração do BIM é conhecido como IPD (Integrated Project Delivery). O IPD permite que a equipe do projeto possa lidar e interagir com um modelo unificado, rico em informações, e de colaboração aberta. Com essa capacidade, nas diferentes fases de um projeto de construção, o BIM pode auxiliar na coordenação das atividades de projeto, análise e construção[45] [15].

Modelos baseados em elementos, como os modelos BIM, geralmente são compostos de objetos e não de geometrias, como linhas e superfícies. O modelo inteiro, após ser categorizado, pode ser dividido em um número específico de objetos menores. Essa gestão do escopo possibilita ter um propósito definido e claro nas subdivisões dos projetos. A distinção entre elementos resulta em uma melhor gestão, estimativa e construção[45] [15].

A estimativa de tempo e custo são outras funcionalidades do BIM que permitem aos gestores visualizar o projeto de construção em qualquer ponto no tempo e ter uma compreensão clara das fases do projeto. As estimativas de tempo e custo, que geralmente são chamadas de 4D e 5D, podem ser utilizadas adequadamente nos primeiros estágios de um projeto e facilitar o processo de tomada de decisão com custo e tempo mínimos necessários. Além disso, o BIM tem a capacidade de simular as várias alternativas para um

projeto de construção e, portanto, ajuda os gestores de projeto e executivos a prever com segurança as conseqüências de suas decisões[45] [15].

A detecção de interferências, mais comumente referido como *Clash Detection* na indústria da AEC, é uma excelente ferramenta de gestão da qualidade. Um dos problemas comuns dos projetos de diferentes especialidades são as inconsistências geométricas nas interações dos elementos. A utilização de compatibilização com BIM permite detectar esses problemas em fase de projeto e evitam os problemas, e soluções de emergência, em fase de obra [45] [15]. Na figura 8 é possível observar um exemplo de uma interferência entre o projeto estrutural e hidráulico.

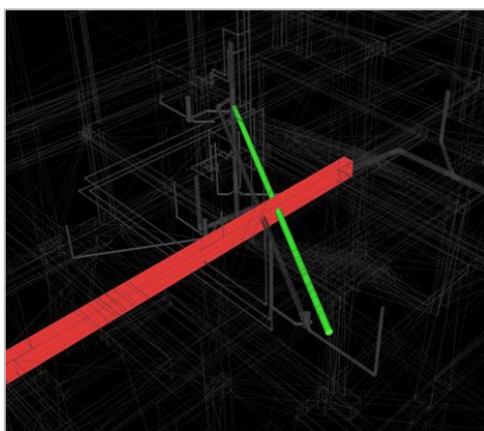


Figura 8 - Interferência entre o projeto estrutural e hidráulico

A colaboração e a formação de equipes é outro fator importante para o sucesso do BIM em projetos de construção. Todos os esforços feitos por várias especialidades num projeto são unificados e aplicados a um modelo. Isso resulta em correspondência direta na formação de equipe e gestão dos recursos humanos. Todas as disciplinas devem trabalhar em um modelo unificado como uma equipe e ter uma colaboração efetiva durante um projeto usando o conceito BIM [45] [15].

Um modelo unificado para inserir, modificar e analisar os dados melhora a comunicação e a colaboração entre todas as partes envolvidas no projeto de construção, incluindo gestores de projeto, arquitetos, engenheiros e contratados. Os modelos únicos facilitam a comunicação ao longo do projeto e diminuem os esforços de busca de informação entre as diferentes partes [45] [15].

O BIM permite a oportunidade de detectar e mitigar riscos de saúde e segurança em todas as fases do projeto. Utilizado para a gestão de riscos, pode-se analisar a construtibilidade dos elementos e, através de análises, onde podem ser fornecidas

informações de um ponto de vista para mostrar os problemas. Essas informações visuais permitem uma investigação mais aprofundada para encontrar soluções e, assim, atenuar os riscos [45].

A gestão de aquisições é diretamente afetada pela qualidade das aferições de materiais necessários para uma atividade. A estimativa de quantidades em um modelo BIM pode ser muito útil para as equipes de projeto e gestores. Os dados extraídos dos modelos permitem análises e tomada de decisões baseadas em informação mais confiáveis durante todo o ciclo de vida do projeto. Além da confiabilidade, os dados das quantidades podem ser facilmente compartilhados e refletir imediatamente as mudanças nos projetos [45] [15].

3 TRABALHO DESENVOLVIDO

3.1 Introdução e conceitos

Um trabalho de investigação é um procedimento dinâmico composto de etapas [46]: tema; problema; definição de objetivos, questões e variáveis; metodologia; análise de resultados; conclusões.

De acordo com o ilustrado na Tabela 4, a metodologia de uma investigação pode ser classificada quantos aos seus objetivos do estudo, natureza do problema, problema de pesquisa, ambiente de pesquisa e delineamento da pesquisa [5]. Também referida como ciência dos métodos, a metodologia é a descrição dos princípios e procedimentos utilizados na investigação científica, que utilizam diferentes métodos, com técnicas focalizadas para a obtenção e análise de dados [46].

Tabela 4 – Abordagens e variáveis de metodologia de pesquisa – Adaptado de [5]

	Variável	Variável Específica
Abordagens	Objetivos do Estudo	Exploratório Descritivo Explicativo
	Natureza do Problema	Pura Aplicada
	Problema de Pesquisa	Qualitativo Quantitativo Quali-quantitativa
	Ambiente de Pesquisa	Campo Bibliográfica
	Delineamento da Pesquisa	Observação Bibliográfica Documental Caso de Estudo Experimental

Esta investigação, com objetivos de estudo de caráter exploratório, tem “[...] uma maior familiaridade com o problema deixando o assim mais explícito para os leitores, essa característica em sua maioria é definida por uma pesquisa bibliográfica, de observação ou estudo de caso.” [5]. Em suma, os resultados advindos dessa pesquisa exploratória buscam

identificar as relações entre as variáveis de estudo, particularmente dentro do contexto das obras utilizadas, considerando suas dimensões, localizações e envolvidos. Quanto à natureza do problema, a presente investigação tem caráter prático, imediato e visível. Pretende-se descobrir novos fatos que sejam capazes de resolver problemas em curto prazo de tempo [4]. Em relação ao problema da pesquisa, esta é considerada qualitativa, uma vez que a análise dos resultados não está vinculada exclusivamente a parâmetros mensuráveis numericamente. Por se tratar de uma pesquisa que faz a obtenção de dados através de casos práticos, e não apenas a partir de bibliografia, essa investigação é considerada como ambiente de campo e delimitado através de casos de estudo com auxílio de pesquisa bibliográfica.

3.2 Caso de estudo

Um estudo de caso é uma estratégia de pesquisa e uma investigação empírica que investiga um fenômeno em seu contexto da vida real [47]. Antes de iniciar um caso de estudo é necessário ter, por escrito, o conjunto de procedimentos que contenham as regras, instrumentos e táticas utilizadas. Essa informação prévia aumenta a fiabilidade da investigação e deve estar contidas no plano de investigação, com as seguintes indicações: [47]:

- visão do projeto de investigação com objetivos, questões, bibliografia relevante e tópicos a investigar com procedimentos de recolha de dados;
- outras possíveis questões, locais, fontes de informação para cada questão, formulários para registo de dados;
- guia para o relatório do caso de estudo.

Os três casos de estudo presentes nesse trabalho envolvem 2 fontes de dados, a pesquisa documental de projetos de reabilitação de edifícios existentes, em fase pré executiva ou já executado, complementada com entrevistas estruturadas. Os critérios de aceitação de cada um dos casos de estudo foi condicionado ao seu enquadramento como reabilitação de edifícios antigos (conforme os conceitos apresentados na revisão teórica e a legislação corrente) e a existência de no mínimo: projeto estrutural, projeto arquitetônico e projeto de alguma especialidade (Drenagem, Esgoto, Água Fria, Águas Quente, Elétrica, Telecomunicações, etc), todos digitais, em formato CAD ou PDF. Foram requeridos adicionalmente, quaisquer documentos que pudessem auxiliar e/ou conter informações relevantes para a execução da obra.

Como resultado da pesquisa documental, esperou-se obter um relatório apontando os pontos de falta de informação nos projetos assim como, após as análises BIM, um relatório das interferências entre os projetos disponibilizados. Com os referidos resultados, foram realizadas entrevistas aos intervenientes com o objetivo de obter a verificação dos itens apontados nos relatórios elaborados. Ou seja, partindo do pressuposto que os projetos não foram alvo de revisão, os problemas constantes no mesmo, e detectados com os próprios projetos, se efetivamente se manifestaram aquando do decurso das obras, daí a importância das entrevistas com diversos intervenientes do processo. Com essa informação e uma melhor percepção da metodologia BIM do ponto de vista dos intervenientes, pretendeu-se estabelecer as forças, fraquezas, oportunidades e ameaças da utilização de BIM em obras de reabilitação.

3.3 Metodologia adotada

Iniciando-se com a revisão teórica e conhecimentos prévios de utilização de BIM, verifica-se que a reabilitação de edifícios é uma realidade presente no quotidiano e legislação portuguesa. Além disso, pode-se perceber que a gestão tradicional (sem BIM), é uma prática que não está totalmente adaptada às especificidades da reabilitação. Com isso, percebe-se a necessidade de uma revisão do modelo, sobretudo tecnológico, de apoio à gestão, tanto na fase de concepção quanto nas posteriores.

Estando a par do atual contexto, estabeleceram-se os objetivos dessa investigação, que visam avaliar as vantagens e desvantagens do uso de BIM face a metodologias convencionais de gestão de projetos de reabilitação de edifícios. Além de perceber a opinião dos atores que realmente usariam essa tecnologia no dia a dia em seus negócios, os objetivos contemplaram verificar a ampla possibilidade de utilização de BIM, que já acontece em obras novas, e tentar encontrar novos potenciais usos em obras de reabilitação.

Para o cumprimento dos objetivos, foi preciso avaliar as possibilidades de aplicação de tecnologias BIM. Existem diversos fatores relevantes a essa questão e considerou-se um dos principais, a percepção que os agentes executores de obra tem sobre essa nova solução tecnológica e as possíveis utilizações ainda não antevistas dessa tecnologia. Por esse motivo, a metodologia utilizada foi a aplicação de entrevistas com o intuito de avaliar, do ponto de vista dos intervenientes, o fundamento da aplicação da metodologia BIM, após uma caso

prático, dentro do escopo definido para essa pesquisa, assim como os fatores técnicos limitantes e outras possíveis aplicações.

Os resultados foram avaliados a partir dos dados extraídos dos relatórios das análises e com a elaboração de uma matriz SWOT a partir das opiniões dos intervenientes. Esperou-se que com essas informações fosse possível:

- verificar a utilização de BIM no escopo proposto,
- estabelecer limites mínimos, ao nível de detalhamento de projetos, para utilização do BIM;
- encontrar novas aplicações viáveis dessa tecnologia no contexto da reabilitação.

Define-se assim, o plano de investigação, conforme a Figura 9.

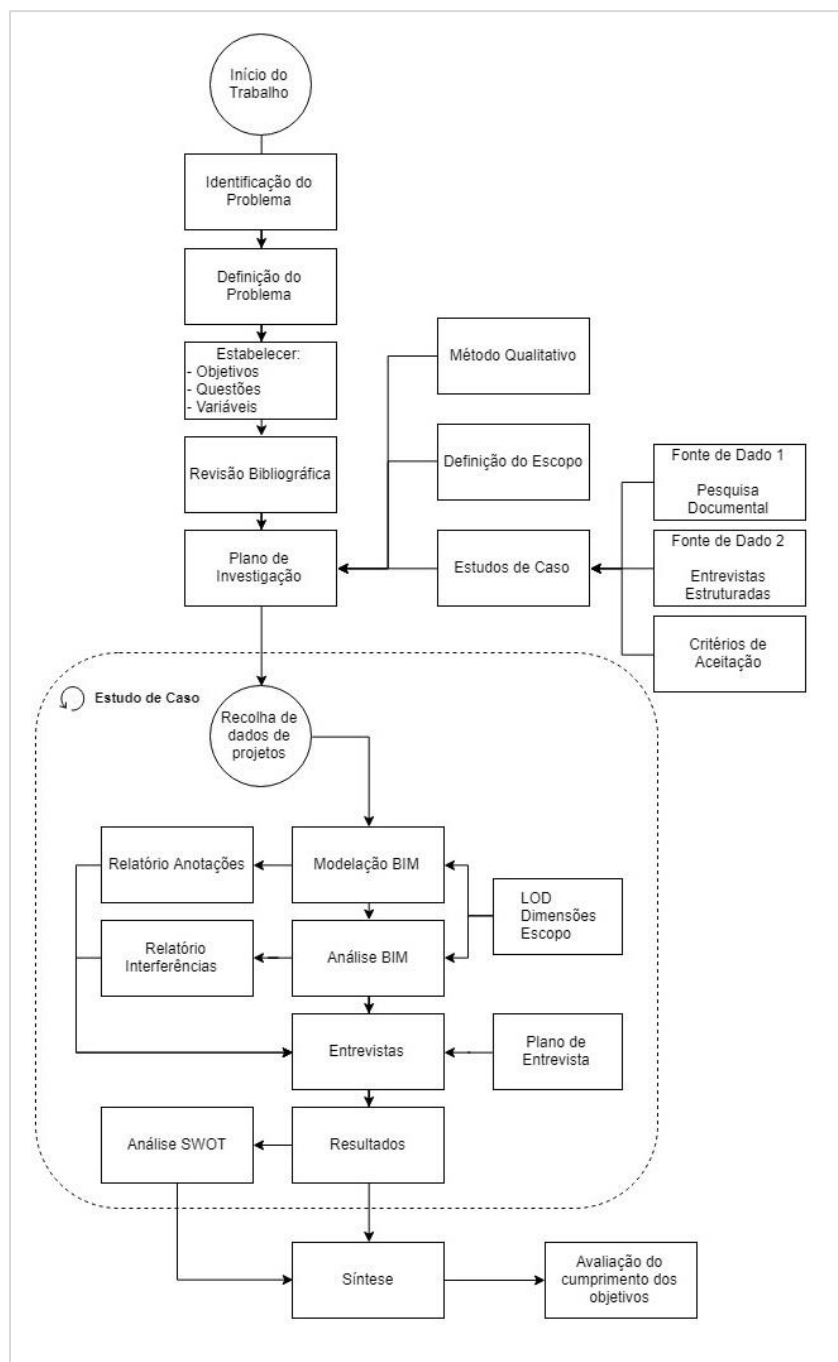


Figura 9 - Processo de investigação seguido no trabalho

O processo de investigação define a sequência das etapas executadas para esse estudo. A primeira etapa trata da identificação e definição do problema. A seguir, estabeleceram-se os objetivos, questões e variáveis pertinentes ao tema. Em seguida, com o auxílio de revisão bibliográfica, estabeleceu-se o plano de investigação, onde foram definidos os métodos de pesquisa a serem adotados. Para cada caso de estudo, foram elaborados modelos BIM, baseados em parâmetros definidos de LOD, dimensão e escopo.

A partir dos modelos puderam-se obter análises que posteriormente foram utilizadas como base para as entrevistas com os diversos *stakeholders* que, por fim deram origem a análises SWOT. Os resultados das análises foram então sintetizados e avaliados quanto ao cumprimento dos objetivos estabelecidos.

3.4 Utilização de BIM no contexto da metodologia

3.4.1 Modelação 3D

A Modelação 3D foi realizada com o auxílio do software Autodesk Revit 2020 - Student Version. Segundo o fabricante, o software Revit “[...] *é construído especificamente para Building Information Modeling (BIM), capacitando os profissionais de projetos e construção a trazer para a realidade as ideias relacionadas ao conceito da construção, com uma abordagem baseada em modelos coordenados e consistentes. O programa inclui a funcionalidade de todas as disciplinas (arquitetura, MEP e estrutura) em uma interface unificada*” [48].

O escopo da modelação, assim como a modelação do existente, variou de caso para caso e foi definido de acordo com os projetos disponibilizados, estes serão discutidos na seção 4 desse trabalho. As características referentes aos procedimentos de modelação, nível de detalhe e anotação das informações foram padronizados para todos os casos.

O nível de detalhamento adotado foi o LOD 300, ou seja, o elemento do modelo é representado graficamente como um sistema, objeto ou conjunto específico em termos de quantidade, tamanho, forma, localização e orientação. A quantidade, o tamanho, a forma, a localização e a orientação do elemento, conforme projetado, podem ser medidos diretamente do modelo sem referir-se a informações não modeladas. Esse nível de detalhe permite as posteriores análises de interferências espaciais entre as disciplinas.

O primeiro projeto modelado, e tomado como base para as comparações de inconsistências entre projetos, foi o estrutural. A partir deste modelo, as outras disciplinas tiveram seus projetos “alinhados”, na medida do possível, para assim seguir a modelação. É importante salientar que o papel da modelação não é de fazer ajustes nem correções no projeto. Modela-se exatamente o que está em projeto (CAD) e em caso de falta de informação ou imediata inconsistência, foi adotado o referencial julgado como o mais correto e inserido um registro designado de “discussão”, que será abordado na seção 3.4.1.8.

Os procedimentos de modelação 3D, para cada uma das disciplinas, seguiram-se conforme os passos a seguir, atendo à aplicabilidade.

3.4.1.1 Vinculação de modelo base

Com excepção do modelo estrutural, que é o primeiro a ser produzido, todas as outras disciplinas utilizam durante a modelação um modelo de referência espacial. Esse modelo base é vinculado ao ambiente do Revit para servir como referência e base para inserção de elementos que necessitam de hospedeiro.

3.4.1.2 Extração de plantas, corte e detalhes

Com os ficheiros CAD disponíveis, inicia-se a extração das plantas de níveis, cortes e detalhes dos projetos em 2D, procedimento feito com o auxílio do software Autodesk AutoCAD 2020. O propósito deste procedimento é obter um ficheiro tipo CAD que contenha somente as linhas de construção dos itens individualmente.

Na figura 10 é possível visualizar um ficheiro CAD com informações diversas sobre plantas, cortes, detalhes e outros. Na Figura 11 observa-se um desenho esquemático de uma das plantas isolada.

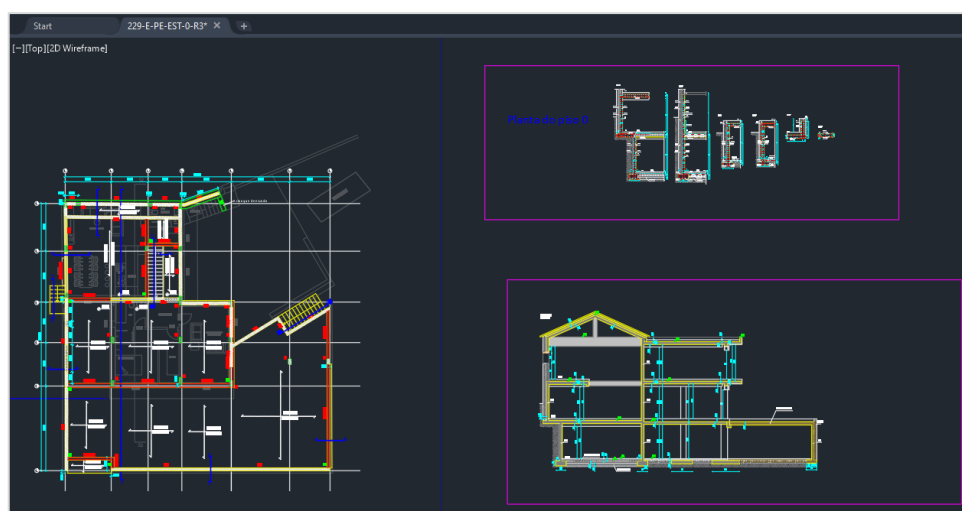


Figura 10 - Ficheiro CAD de projeto completo

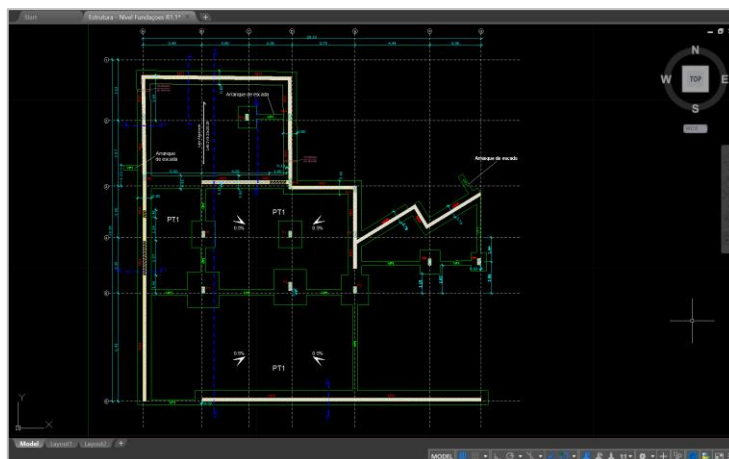


Figura 11 - Ficheiro CAD de planta isolada

3.4.1.3 Determinação do Níveis

Após a extração de todas as plantas de nível, cortes e detalhes referentes à disciplina em questão, inicia-se a criação dos níveis de projeto. Os níveis representam as cotas altimétricas nas quais os itens do modelo usarão como base referencial e podem ser visualizados na Figura 12. Os valores dos níveis são geralmente obtidos através de seções de corte presentes nos ficheiros CAD, conforme a Figura 13.

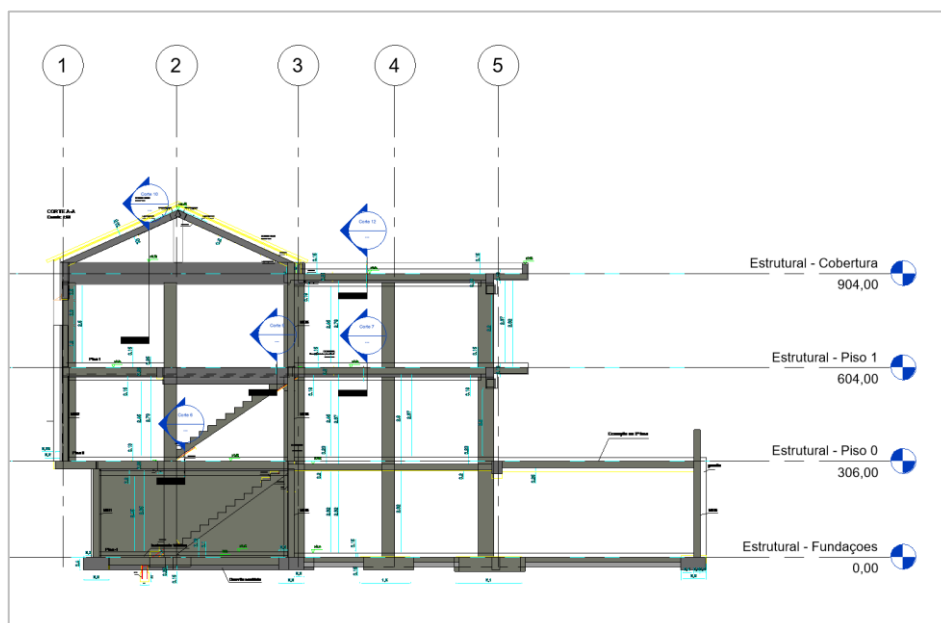


Figura 12 - Níveis, eixos e cortes criados no Revit

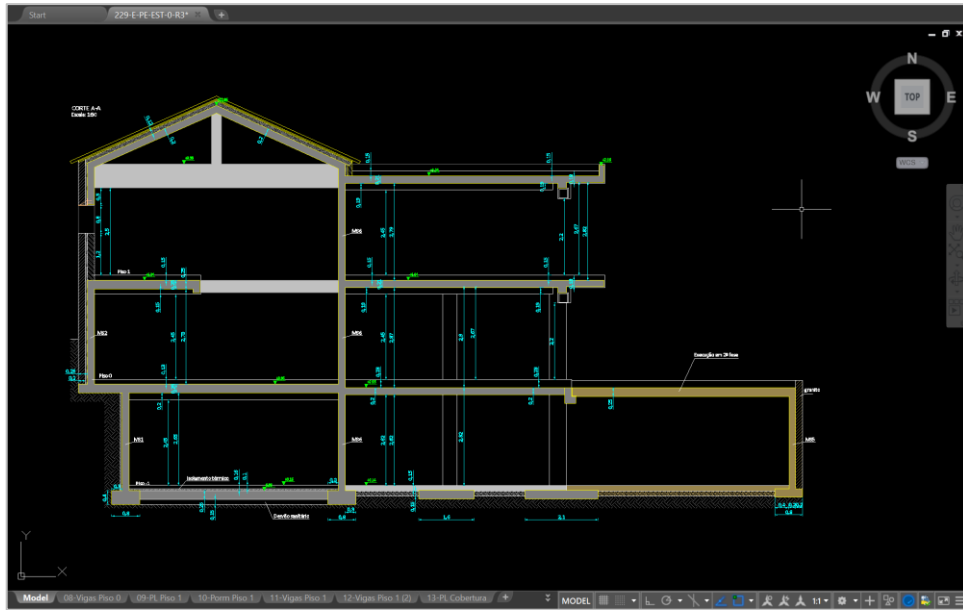


Figura 13 - Corte em CAD

3.4.1.4 Posicionamento de Plantas

Com as plantas extraídas e os níveis criados, inicia-se o posicionamento das plantas no Revit, de acordo com seu nível. As plantas são normalmente alinhadas por elementos mestre como pilares ou fosso de escada/elevador. O resultado pode ser visualizado na Figura 14.

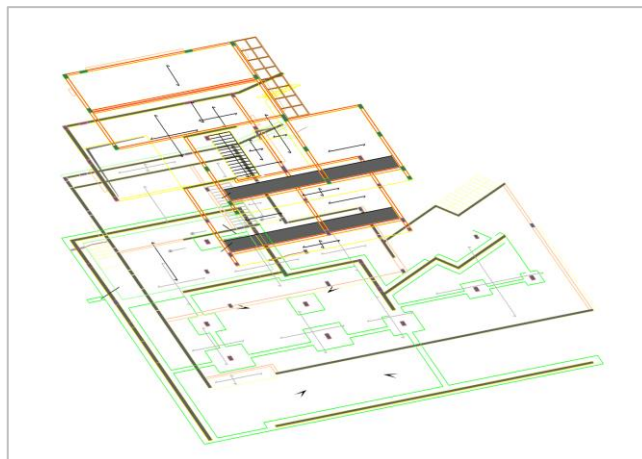


Figura 14 - Plantas alinhadas em Revit por diferentes níveis

3.4.1.5 Determinação de Eixos

Fez-se a determinação dos eixos no Revit de acordo com as informações contidas nas plantas (Figura 11) e resulta-se em eixos visíveis em todas as vistas (Figura 12).

3.4.1.6 Posicionamento e criação de cortes

Fez-se o posicionamento dos cortes e detalhes de acordo com as indicações e alinhamentos das plantas. Em seguida, os corte foram criados em Revit, de acordo com seu posicionamento. O resultado dos posicionamentos pode ser visto na Figura 15 e criação dos cortes dão origem a vistas como a da Figura 12.

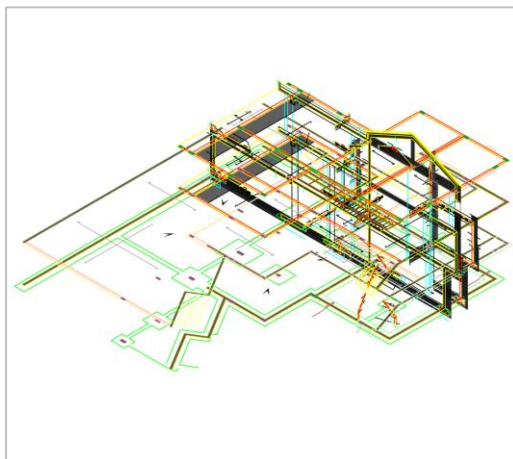


Figura 15 - Cortes posicionados em Revit

3.4.1.7 Informação não gráfica

Antes de iniciar a criação de famílias e propriamente a modelação, procurou-se em outros arquivos disponibilizados informações adicionais que pudessem ajudar na modelação. Essas informações, geralmente contidas em momeriais descritivos ou tabelas, ajudam a esclarecer pontos relativos aos materiais, composições e dimensões a serem definidas na modelação. Na Figura 16 é possível ver o trecho de um dos memoriais obtidos contendo informação relevante para modelação.

Paredes divisórias interiores

As paredes a executar são em placas de gesso cartonado com preenchimento em lã de rocha com 6cm de espessura e densidade 40Kg/m^3 .

Revestimentos interiores

No piso Rés-do-Chão as paredes das instalações sanitárias serão revestidas a azulejo cerâmico na sua totalidade, na sala de estar, nos espaços de circulação, no hall de entrada, nos arrumos e no espaço de taberna serão em gesso com acabamento final em tinta branca, ou em alvenaria de pedra de xisto à vista.

No piso I as paredes das instalações sanitárias na sua totalidade e da parcialmente na cozinha, serão revestidas a azulejo cerâmico, nos quartos, sala de estar, no solário, arrumos e loja de venda de produtos regionais serão em gesso com acabamento final em tinta branca, ou em alvenaria de pedra de xisto à vista, tal como demonstram as peças desenhadas.

Figura 16 - Trecho da memória descritiva e justificativa

3.4.1.8 Criação de tipos e famílias

Caso não existissem instâncias dos elementos 3D que atendessem às necessidades, previamente configurados (famílias e tipos), estes seriam criados. Criaram-se as famílias dos elementos para garantir a correspondência dos itens do modelo com o projeto. A criação depende do tipo de elemento modelado, podendo conter diferentes informações relativas ao ancoramento, camadas e dimensões. Na Figura 17 ilustra-se a interface de criação de um tipo de sapata e uma família de parede.

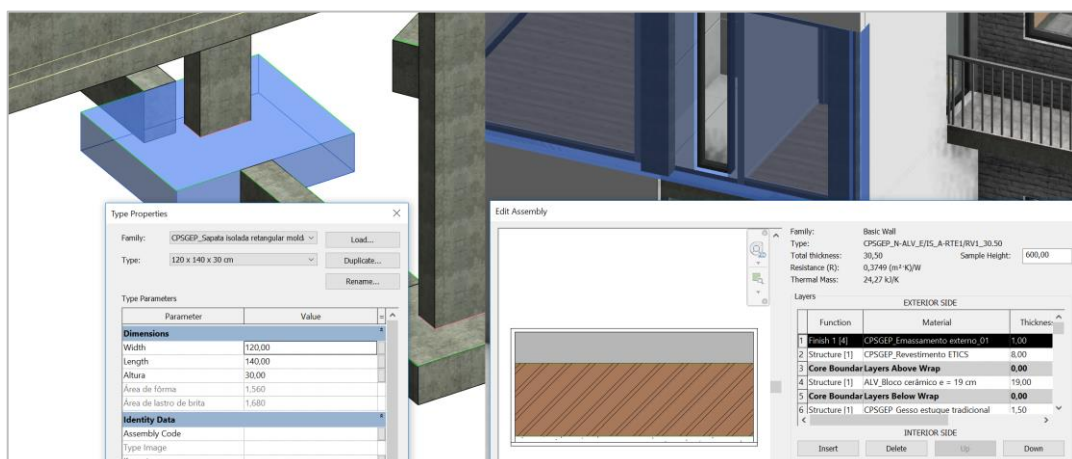


Figura 17 - Criação de tipo e família no Revit

3.4.1.9 Modelação

Fez-se a modelação de acordo com todas as informações coletadas previamente, respeitando as referências de posicionamento e dimensões definidas tanto em projeto 2D quanto nas memórias descritivas. A modelação consistiu na criação de elementos, de acordo com a categoria em questão, que tivessem maior semelhança com o elemento que se desejava representar. O resultado da modelação pode ser visto na Figura 18.

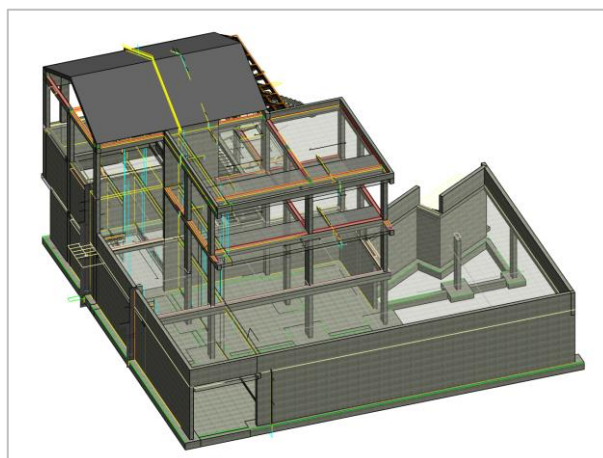


Figura 18 - Modelo criado em Revit

3.4.1.10 Discussões

Durante todas as etapas anteriores referentes à modelação, ao deparar-se com inconsistências e/ou interferências que não fossem passíveis de serem resolvidas com as informações presentes nos projetos e memoriais, foram feitas anotações chamadas de Discussões. Essas discussões visam relatar o problema encontrado, de forma clara e objetiva, e qual a decisão tomada durante a modelagem. Essas questões posteriormente dão origem a um relatório de discussões, que será apresentado ao interveniente durante as entrevistas. Todas as discussões foram feitas na plataforma web CGEP (Centro de Gestão de Projetos) de maneira a padronizar as entradas e possibilitar a análise dos dados. Nas anotações também estão incluídas imagens que ajudam a perceber qual o contexto e referência do problema apontado. A Figura 19 ilustra uma decisão inserida com imagens para um dos projetos estruturais modelados.

The screenshot shows the CGEP software interface. At the top, there is a navigation menu with options like 'Painel de Projetos', 'Modelagem', 'Coordenação', etc. Below that, the user's name 'Rodrigo Gonçalves' and the project 'CGEP 2.0' are displayed. The breadcrumb trail indicates the current location: 'Escolha o projeto / Mestrado Rodrigo - Obra 1 / Relatórios para Reunião / Decisões / Decisões / Discussão'. The main content area is titled 'Decisão 7' and contains the text: '[EST] Os elementos de Viga de Fundação, VF1, apresentam larguras diferentes entre a vista em planta e em corte.' Below the text are two small images showing technical drawings of a foundation beam. To the right of the text is a 'Status' section with the following fields: Encerrada (NÃO), Disciplina (Estrutural, #, #), EAP (-), Tipo (Discussão), Ciclo (Ciclo 01), Local (Principal), and Data Modificado (29/06/2019). On the far right, there is a '+ Discussão' section with a text input field for adding a discussion, checkboxes for 'Criar tarefa' and 'Enviar decisão para análise', a file selection dropdown, and an 'Enviar' button.

Figura 19 - Exemplo de discussão no CGEP

3.4.1.11 Revisão e Exportação

Ao final da modelagem, fez-se uma análise visual do modelo com o intuito de encontrar erros e informações incongruentes. Para os problemas encontrados nessa revisão, fez-se correções no modelo ou discussões sobre as questões levantadas. A última etapa da modelação 3D é a exportação de cada um dos ficheiros de modelo para o formato NWC. (formato de ficheiro aceito pelo software Autodesk Navisworks Manage, que será discutido na próxima seção).

3.4.2 Análise de interferências

Posteriormente após a modelação 3D, a análise de interferências foi realizada com o software Autodesk Navisworks Manage 2020 – Student Version. Segundo o fabricante, é “*[...]um software de revisão de projetos que ajuda a analisar de maneira holística modelos e dados integrados com as partes interessadas para obter um melhor controle sobre os*

resultados do projeto. Ferramentas de integração, análise e comunicação ajudam as equipes a coordenar disciplinas, resolver conflitos e planejar projetos antes do início da construção ou renovação” [49].

A ferramenta do Navisworks que permite a análise de interferências é conhecida como “*Clash Detective*”. Através desta ferramenta, é possível identificar e reportar as interferências geométricas encontradas em um conjunto de modelos BIM através de regras pré estabelecidas. As regras permitem definir o escopo da análise de interferência (modelo, tipo, categoria, família ou qualquer outro parâmetro de agrupamento de elementos), o tipo de interferência (superfície, ponto, e linhas de eixo de elementos), a tolerância (distância de tolerância para clashes, tolerância de espaço no entorno dos elementos) e a temporalidade (pode ser estática ou associada ao sequenciamento construtivo do modelo 4D).

No presente trabalho avaliaram-se as interferências entre os diferentes projetos, de maneira estática. Para isso, um modelo federado, ou seja, um modelo Navisworks contendo todas as exportações das diferentes disciplinas modeladas em Revit, foi utilizado. O resultado da análise de interferência é um relatório com as características de cada interferência encontrada, assim como informações sobre os elementos que a causaram e uma imagem ilustrativa (Figura 20).

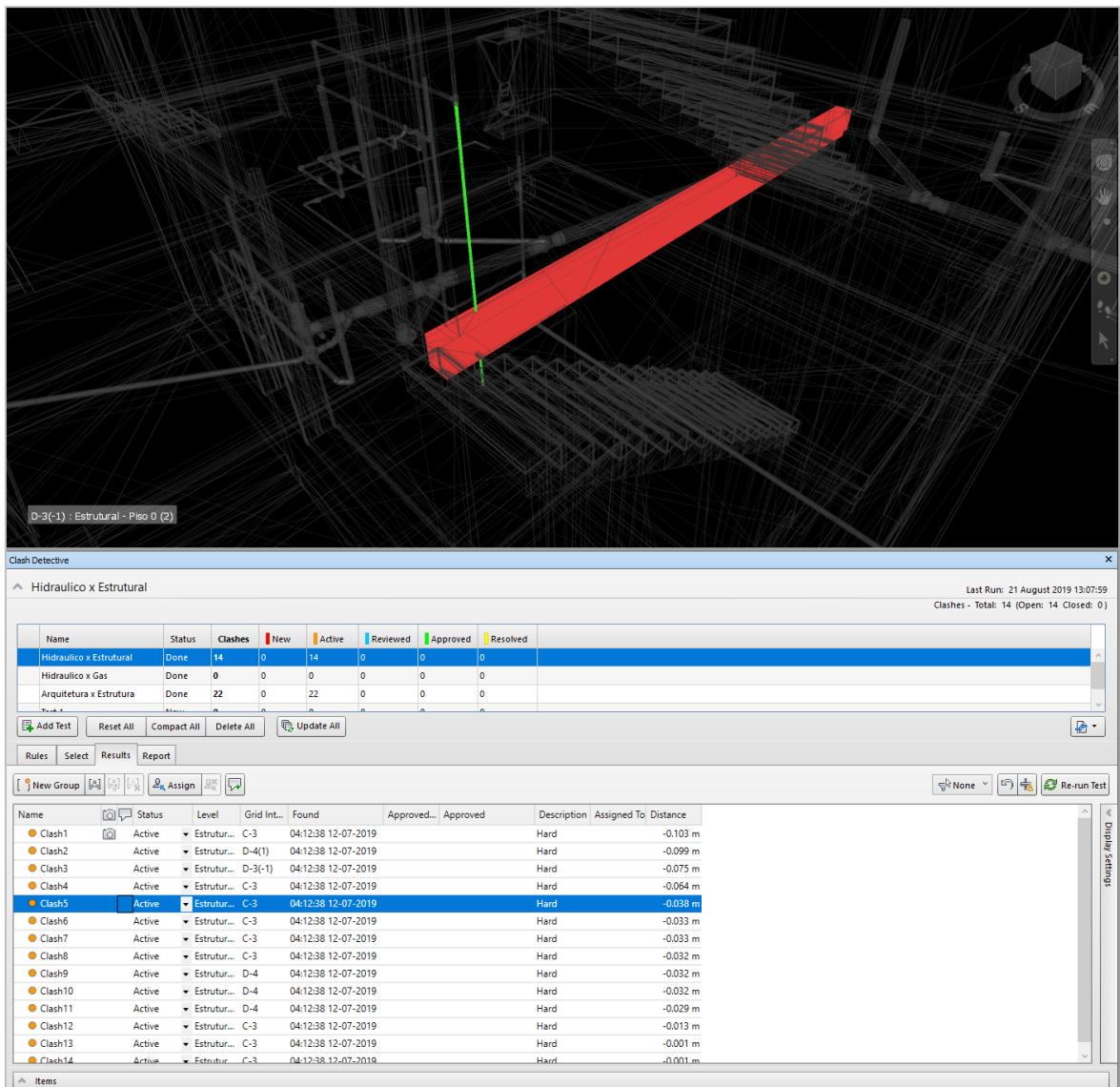


Figura 20 - Exemplo de interferência no Navisworks Manage

3.4.3 Modelação 4D

A modelação 4D foi realizada utilizando os softwares Aodesk Navisworks Manage 2020 – Student Version e Microsoft Project. A ferramenta do Navisworks utilizada para a simulação é conhecida como “*Timeliner*” e permite atribuir um cronograma de atividades de construção aos elementos do modelo 3D para visualizar a simulação do processo construtivo. A ferramenta também possui a capacidade de sincronizar os dados com arquivos de planeamento vindos do MS Project. Existe, portanto, a possibilidade de comparar de maneira visual o atendimento do cronograma planejado face ao executado em obra. Para esse trabalho, os cronogramas de atividades foram fornecidos pelos responsáveis pelas obras,

assim como a responsabilidade pela lógica de construção do documento, e convertidos para o software Microsoft Project como mostram as figuras 21 e 22.

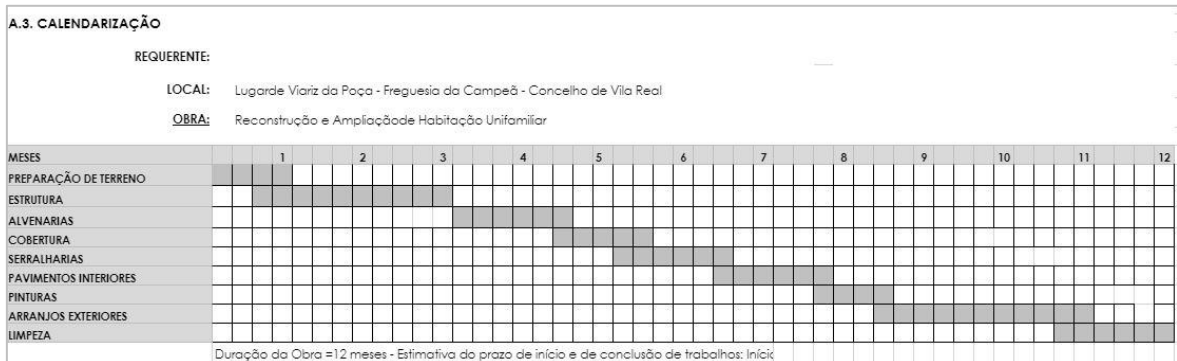


Figura 21 - Cronograma recebido em Excel

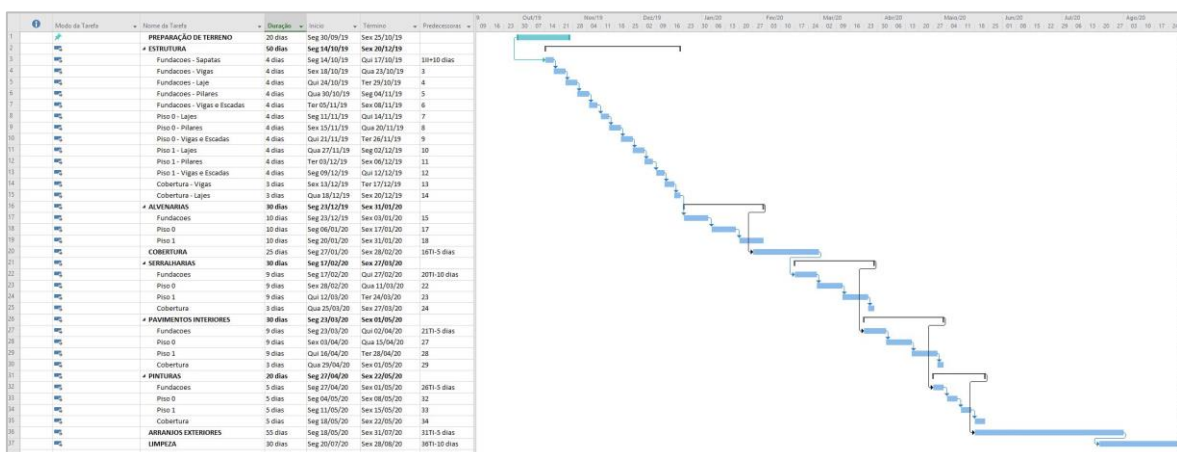


Figura 22 - Cronograma convertido para Microsoft Project

O cronograma convertido foi então inserido no Navisworks juntamente com os modelos das disciplinas (Figura 23). Para associar os itens dos modelos com as etapas do sequenciamento construtivo criaram-se sets de seleção que representam cada uma das atividades em questão, configurando-os em relação ao seu tipo (construção, demolição e modificação) conforme pode ser visto na Figura 24.

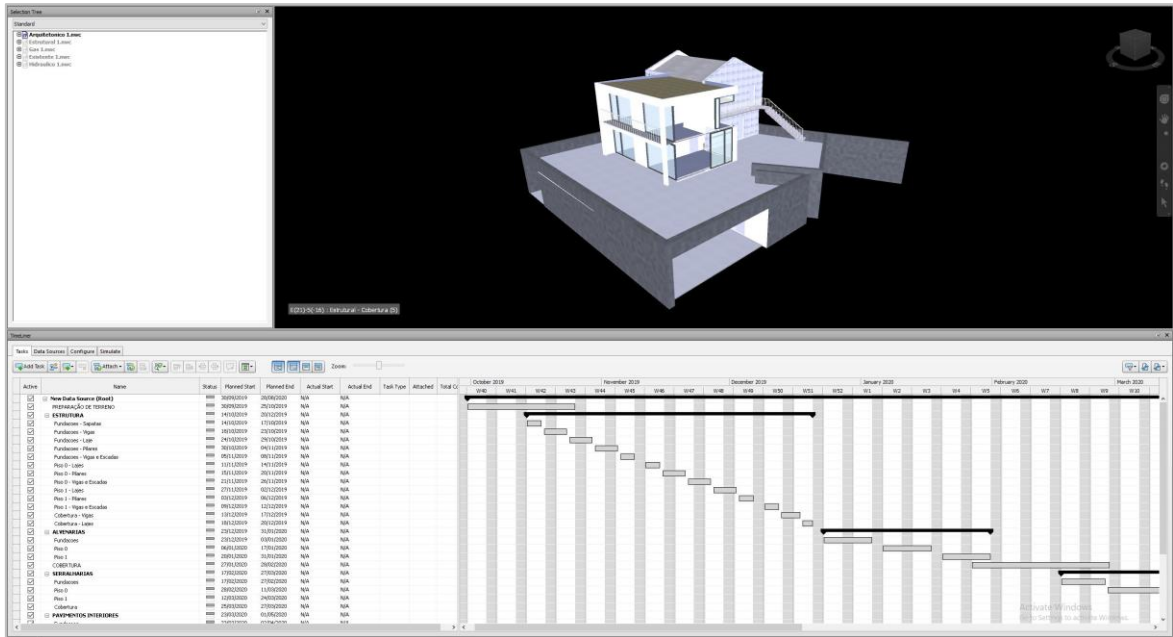


Figura 23 - Cronograma inserido no Navisworks

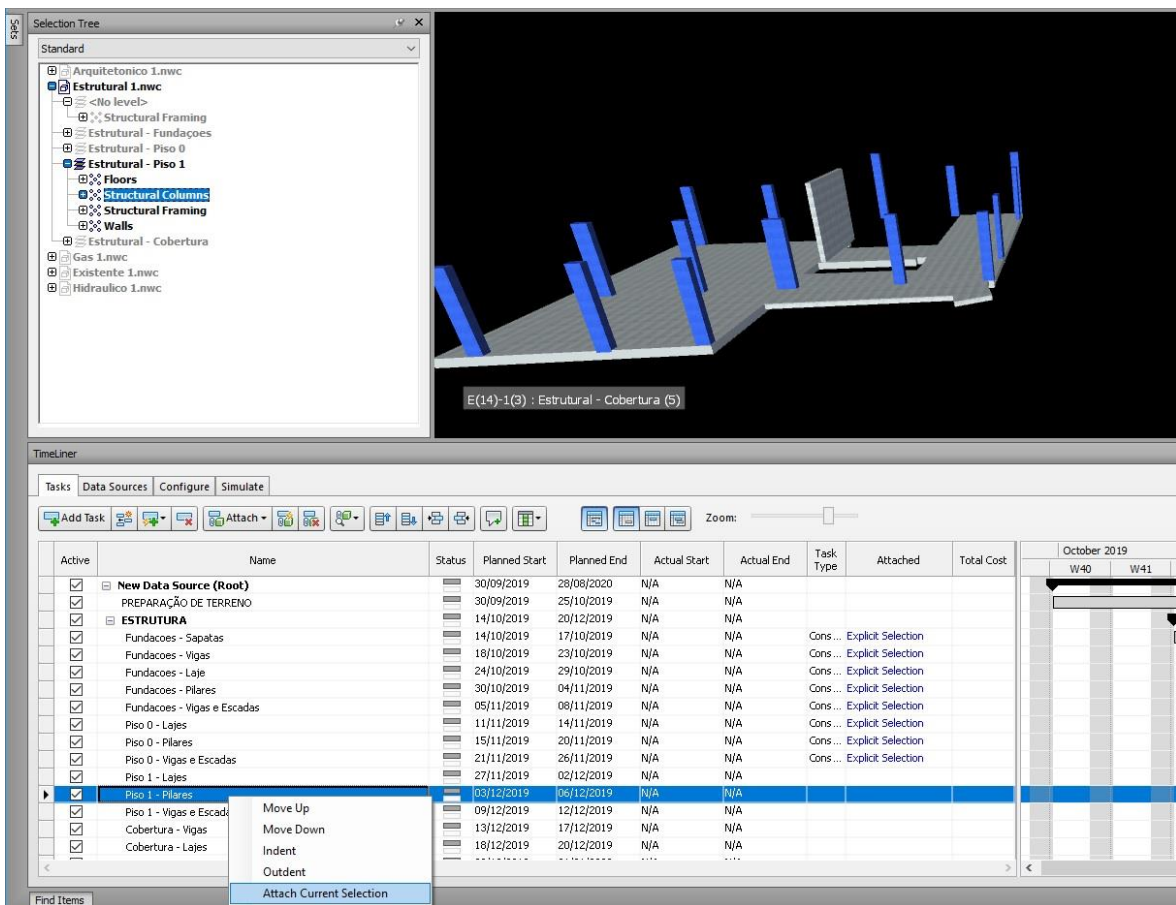


Figura 24 - Associação do cronogram a itens do modelo no Navisworks

Com todos os parâmetros configurados, foi efetuada a simulação 4D. A Figura 25 exibem um exemplo de algumas etapas do resultado da simulação.

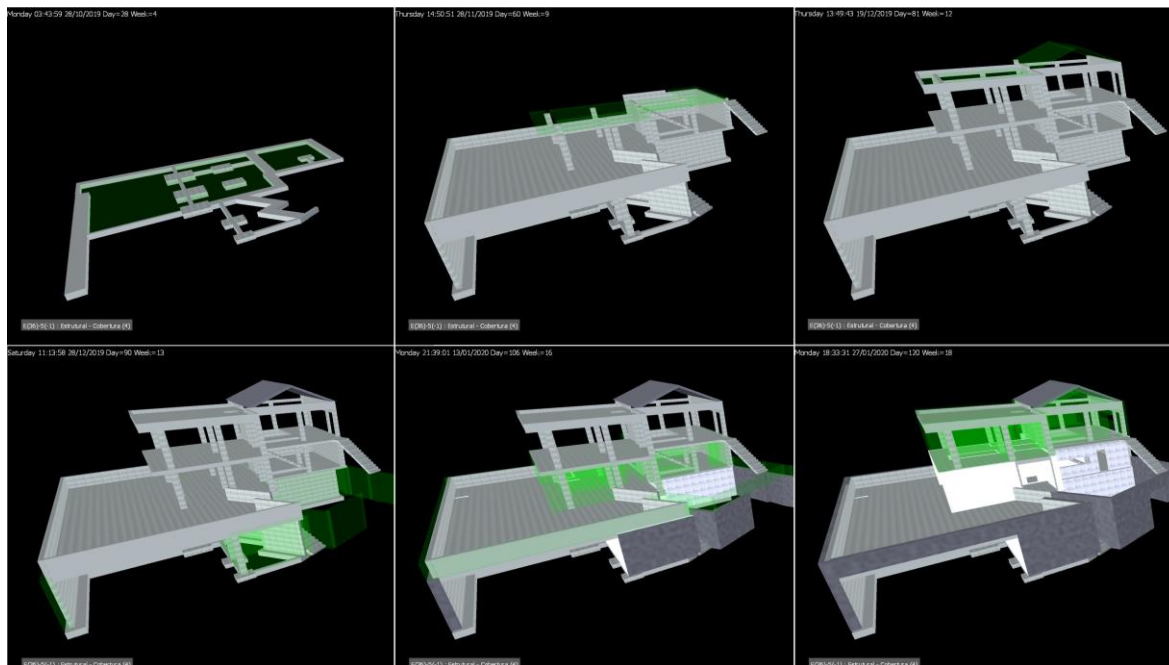


Figura 25 - Exemplo de simulação 4D

3.5 Entrevistas

A entrevista é uma técnica de recolha de dados muito utilizada em investigações, sendo esta técnica considerada um dos instrumentos de recolha de dados mais importantes em casos de estudo [47]. A definição de entrevista está associada a uma conversa intencional, planeada, que envolve duas ou mais pessoas, com o objetivo de retirar informações do ponto de vista do entrevistado. Essa dinâmica, permite ao investigador ter uma perspectiva sobre a maneira como o entrevistado interpreta o assunto em questão [50]. Quanto à estrutura, uma entrevista pode ser estruturada, semi-estruturada ou não estruturada. O presente estudo de caso fez o uso de entrevistas semi-estruturadas. Esta técnica define-se por esclarecer o domínio da pesquisa ou a questão de pesquisa específica. Este método pode descobrir dados descritivos ricos sobre as experiências pessoais dos participantes. As informações coletadas durante entrevistas semi-estruturadas podem mover o processo de inovação de tópicos gerais (domínios) para *insights* mais específicos (fatores e variáveis). Pode ser usado para desenvolver uma hipótese preliminar, explicar relacionamentos e criar uma base para futuras pesquisas [51].

As entrevistas foram elaboradas com o responsável pela obra em cada um dos casos de estudo, com base no plano de entrevista uniformizado para os diferentes casos de estudo aplicado, conforme a Tabela 5. O formato de entrevista manteve-se igual para todos os casos de estudo, independentemente do estágio de conclusão da obra. Para o caso de estudo 2, que já estava em fase final de conclusão, somente alterou-se o tempo das perguntas 5a) a 5d), com o intuito de perceber se as discussões/interferências haviam de fato sido encontradas no estaleiro.

Tabela 5 – Plano de entrevista previsto

Passo	Descrição
1	Exibição dos Modelos 3D
2	Exibição das Discussões de Projeto
3	Exibição da Análises de Interferências
4	Exibição do Modelo 4D
5	Perguntas
5a	As discussões apontadas já eram esperadas?
5b	Considera que as discussões apontadas são relevantes para a execução/qualidade do projeto?
5c	As interferências apontadas já eram esperadas?
5d	Considera que as interferências apontadas são relevantes para a execução/qualidade do projeto?
5e	Considera que o modelo 4D pode ajudar na visualização/elaboração do sequenciamento das atividades e medidas de segurança?
5f	Considera que a utilização de BIM em obras de reabilitação é viável? Se não, qual o motivo?
5g	Em sua opinião, quais são as principais vantagens da utilização de BIM em obras de reabilitação?
5h	Em sua opinião, quais são as principais desvantagens da utilização de BIM em obras de reabilitação?
5i	Em sua opinião, quais são as principais restrições/problemas/ameaças da utilização de BIM em obras de reabilitação?
5j	Podes antever outras oportunidades da utilização de BIM em obras de reabilitação? (Exemplos: Simulações de custo baseada em N cenários, Agregação de informação da envolvente ao modelo, Agregação da classificação do estado de degradação dos elementos, Simulações Energéticas / Acústicas, Interação com o Cliente, Colaboração entre os projetistas, etc).

Devido ao alto número de discussões e interferências encontradas, somente foram apresentadas em entrevista as principais, que serão também exibidas na seção 4. Estas foram aleatoriamente escolhidas abrangendo combinações diferentes entre disciplinas e tipos de problemas encontrados. O relatório completo, contendo cada uma das interferências e discussões apontadas, assim como os modelos elaborados, foram entregues aos intervenientes após as entrevistas e podem ser vistos nos anexos deste trabalho.

3.6 Análise SWOT

3.6.1 Conceito

A análise SWOT (abreviação da sigla em inglês *SWOT: Strengths, Weakness, Opportunities, Threats*) é uma ferramenta originalmente criada, em estratégia de negócios, para avaliar como uma organização se compara com a concorrência. Sua criação é comumente creditada a Albert Humphrey, mas essa atribuição permanece discutível e, até hoje, não existe um criador aceite universalmente.

A análise SWOT é eficientemente usada para identificar condições ambientais e capacidades intraorganizacionais envolvidas em um projeto e tem sido amplamente utilizada em vários processos de tomada de decisão dentro das empresas. Além do contexto de negócios, a análise SWOT pode ser aplicada em diversos campos, desde o nível individual, para avaliar a situação de uma pessoa em comparação a outras, até para auxiliar na adoção de novas tecnologias.

O objetivo de uma análise SWOT é formular sistematicamente recomendações para ajudar a determinar a tomada de decisão, particularmente nos casos em que a evidência empírica está faltando. Nesta análise, em primeiro lugar, o objetivo do projeto é definido e, em seguida, seus fatores determinantes internos e externos são identificados. Este método pode contribuir para investigar e avaliar questões de todos os aspectos principais, nos quais cada questão é analisada de forma abrangente, com base nos fatores mencionados. [52]

3.6.2 Aplicação da análise SWOT

A aplicação da análise SWOT normalmente é feita com uma matriz. Através da Figura 26 é ilustrada a estrutura da matriz, que divide o escopo da avaliação em fatores Internos/Externos de impactos Positivos/Negativos.

Em *Strengths*, ou Forças, relacionam-se as características que refletem uma vantagem sobre outras opções semelhantes, em relação aos principais objetivos. O escopo das Forças está relacionado aos fatores internos, e de aspecto positivo, do que está sendo analisado. Para *Weaknesses*, ou Fraquezas, são relacionadas características que fazem as chances de se alcançar os objetivos menor em relação às outras opções. O escopo das Fraquezas está relacionado aos fatores internos, e de aspecto negativo, do que está sendo analisado. Para *Opportunities*, ou Oportunidades, são analisados os fatores externos, ainda

não implementados, que levam a um melhor desempenho em relação aos objetivos. E em *Threats*, ou Ameaças, são considerados fatores externos, que poderiam desafiar o sucesso de se alcançar os objetivos.



Figura 26 - Matriz SWOT - Fonte: Adaptado de [53]

A utilização da análise SWOT para avaliação de diferentes usos de BIM já foi discutida em outras publicações [53][54][55]. Essa análise pode fornecer uma visão mais objetiva das possíveis maneiras que o BIM pode afetar os projetos e empresas. Além disso, pode também ajudar a combater a resistência interna e alinhar diferentes pontos de vista dentro da equipe de gestão de projetos [53].

A elaboração da matriz SWOT, para o presente estudo, dá-se a partir das opiniões emitidas pelos intervenientes no ato das entrevistas. As respostas, obtidas principalmente nas questões g) até h) da entrevista, serão tabuladas de forma a serem enquadradas na matriz SWOT conforme as definições apresentadas na revisão teórica.

4 CASOS DE ESTUDO

4.1 Breve introdução

Foram utilizados para este trabalho três casos de estudo distintos. Os casos escolhidos foram selecionados de acordo com a localização e tamanho da obra a ser realizada. Todos os casos são enquadrados como reabilitação, apesar de em algumas situações terem obras de maior profundidade, mas que contribuíram para significativas melhorias, tendo no entanto todos os seus pré requisitos mínimos analisados para serem considerados aptos à presente análise.

Optou-se por se escolher obras residenciais de pequeno porte para, justamente, avaliar a utilização de BIM nesse contexto. Todos os casos encontram-se em Portugal, na região de Trás os montes. A documentação utilizada para os estudos foi fornecida pelos intervenientes e foram modelados os projetos disponibilizados que apresentavam detalhamento mínimo para que fosse possível avaliar as interferências espaciais.

Os empreendimentos estudados nos casos de estudo são:

- Caso de Estudo 1 – Reconstrução e ampliação de uma habitação unifamiliar (Campeã – Vila Real)
- Caso de Estudo 2 – Reconstrução / adaptação de uma habitação unifamiliar em Unidade de Alojamento Local e Estabelecimento de Bebidas (Formil – Bragança)
- Caso de Estudo 3 – Reconstrução e ampliação de uma habitação unifamiliar (Almodena – Vila Real)

Em cada caso de estudo fez-se a modelação em BIM 3D, conforme a metodologia estabelecida no item 3.4, dos projetos 2D fornecidos. A partir do modelo tridimensional, fez-se a compatibilização dos projetos a fim de evidenciar os problemas e constrangimentos existentes. Paralelamente, fez-se a modelação 4D, utilizando os cronogramas de atividades, com o auxílio dos softwares MSProject e Autodesk Navisworks.

A partir dos resultados das modelações 3D e 4D, analisaram-se detalhadamente todos os dados disponíveis e resultados obtidos. Posteriormente, elencaram-se constrangimentos e diversos problemas em cada projeto estudado. Deste modo, foram promovidas entrevistas aos *stakeholders* envolvidos, com intuito de averiguar a existência dos problemas apontados pelas análises BIM assim como perceber seus potenciais impactos. Adicionalmente, os

intervenientes foram questionados quanto as vantagens, desvantagens, restrições/problemas e possibilidades da utilização de BIM em obras de reabilitação.

4.2 Caso de estudo 1

4.2.1 Descrição

O presente caso de estudo consiste na Reconstrução e Ampliação de uma habitação unifamiliar, ilustrada nas Figuras 27 a Figura 30, atualmente sem condições de utilização, na localidade de Campeã , pertencente ao concelho de Vila Real. O terreno, com aproximadamente 600 m², encontra-se localizado em espaço rural.

O projeto preve a reabilitação do edifício degradado, preservando as paredes exteriores existentes, em xisto, e a utilização de materiais de uso corrente, e se possível empregues na região. A intervenção dá-se reabilitando as paredes exteriores existentes na sua totalidade, e integrando todo o restante de forma a que se enquadre na sua envolvente. Para a estrutura, serão executados elementos em betão armado e alvenarias estruturais. As vigas de madeira existentes também serão preservadas, mas terão utilidade somente estética. A área total da edificação original é de 60 m². A ampliação será constituída de três pisos, cave, rés-do-chão e andar, encontrando-se adaptada à topografia do terreno e à configuração da propriedade e, por espaços exteriores – varandas e terraços. A área total de construção da edificação após a intervenção será de 250,30 m².



Figura 27 - Caso de estudo 1 - Vista Panorâmica



Figura 28 - Caso de estudo 1 -
Vista Lateral



Figura 29 - Caso de estudo 1 -
Vista Frontal



Figura 30 - Caso de estudo 1 - Vista
Aérea

4.2.2 Documentação disponível

Na tabela 6 são apresentados os projetos disponibilizados que foram utilizados para a elaboração dos modelos BIM para o presente caso de estudo.

Tabela 6 – Documentação do Caso de Estudo 1

Disciplina	Escopo
Estruturas	Projeto contendo os elementos estruturais e alvenarias estruturais para todos os pavimentos. As lajes, serão executadas em vigotas pré-esforçadas com abobadilhas ou maciças de betão armado. As coberturas serão inclinadas ou planas em betão armado. Os pilares e vigas serão executados em betão armado. As fundações serão executadas utilizando-se sapatas não profundas e vigas de solidarização em betão armado. Existirão algumas paredes com função estrutural em alvenaria estrutural.
Arquitetura	Projeto contendo os elementos arquitetónicos para todos os pavimentos. Os exteriores das partes existentes serão de xisto e as partes referentes à ampliação terão acabamentos exteriores em sistema ETICS.
Hidráulico	Projeto contendo toda a rede hidráulica da edificação. As instalações consideradas incluem o sistema de distribuição de água para usos gerais e sanitários, sistema de drenagem de águas residuárias domésticas, poço de bombagem de águas residuais domésticas e sistema de drenagem de águas pluviais.
Térmico	Projeto contendo o estudo térmico para todos os pavimentos, assim como os pormenores de composição dos pavimentos, paredes, coberturas e envidraçados.
Gás	Projeto contendo o abastecimento de gás para todos os pavimentos, incluindo o contador, redutores de segurança, válvulas, pontos de consumo e ventilação.

4.2.3 Modelação 3D

4.2.3.1 Modelo Existente

O modelo existente, ilustrado na Figura 31, foi elaborado com base em dados coletados em visita à edificação. As dimensões dos elementos foram medidas com o auxílio de uma fita métrica e as informações referentes à composição destes foram fornecidas pelo interveniente.

No presente modelo foram criados 10 elementos, distribuídos entre as categorias de portas, telhados, escadas e paredes. Não foi adicionada nenhuma discussão durante a sua elaboração e, por se tratar do modelo inicial, não foi utilizada nenhuma referência espacial baseada em outro modelo.

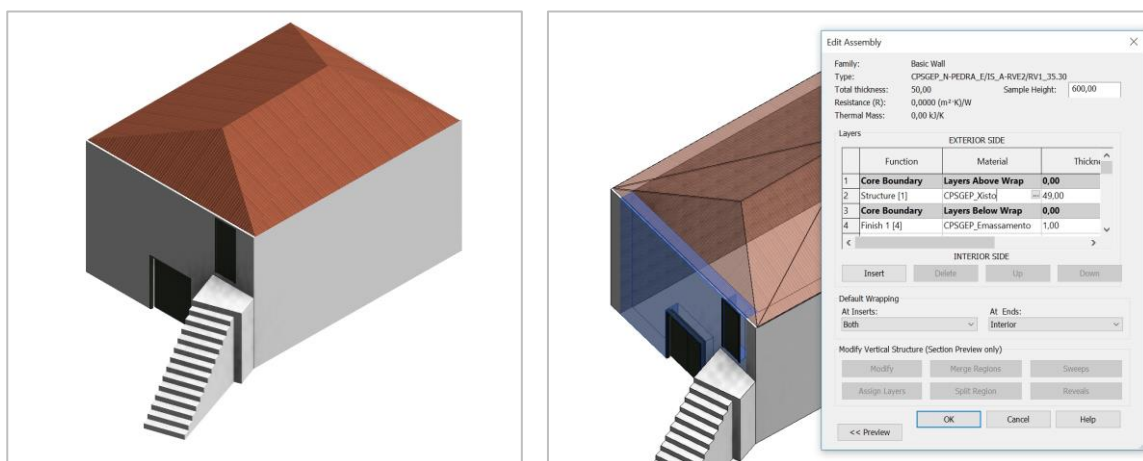


Figura 31 - Caso de estudo 1 – Modelo Existente

4.2.3.2 Modelo Estrutural

O modelo estrutural, ilustrado na Figura 32, foi elaborado com base no projeto estrutural. As dimensões e características dos elementos foram determinadas de acordo com as informações gráficas, tabelas e pormenores.

No presente modelo foram criados 178 elementos, distribuídos entre as categorias de vigas, pilares, lajes, escadas, sapatas e paredes. Foram adicionadas cinco discussões, presentes no Anexo A, referentes às informações de projeto. O modelo foi elaborado com referência espacial ao modelo do existente.

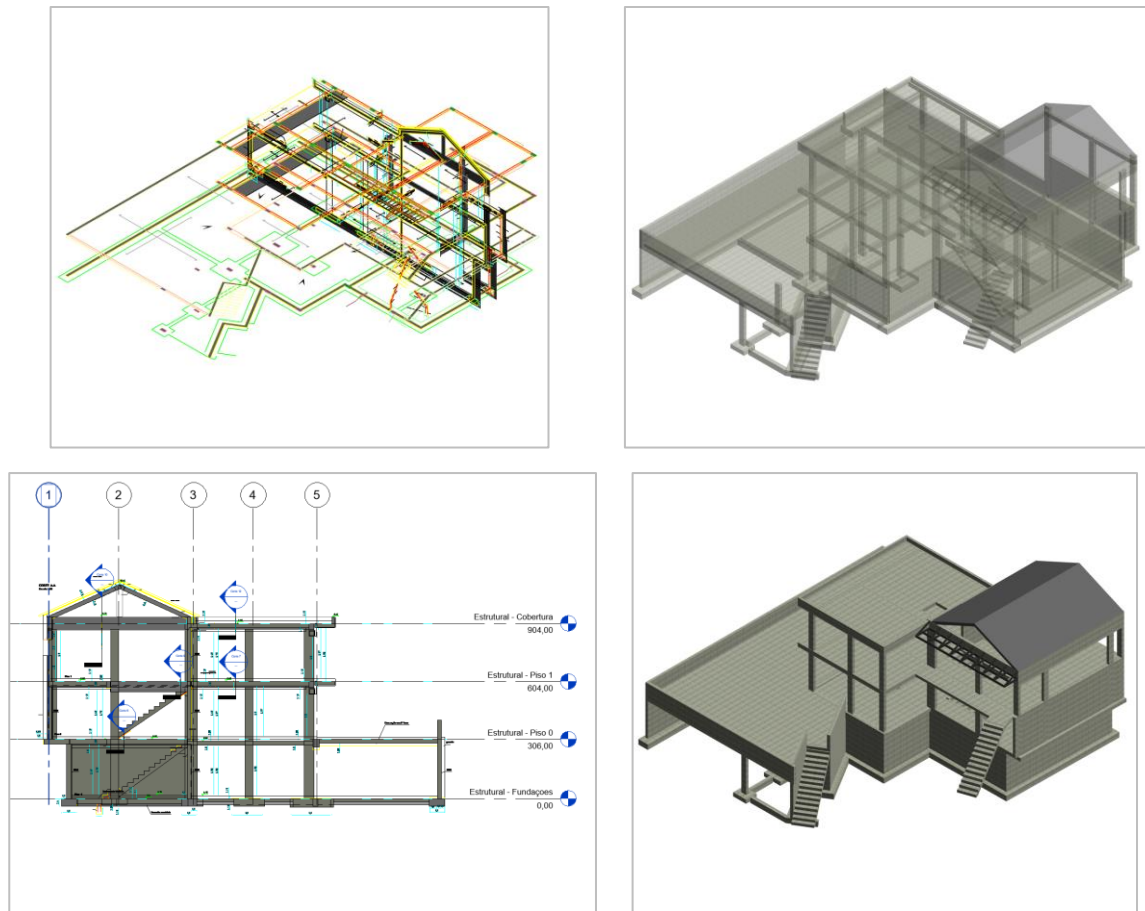


Figura 32 - Caso de estudo 1 – Modelo Estrutural

4.2.3.3 Modelo Arquitetônico

O modelo arquitetônico, ilustrado na Figura 33, foi elaborado com base nos projetos arquitetônico e térmico. O projeto térmico contém detalhes suprimidos no projeto arquitetônico quanto às composições de pavimentos, paredes, coberturas e envidraçados. As dimensões e características dos elementos foram determinadas de acordo com as informações gráficas, tabelas, pormenores e informações presentes na memória descritiva e justificativa.

No presente modelo foram criados 387 elementos, distribuídos entre as categorias de janelas, paredes, corrimãos de escada, acabamentos de escada, telhados, corrimãos, calhas, pisos, portas, paredes cortina e forros. Foram adicionadas sete discussões, presentes no Anexo A, referentes às informações de projeto. O modelo foi elaborado com referência espacial ao modelo estrutural.



Figura 33 - Caso de estudo 1 – Modelo Arquitetônico

4.2.3.4 Modelo Hidráulico

O modelo hidráulico, ilustrado na Figura 34, foi elaborado com base no projeto de hidráulica. Esse modelo contempla as instalações de abastecimentos de água frias e quentes, assim como as drenagens de água residuais e pluviais. As dimensões e características dos elementos foram determinadas de acordo com as informações gráficas, tabelas, pormenores e informações presentes na memória descritiva e justificativa.

No presente modelo foram criados 873 elementos, distribuídos entre as categorias de tubulação, acessórios de tubos, conexões de tubo, equipamento mecânico, equipamento especial e peças hidrossanitárias. Foram adicionadas sete discussões, presentes no Anexo A, referentes às informações de projeto. O modelo foi elaborado com referência espacial ao modelo arquitetônico, atendendo às condicionantes impostas pelo projeto de estruturas.

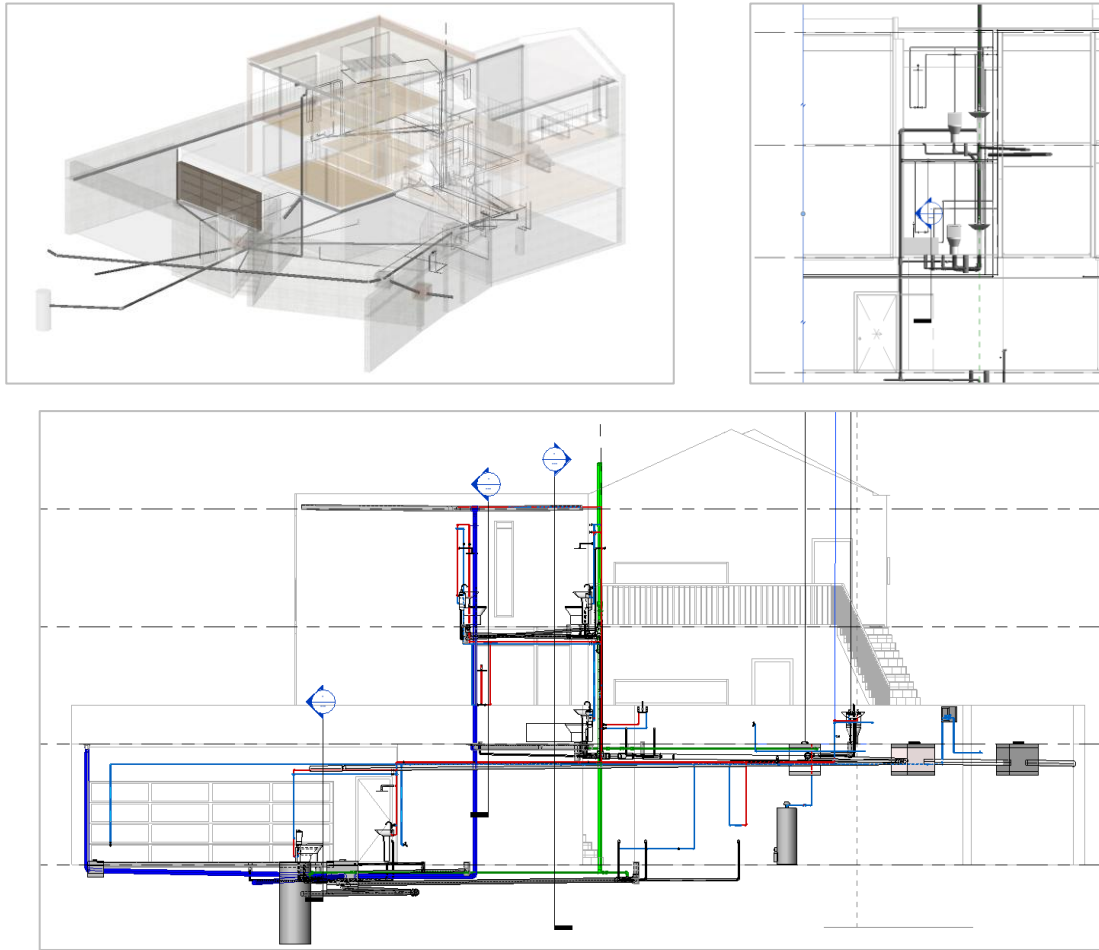


Figura 34 - Caso de estudo 1 – Modelo Hidráulico

4.2.3.5 Modelo Instalações de Gás

O modelo de gás, ilustrado na Figura 35, foi elaborado com base no projeto de instalações de gás. As dimensões e características dos elementos foram determinadas de acordo com as informações gráficas, tabelas, pormenores e informações presentes na memória descritiva e justificativa.

No presente modelo foram criados 68 elementos, distribuídos entre as categorias de acessórios de tubo, conexões de tubo, equipamento elétrico, equipamento mecânico, tubulação e tubulação flexível. Foi adicionada uma discussão, presente no Anexo A, referente às informações de projeto. O modelo foi elaborado com referência espacial ao modelo arquitetônico, atendendo às condicionantes impostas pelo projeto de estruturas.

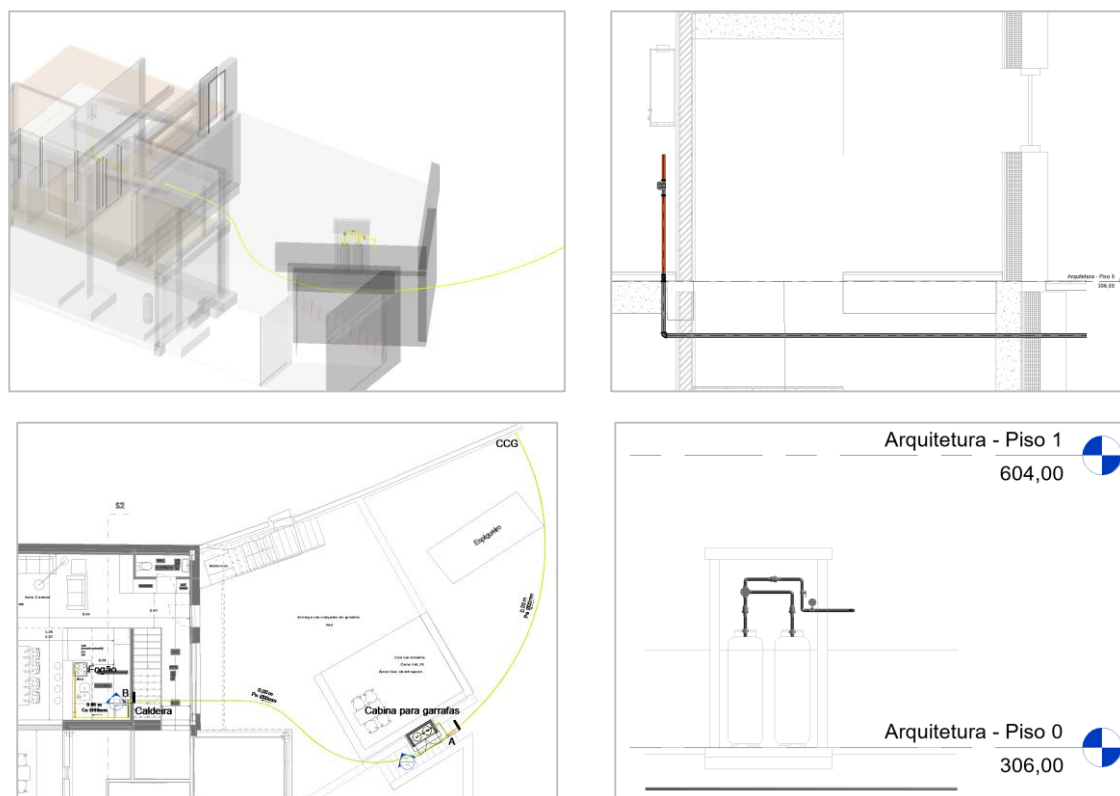


Figura 35 - Caso de estudo 1 – Modelo Instalações de Gás

4.2.4 Modelação 4D

A Figura 36 representa o sequenciamento construtivo para o presente caso de estudo. Segundo o cronograma disponibilizado pelo interveniente, presente no Anexo A, a obra é iniciada no dia 30 de Setembro de 2019 e com previsão de final para o dia 28 de Agosto de 2020. No modelo 4D é possível para qualquer data, determinar o estado previsto de construção e através do cronograma elaborado em Microsoft Project, acompanhar o atendimento das atividades programadas visualmente no modelo. A simulação 4D evidenciou o sequenciamento de atividades, que nesse caso não apresentou qualquer problema lógico de ordenamento. O modelo elaborado permite também o estudo de distribuição de materiais e tarefas no estaleiro.

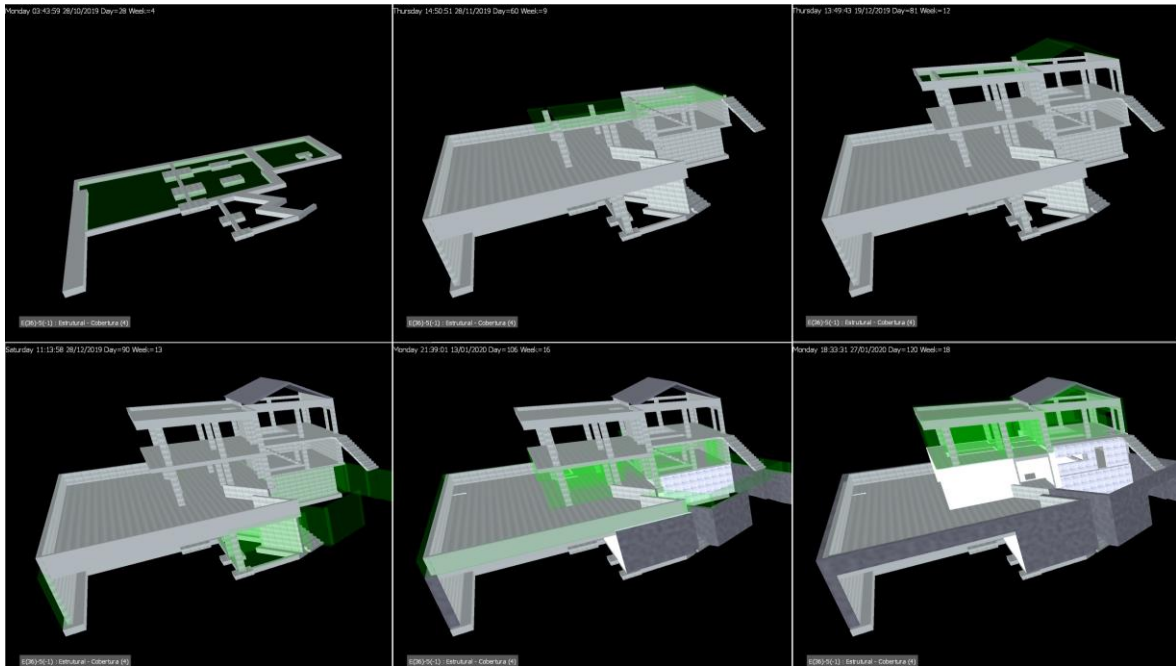


Figura 36 - Caso de estudo 1 – Simulação 4D

4.2.5 Principais resultados do Caso de Estudo 1

4.2.5.1 Resultado das discussões

Foram registadas um total de 20 discussões (D1 A D20 – Anexo A) sobre os projetos, distribuídas, conforme a Figura 37.

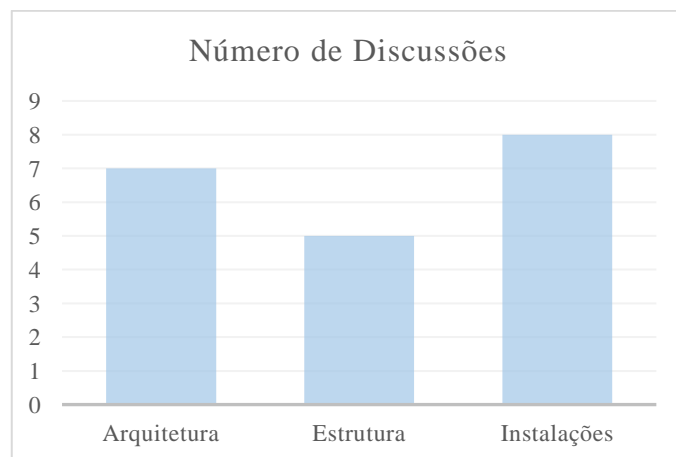


Figura 37 - Caso de estudo 1 – Gráfico de Discussões

A maioria das discussões está associada a falta de informação em projeto e algumas referem-se à inconsistências espaciais dos itens. O relatório com todas as discussões encontra-se no Anexo A.

As quatro discussões selecionadas aleatoriamente para serem apresentadas aos *stakeholders* na entrevista seguem abaixo.

Discussão D4 – Arquitetônico

Comentários: O desenvolvimento do projeto estrutural não segue a posição nem a dimensão dos pilares do projeto arquitetônico. As linhas em azul, na Figura 38, são referentes ao projeto Arquitetônico (Figura 38).

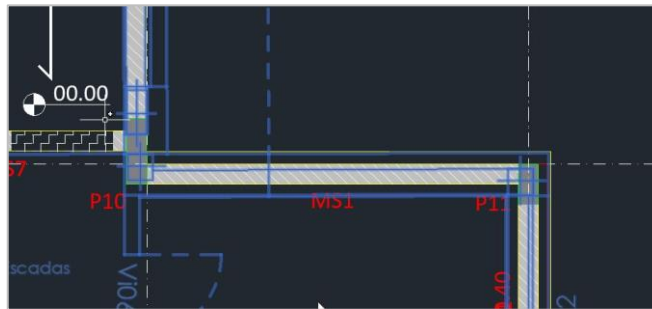


Figura 38 - Caso de estudo 1 – Discussão D4

Discussão D13 – Hidráulico

Comentários: Os pormenores não se aplicam a situação do projeto, pois foi determinado que as tubagens passam entre o forro e a laje dos pavimentos. O pormenor apresenta uma elevação para as tubagens que difere da definição em planta (Figura 39).

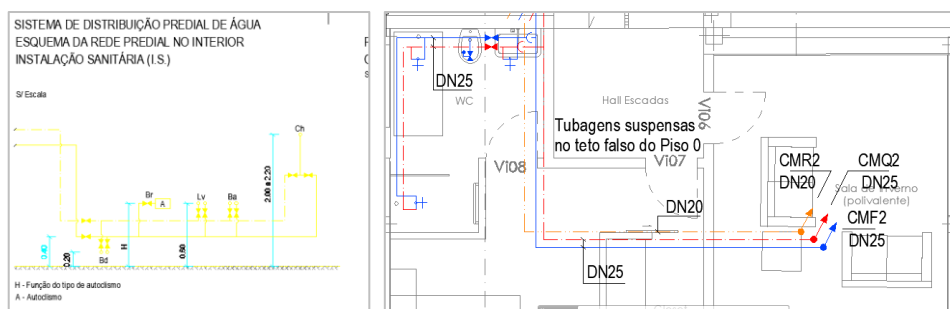


Figura 39 - Caso de estudo 1 – Discussão D13

Discussão D17 – Estrutural

Comentário: No Corte 3, da Figura 40, que representa a laje ehá a indicação de Laje Aligeirada, em planta esta laje está definida como Laje Maciça (Figura 40).

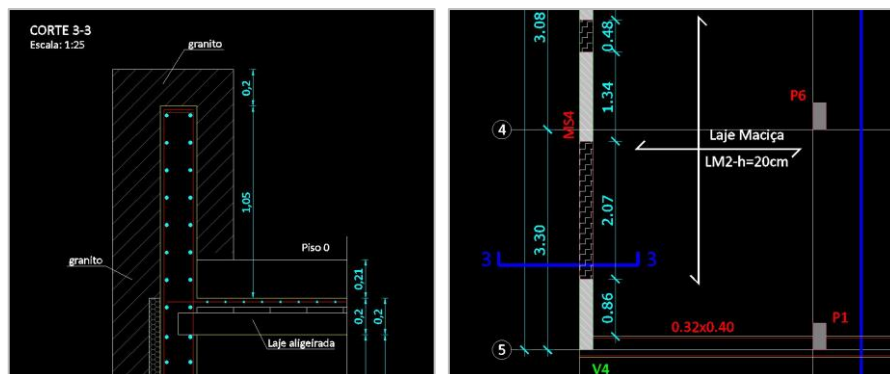


Figura 40 - Caso de estudo 1 – Disucussão D17

Discussão D15 – Gás

Comentário: A passagem original da rede externa de gás sobrepõe-se à escada (Figura 41).



Figura 41 - Caso de estudo 1 – Disucussão D15

4.2.5.2 Resultado das interferências

Foram identificadas um total de 24 interferências. A Tabela 7 ilustra a distribuição das interferências em relação aos projetos que apresentaram os conflitos para cada um dos

casos. O gradiente de cor indica, para cor avermelhada, as ocorrências mais frequentes, enquanto que a cor verde representa as ocorrências menos frequentes. Para o presente projeto, o maior número de interferências ocorreu entre os projetos arquitetônico e estrutural. Já interferências dos projetos estrutural com estrutural e instalações com instalações não apresentaram nenhuma ocorrência. O relatório com todas as interferências encontra-se no Anexo A.

Tabela 7 – Caso de estudo 1 – Distribuição de Interferências

	Arquitetônico	Estrutural	Instalações
Arquitetônico	2	14	4
Estrutural	X	0	4
Instalações	X	X	0

As quatro interferências selecionadas aleatoriamente para serem apresentadas aos *stakeholders* na entrevista seguem abaixo.

Interferência I7 – Arquitetônico x Estrutural

Comentários: Laje do projeto estrutural extrapolando o limite estabelecido no projeto arquitetônico (Figura 42).

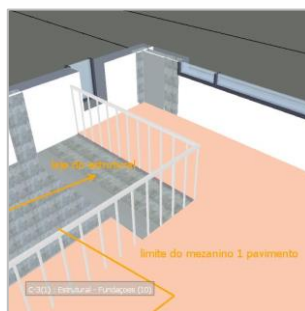


Figura 42 - Caso de estudo 1 – Interferência I7

Interferência I14 – Arquitetônico x Arquitetônico

Comentário: Sobreposição da escada com a janela (Figura 43).

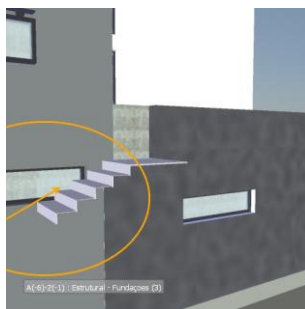


Figura 43 - Caso de estudo 1 – Interferência I14

Interferência I16 – Hidráulico x Estrutural

Comentário: Sobreposição da sapata da fundação com caixa de visita (Figura 44).

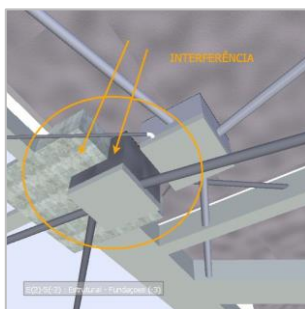


Figura 44 - Caso de estudo 1 – Interferência I16

Interferência I23 – Arquitetônico x Gás

Comentário: Tubulação que tem passagem entre o forro e a laje está exposta na escada (Figura 45).

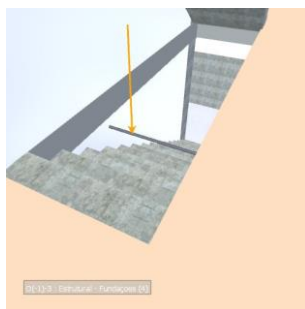


Figura 45 - Caso de estudo 1 – Interferência I23

4.2.5.3 Resultado da entrevista

A entrevista foi feita conforme o plano de entrevista, detalhado no item 3.5. Não houveram desvios em relação ao previsto e pode-se obter as respostas para todos os questionamentos levantados. O entrevistado para o caso de estudo 1 foi o dono da obra e também fiscal e proprietário.

Como resultados da entrevista, obteve-se a verificação das discussões apontadas no desenvolvimento dos modelos BIM. Todas as discussões exibidas na entrevista foram validadas pelo interveniente e consideradas como relevantes para a execução e qualidade do projeto. Para as interferências, o comportamento manteve-se, as observações exibidas revelaram pontos importantes de incompatibilidade entre os projetos que darão origem a revisões de projetos, segundo o interveniente. Estas revisões visam evitar os problemas apontados e sua posterior resolução em fase de obra.

O interveniente considerou a utilização de BIM viável em obras de reabilitação, ressaltando-se que a coordenação entre os projetos é um fator impulsionado pelo uso desta tecnologia. O modelo 4D foi considerado útil na visualização e elaboração do sequenciamento construtivo e avaliou a viabilidade do seu uso principal condicionado ao tamanho da obra e número de equipes de trabalho.

Do ponto de vista do interveniente, a principal força da utilização de BIM está relacionada ao potencial de detecção de incompatibilidades e a facilidade de visualização espacial do produto final. A principal fraqueza ressaltada, foi a dificuldade em incorporar os custos de implementação e operação de BIM ao produto final. Ainda, segundo o interveniente, as principais oportunidades estão relacionadas ao processo de venda dos serviços, onde o BIM pode ajudar a concretização de contratos através de apelo visual e uma sensação de maior controle sobre a obra. Como ameaças, ressaltou que o modelo 3D, ao ser exibido ao cliente final, pode fomentar discussões de pormenores que passariam desapercibidos sem uso dessa tecnologia.

4.2.6 Conclusão do caso de estudo 1

A utilização de BIM para o presente caso de estudo demonstrou com sucesso o potencial dessa tecnologia no âmbito da gestão de projetos de reabilitação. Os resultados das

entrevistas, a partir dos resultados das análises BIM, puderam comprovar a utilidade da sua utilização. Além das interferências normalmente distribuídas entre as disciplinas, foi detectado um número considerável de interferências entre os projetos de arquitetura e estrutura. Esse fato evidenciou a baixa colaboração entre os projetistas no momento da concepção dos projetos e levantou a questão sobre um possível desfaseamento de versão entre estes projetos. As discussões evidenciaram a ausência de informações importantes de projeto que teriam que ser determinadas em fase de obra podendo comprometer o cumprimento do prazo.

Para além da verificação da utilização de BIM, os resultados das análises anteciparam a resolução de problemas que aconteceriam em fase de obra. As discussões e interferências ressaltadas, originaram aos projetistas revisões de projeto.

Notou-se, principalmente para os projetos de instalações hidráulicas e de gás, que os projetos apresentam algumas representações gráficas não literais. Pôde-se interpretar que o traçado das linhas dos sistemas serve apenas como um guia de execução e não como uma referência exata e absoluta sobre o posicionamento daqueles itens na construção.

4.3 Caso de estudo 2

4.3.1 Descrição

O presente caso de estudo consistiu na reconstrução de uma habitação unifamiliar, sem condições de utilização, ilustrada nas Figuras 46 a Figura 49, e sua posterior adaptação a Unidade de Alojamento Local e Estabelecimento de Bebidas, na localidade de Formil, pertencente ao concelho de Bragança. O terreno, com área total de 700 m², encontra-se implantado em espaço rural com características típicas de aglomerados rurais do nordeste transmontano português.

O projeto previu a reabilitação do edifício degradado, preservando a maioria do seu existente com objetivo de integração plena na malha existente, utilizando-se materiais de uso corrente, e se possível empregues na região. A intervenção, distribuída em dois pisos, se deu reabilitando as paredes exteriores na sua totalidade, e integrando todo o restante de forma a que se enquadre na sua envolvente. Para a estrutura, foi mantida a existente em alvenaria de pedra de xisto sendo a estrutura de pavimento num sistema de vigas em perfil metálico ascendentes nas paredes de alvenaria de pedra existentes. A área útil total da edificação é 452,10 m² e após a ampliação a área total de construção será de 2053,10 m².



Figura 46 - Caso de estudo 2 - Vista Panorâmica



Figura 47 - Caso de estudo 2 - Vista Lateral



Figura 48 - Caso de estudo 2 - Vista Frontal



Figura 49 - Caso de estudo 2 - Vista Aérea

4.3.2 Documentação disponível

Na tabela 8 são apresentados os projetos disponibilizados que foram utilizados para a elaboração dos modelos para o presente caso de estudo.

Tabela 8 – Documentação do Caso de Estudo 2

Disciplinas	Descrição
Estruturas	Projeto contendo os elementos estruturais a construir e existentes para todos os pavimentos. A estrutura de pavimento, foi projetada num sistema de vigas em perfil metálico ascendentes nas paredes de alvenaria de pedra existentes. As lajes são mistas e cobertura inclinada em estrutura de madeira com vigas lameladas.
Arquitetura	Projeto contendo os elementos arquitetônicos para todos os pavimentos. A intervenção se dará preservando as paredes exteriores de xisto na sua totalidade e para os elementos novos, revestimento utilizando o sistema ETICS.
Água Fria e Água Quente	Projeto contendo o toda a rede hidráulica de distribuição de águas frias e águas quentes da edificação. As instalações consideradas incluem o sistema de distribuição de água para usos gerais e sanitários, equipamentos hidráulicos de bombeamento e aquecimento.
Pluviais	Projeto contendo o toda a rede hidráulica de drenagem de água pluviais da edificação. As instalações consideradas contemplam o sistema de drenagem de água pluviais incluindo os ramais em zinco, caleiras e tubos de queda.
Esgotos	Projeto contendo o toda a rede hidráulica de drenagem de água residuárias domésticas da edificação. As instalações consideradas contemplam o sistema de drenagem de água residuárias domésticas incluindo os ramais de descarga, tubos de queda, coletores e ramal de ligação.
ITED	Projeto contendo o toda a infraestrutura de telecomunicações da edificação. As instalações consideradas contemplam uma rede individual de tubos e caixas, para todos os pavimentos, comum a três redes de cablagem: pares de cobre (Voz/Dados), cabos coaxiais (TV/Rádio), e de fibra ótica.

4.3.3 Modelação 3D

4.3.3.1 Modelo Existente

O modelo existente, ilustrado na Figura 50, foi elaborado com base no levantamento existente, ilustrado nos projetos de estruturas e arquitetura. As dimensões dos elementos seguiram as determinações de projeto.

No presente modelo foram criados 300 elementos, distribuídos entre as categorias de portas, telhados, escadas e paredes. Não foi adicionada nenhuma discussão durante a sua elaboração e, por se tratar do modelo inicial, não foi utilizada nenhuma referência espacial baseada em outro modelo.

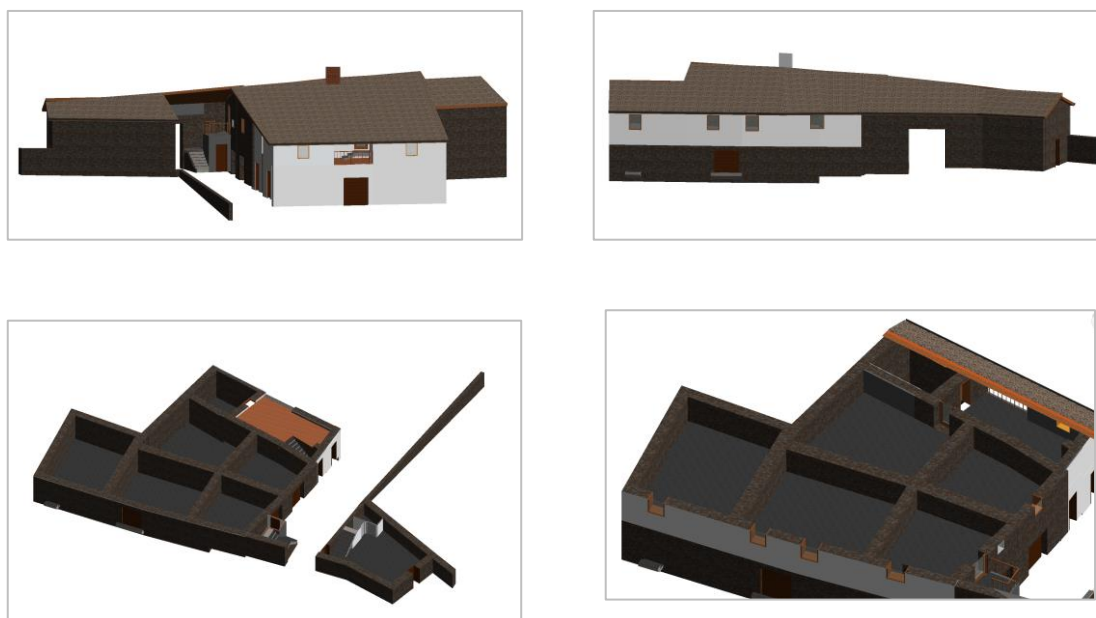


Figura 50 - Caso de estudo 2 – Modelo Existente

4.3.3.2 Modelo Estrutural

O modelo estrutural, ilustrado na Figura 51, foi elaborado com base no projeto estrutural. As dimensões e características dos elementos foram determinadas de acordo com as informações gráficas, tabelas e pormenores.

No presente modelo foram criados 362 elementos, distribuídos entre as categorias de vigas, vigas metálicas, vigas de madeira, pilares, lajes, escadas, paredes. Foram adicionadas

duas discussões, presentes no Anexo B, referentes às informações de projeto. O modelo foi elaborado com referência espacial ao modelo do existente.



Figura 51 - Caso de estudo 2 – Modelo Estrutural

4.3.3.3 Modelo Arquitetônico

O modelo arquitetônico, ilustrado na Figura 52, foi elaborado com base no projeto arquitetônico. Os detalhes de isolamento térmico encontram-se presentes no projeto e memorial descritivo arquitetônico. As dimensões e características dos elementos foram determinadas de acordo com as informações gráficas, tabelas, pormenores e informações presentes no memorial descritivo.

No presente modelo foram criados 582 elementos, distribuídos entre as categorias de janelas, paredes, corrimãos de escada, acabamentos de escada, telhados, corrimãos, calhas, pisos, portas, paredes cortina e forros. Foram adicionadas cinco discussões, presentes no Anexo B, referentes às informações de projeto. O modelo foi elaborado com referência espacial ao modelo estrutural.

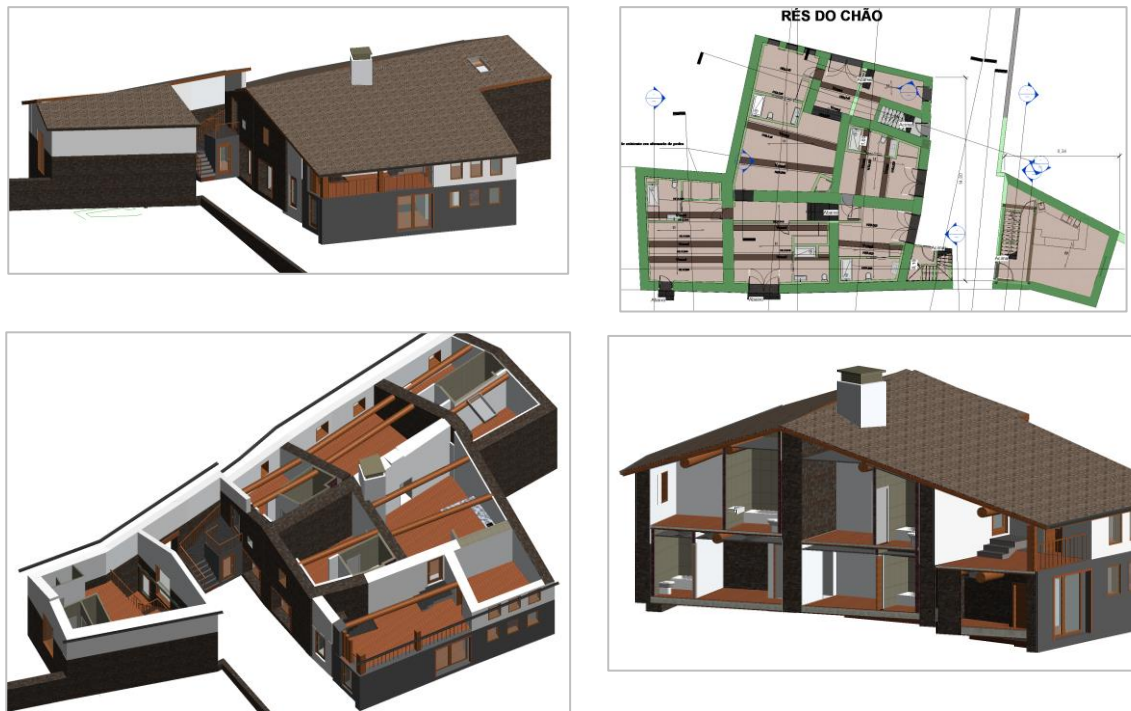


Figura 52 - Caso de estudo 2 – Modelo Arquitetônico

4.3.3.4 Modelo Telecomunicações

O modelo de telecomunicações, ilustrado na Figura 53, foi elaborado com base no projeto de telecomunicações. As dimensões, posicionamentos e características dos elementos foram determinadas de acordo com as informações gráficas, tabelas, pormenores e informações presentes no memorial descritivo.

No presente modelo foram criados 361 elementos, distribuídos entre as categorias de conduítes, conexões de conduíte e equipamentos elétricos. Foram adicionadas três discussões, presentes no Anexo B, referentes às informações de projeto. O modelo foi elaborado com referência espacial ao modelo arquitetônico.

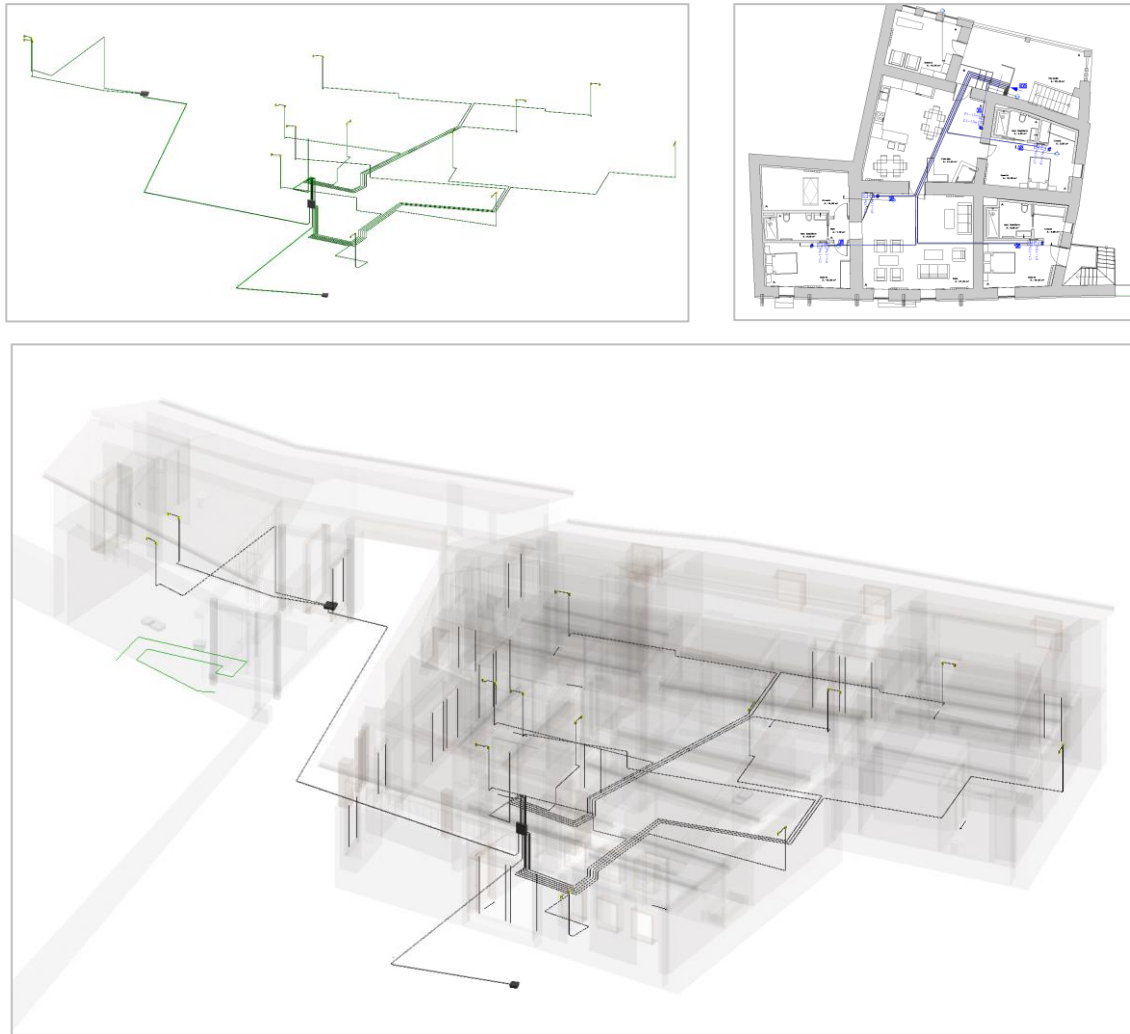


Figura 53 - Caso de estudo 2 – Modelo Telecomunicações

4.3.3.5 Modelo Hidráulico e Pluvial

O modelo hidráulico e pluvial, ilustrado na Figura 54, foi elaborado com base nos projetos de água fria e água quente e pluviais. Esse modelo contempla as instalações de abastecimentos de água frias e quentes, assim como as drenagens de água pluviais. As dimensões e características dos elementos foram determinadas de acordo com as informações gráficas, tabelas, pormenores e informações presentes no memorial descritivo.

No presente modelo foram criados 599 elementos, distribuídos entre as categorias de tubulação, acessórios de tubos, conexões de tubo, e peças hidrossanitárias. Foram adicionadas treze discussões, presentes no Anexo B, referentes às informações de projeto. O modelo foi elaborado com referência espacial ao modelo arquitetônico.

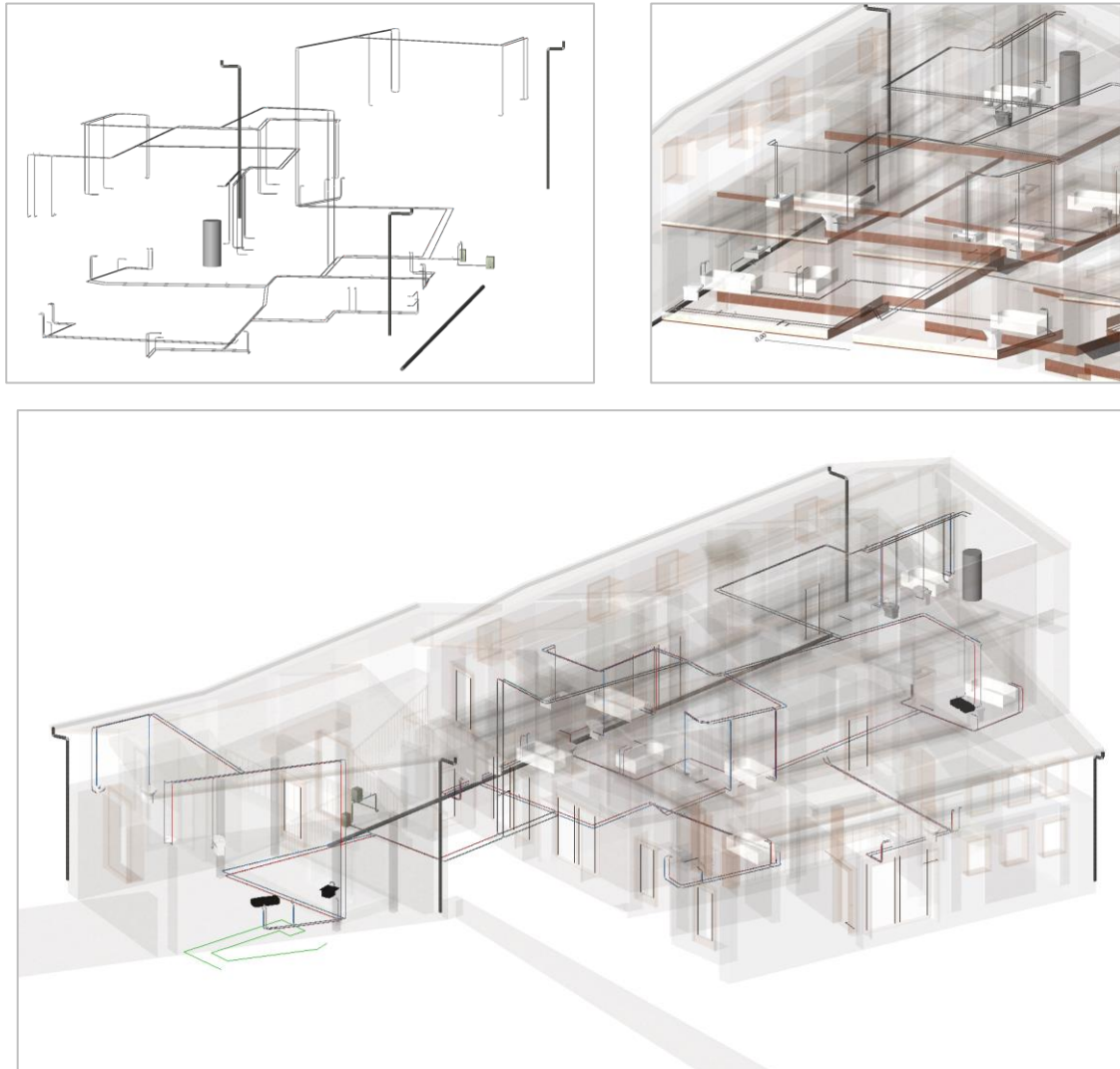


Figura 54 - Caso de estudo 2 – Modelo Hidráulico e Pluvial

4.3.3.6 Modelo Esgoto

O modelo de esgoto, ilustrado na Figura 55, foi elaborado com base nos projeto de esgoto. Esse modelo contempla as instalações de drenagem de águas residuais. As dimensões e características dos elementos foram determinadas de acordo com as informações gráficas, tabelas, pormenores e informações presentes no memorial descritivo.

No presente modelo foram criados 264 elementos, distribuídos entre as categorias de tubulação, acessórios de tubos e conexões de tubo. Foram adicionadas duas discussões, presentes no Anexo B, referentes às informações de projeto. O modelo foi elaborado com referência espacial ao modelo arquitetônico.

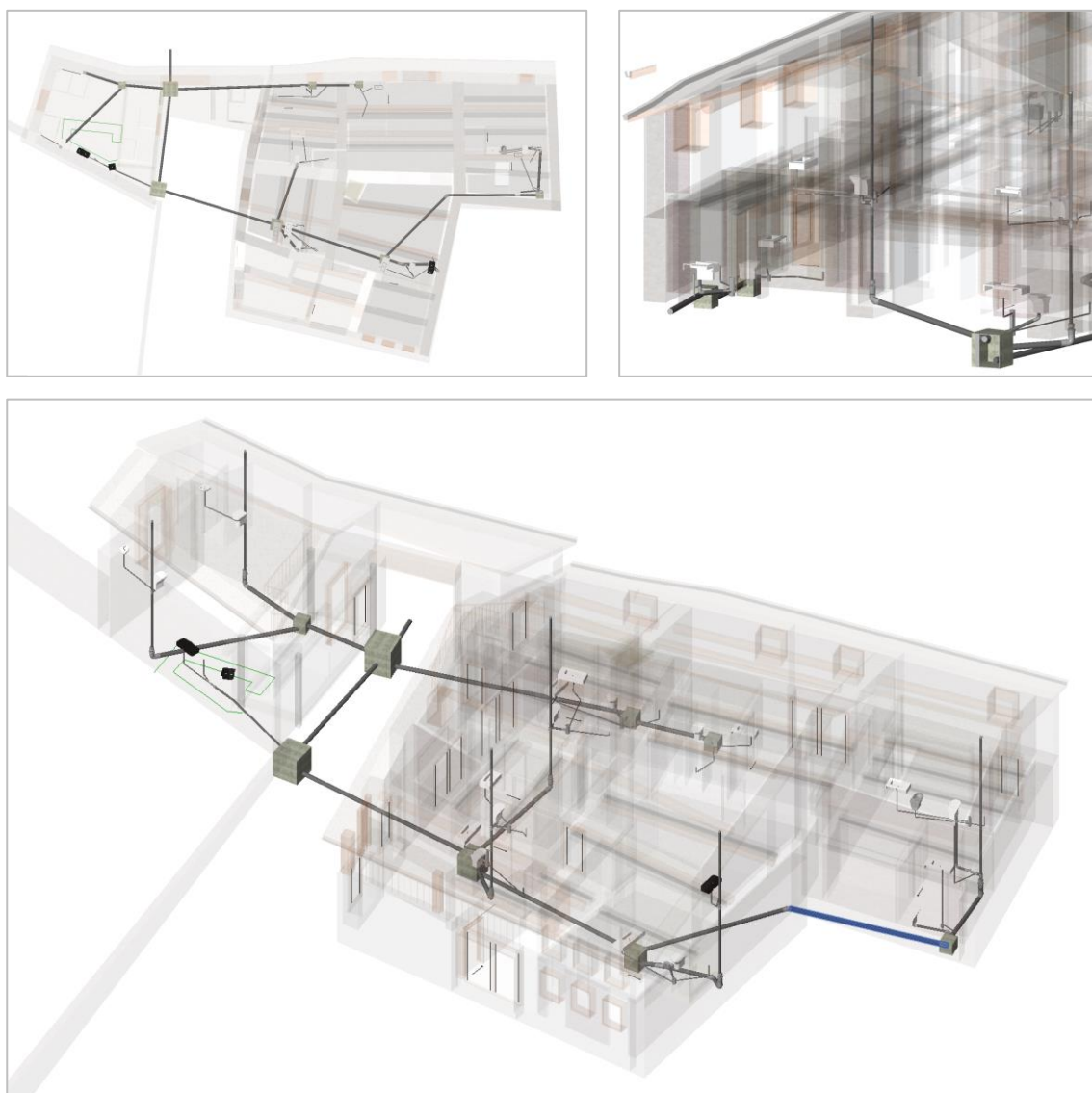


Figura 55 - Caso de estudo 2 – Modelo Esgoto

4.3.4 Modelação 4D

A Figura 56 representa o sequenciamento construtivo para o presente caso de estudo. Segundo o cronograma disponibilizado pelo interveniente, presente no Anexo B, a obra teria duração total de dois anos. No modelo 4D é possível para qualquer data, determinar o estágio de construção e através do cronograma elaborado em MS Project, acompanhar o atendimento das atividades programadas visualmente no modelo. A simulação 4D evidenciou o sequenciamento de atividades, que nesse caso não apresentou qualquer problema lógico de ordenamento. O modelo elaborado permite também o estudo de distribuição de materiais e tarefas no estaleiro.

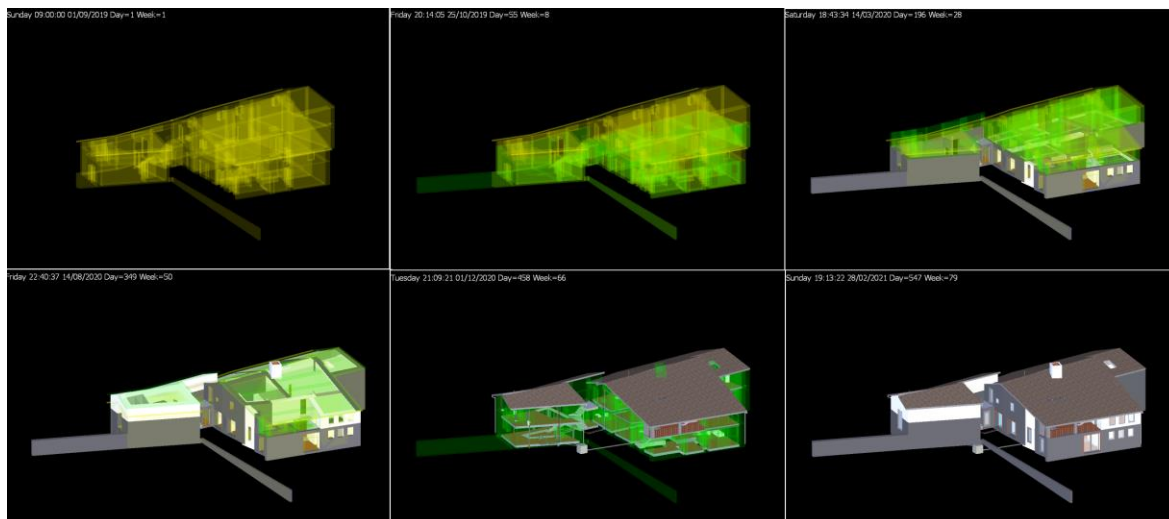


Figura 56 - Caso de estudo 2 – Simulação 4D

4.3.5 Principais resultados do Caso de Estudo 2

4.3.5.1 Resultado das discussões

Foram feitas um total de 25 discussões (D21 A D45 – Anexo B) sobre os projetos, distribuídas, conforme a Figura 57.

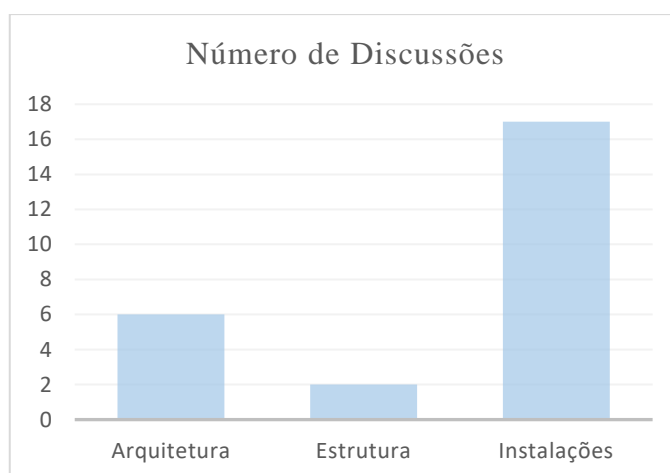


Figura 57 - Caso de estudo 1 – Gráfico de Discussões

A maioria das discussões está associada a falta de informação em projeto e algumas referem-se à inconsistências espaciais do itens. O relatório com todas as dicussões encontra-se no Anexo B.

As quatro discussões selecionadas aleatoriamente para serem apresentadas aos *stakeholders* na entrevista seguem abaixo.

Discussão D23 – Arquitetônico

Comentário: Não há especificação de material de acabamento para várias paredes, nesses casos foi considerada a lógica do ambiente. Levando se em consideração as paredes ao redor (Figura 58).



Figura 58 - Caso de estudo 2 – Disucussão D23

Discussão D29 – Arquitetônico

Comentário: Não há especificação da altura das pias, foram consideradas a 80 cm do piso (Figura 59).



Figura 59 - Caso de estudo 2 – Disucussão D29

Discussão D25 – Arquitetônico

Comentário: Algumas vigas metálicas tem dimensões maiores que o espaço entre o forro e a laje, e ficam aparentes nos ambientes (Figura 60).

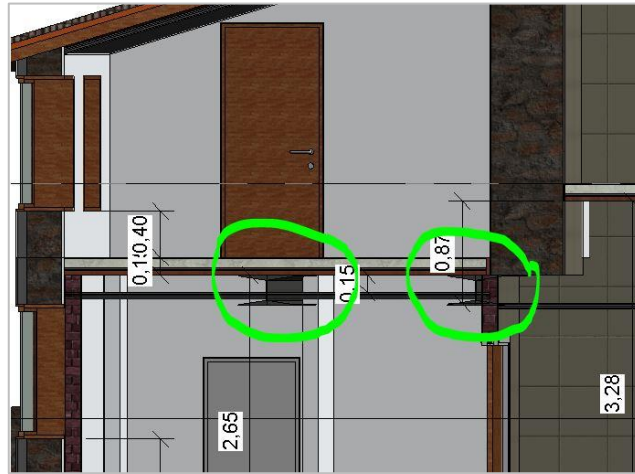


Figura 60 - Caso de estudo 2 – Disucussão D25

Discussão D40 – Hidráulico e Pluvial

Comentário: No projeto existe apenas a indicação de descida do tubo de queda, porém, na modelagem foi adicionado uma curva para que o tubo de queda não descesse sem apoio (Figura 61).



Figura 61 - Caso de estudo 2 – Disucussão D40

4.3.5.2 Resultado das interferências

Foram identificadas um total de 16 interferências. A Tabela 9 ilustra a distribuição das interferências em relação aos projetos que apresentaram os conflitos para cada um dos casos. O gradiente de cor indica, para cor avermelhada, as ocorrências mais frequentes,

enquanto que a cor verde representa as ocorrências menos frequentes. Para o presente projeto, o maior número de interferências ocorreu entre os projetos arquitetônico e os de instalações. Já interferências dos projetos arquitetônico com arquitetônico e estrutural com estrutural não apresentaram nenhuma ocorrência. O relatório com todas as interferências encontra-se no Anexo B.

Tabela 9 – Caso de estudo 2 – Distribuição de Interferências

	Arquitetura	Estrutural	Instalações
Arquitetônico	0	2	9
Estrutural	X	0	4
Instalações	X	X	1

As quatro interferências selecionadas aleatoriamente para serem apresentadas aos *stakeholders* na entrevista seguem abaixo.

Interferência I26 – Arquitetônico x Estrutural

Comentário: Viga estrutural a atravessar janela (Figura 62).



Figura 62 - Caso de estudo 2 – Interferência I26

Interferência I31 – Arquitetônico x Hidráulico e Pluvial

Comentário: Prumada de água quente e fria a atravessar porta, janela e interior da parede (Figura 63).

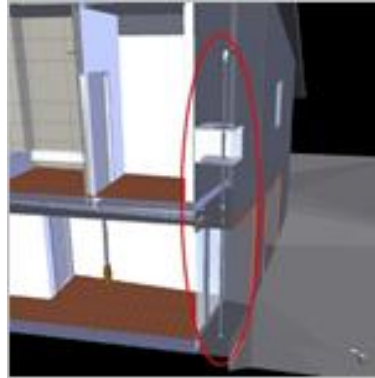


Figura 63 - Caso de estudo 2 – Interferência I31

Interferência I34 – Arquitetônico x Hidráulico e Pluvial

Comentário: Tubulação de abastecimento de água aparente, a prumada considera paredes alinhadas (Figura 64).

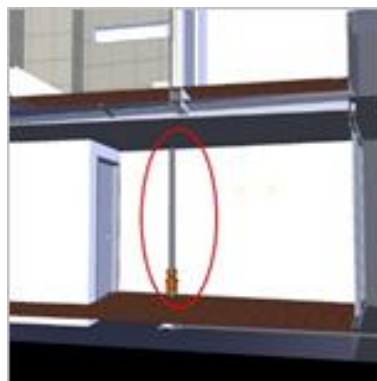


Figura 64 - Caso de estudo 2 – Interferência I34

Interferência I38 – Estrutural x Hidráulico e Pluvial

Comentário: Colisão de tubulação de abastecimento de água quente e viga metálica (Figura 65).

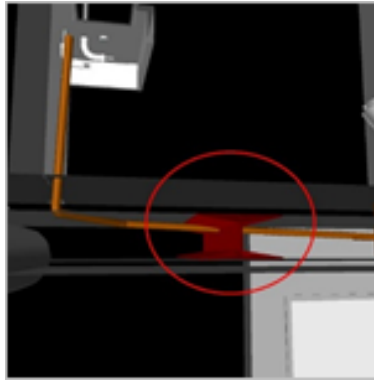


Figura 65 - Caso de estudo 2 – Interferência I38

4.3.5.3 Resultado da entrevista

A entrevista foi feita conforme o plano de entrevista, detalhado no item 3.5. Não houveram desvios em relação ao previsto e pode-se obter as respostas para todos os questionamentos levantados. O entrevistado para o caso de estudo 2 foi o projetista e também fiscal.

O presente caso de estudo apresentava a obra em fase final no momento da entrevista. Esse fator pôde, diferentemente dos casos de estudo 1 e 3, verificar se os apontamentos da análise BIM de fato ocorreram. Como resultados das discussões, o interveniente validou as questões levantadas. As informações faltantes, mencionadas nas discussões D23 e D29 estavam definidas em um modelo tridimensional de arquitetura, que foi utilizado pela equipa de obra. Já as discussões D25 e D40 foram consideradas como pontos relevantes e foram solucionadas em obra. Para as interferências, o interveniente comprovou que os apontamentos indicados nos itens I31 e I34 e I38 de fato ocorreram. Estes tiveram que ser solucionados em obra, através de desvios não previstos em projeto. A interferência I26 também pôde ser comprovada, no entanto, não é, de fato, uma interferência. Com a intenção de fornecer iluminação para ambos os pavimentos, a janela ultrapassa o limite do pavimento inferior e, vista do exterior, apresenta a referida viga do item I26.

O interveniente considera que a utilização de BIM viável em obras de reabilitação, principalmente por poder antever problemas que aparecem no momento da execução. O modelo 4D exibido foi considerado útil em qualquer circunstância, considerando que o modelo 3D já esteja elaborado. Também ressaltou que essa ferramenta pode ajudar no acompanhamento da obra e planejamento de equipas.

Do ponto de vista do interveniente, a principal força da utilização de BIM está relacionada ao potencial de evitar incongruências entre os projetos e potencial de colaboração entre os projetistas. Essa colaboração não só evita os referidos problemas mas também potencializa a solução de projeto. O interveniente afirmou que não considera haver nenhuma ameaça e nem fraqueza da utilização de BIM, ao se estudar as soluções disponíveis previamente e conhecer o real potencial da tecnologia (fato que a empresa responsável pela obra já vêm fazendo). Ainda, considerou as principais oportunidades relacionadas a: possibilidade do projeto de execução ser o mesmo do licenciamento, facilitação na elaboração de propostas de maneira ágil, estudos térmicos e acústicos e modelação da envolvente para concepção de projeto.

4.3.6 Conclusão do caso de estudo 2

A utilização de BIM para o presente caso de estudo pôde comprovar a fiabilidade das predições apontadas pelas discussões e análise de interferências. Mesmo para esse caso específico, onde grande parte da estrutura existente foi mantida, a utilização do BIM foi benéfica e pôde detetar problemas analisando-se os projeto.

Outra particularidade do caso de estudo 2, foi o fato de que a obra já se encontrava em fase final de execução. Pode-se concluir que os problemas apontados, em sua maioria, ocorreram em fase de obra causando desvios e alterações não previstas em projeto.

A maioria das interferências está relacionada às interações entre os projetos arquitetônico e estrutural e as instalações complementares (água fria, água quente, pluviais, esgotos e ITED). Esse fato evidencia a baixa colaboração entre os projetistas durante a conceção do projeto. Quanto as discussões, várias especificações e determinações de posicionamento e elevação dos itens estavam ausentes nos projetos, dando margem para interpretações e consequentes decisões em fase de obra.

4.4 Caso de estudo 3

4.4.1 Descrição

O presente caso de estudo consiste na reconstrução de uma habitação unifamiliar, ilustrada nas Figuras 66 a Figura 69, atualmente habitada, na localidade de Almodena, pertencente ao concelho de Vila Real. O terreno, com aproximadamente 221,6 m², encontra-se implantado em espaço urbano.

O projeto preve a reconstrução e ampliação do edifício degradado, mantendo o mesmo número de pisos, . A compartimentação será reformulada da em sua totalidade por forma a criar espaços em dimensão, configuração e funcionalidade por modo a fazer face às exigências do cliente. Será criada uma nova estrutura independente de betão armado do tipo porticada. A área útil total da edificação original é de 98,5 m² sendo que, após a intervenção passará a ter 122 m².



Figura 66 - Caso de estudo 3 - Vista Panorâmica



Figura 67 - Caso de estudo 3 - Vista Lateral



Figura 68 - Caso de estudo 3 - Vista Frontal



Figura 69 - Caso de estudo 3 - Vista Aérea

4.4.2 Documentação disponível

Tabela 10 – Documentação do Caso de Estudo 3

Disciplinas	Descrição
Estruturas	Projeto contendo os elementos estruturais a construir para todos os pavimentos. A estrutura independente a ser construída será em betão armado do tipo porticada com pilares e vigas. As lajes, serão executadas em vigotas pré-esforçadas com e as coberturas serão inclinadas. As fundações serão executadas utilizando-se sapatas não profundas e vigas de solidarização.
Arquitetura	Projeto contendo os elementos arquitetónicos para todos os pavimentos. A intervenção se dará com a construção de paredes com acabamentos exteriores em sistema ETICS.
Hidráulico	Projeto contendo o toda a rede hidráulica da edificação. As instalações consideradas incluem o sistema de distribuição de água para usos gerais e sanitários, sistema de drenagem de água residuárias domésticas e sistema de drenagem de águas pluviais.
Gás	Projeto contendo o abastecimento de gás para todos os pavimentos, incluindo o contador, redutores de segurança, válvulas, pontos de consumo e ventilação.

4.4.3 Modelação 3D

4.4.3.1 Modelo Estrutural

O modelo estrutural, ilustrado na Figura 70, foi elaborado com base no projeto estrutural. As dimensões e características dos elementos foram determinadas de acordo com as informações gráficas, tabelas e pormenores.

No presente modelo foram criados 82 elementos, distribuídos entre as categorias de vigas, pilares, lajes, escadas, paredes. Foram adicionadas doze discussões, presentes no Anexo C, referentes às informações de projeto. O modelo foi elaborado sem nenhuma referência espacial prévia.

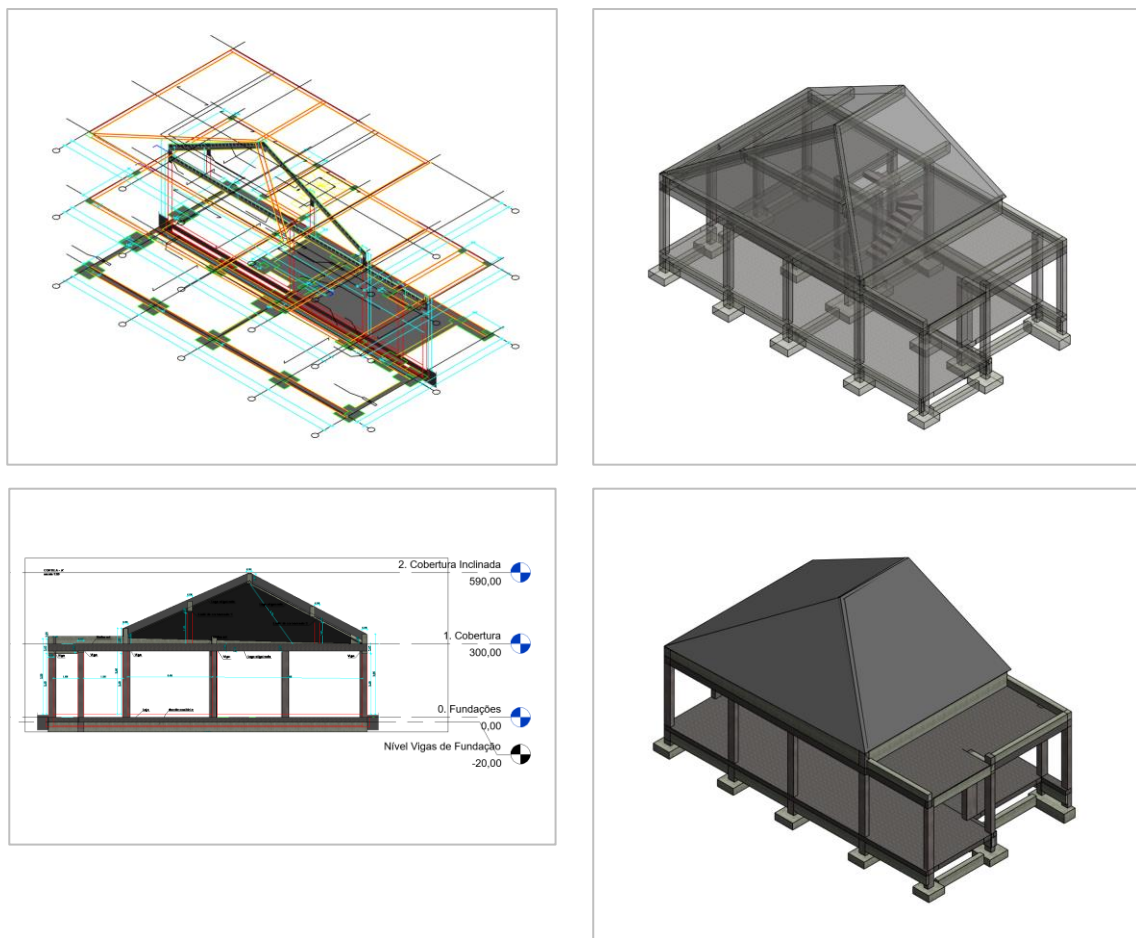


Figura 70 - Caso de estudo 3 – Modelo Estrutural

4.4.3.2 Modelo Arquitetônico

O modelo arquitetônico, ilustrado na Figura 71, foi elaborado com base no projeto arquitetônico. Os detalhes de isolamento térmico encontram-se presentes no projeto e memorial descritivo arquitetônico. As dimensões e características dos elementos foram determinadas de acordo com as informações gráficas, tabelas, pormenores e informações presentes no memorial descritivo.

No presente modelo foram criados 103 elementos, distribuídos entre as categorias de janelas, paredes, telhados, pisos, portas e forros. Foram adicionadas quatro discussões, presentes no Anexo C, referentes às informações de projeto. O modelo foi elaborado com referência espacial ao modelo estrutural.

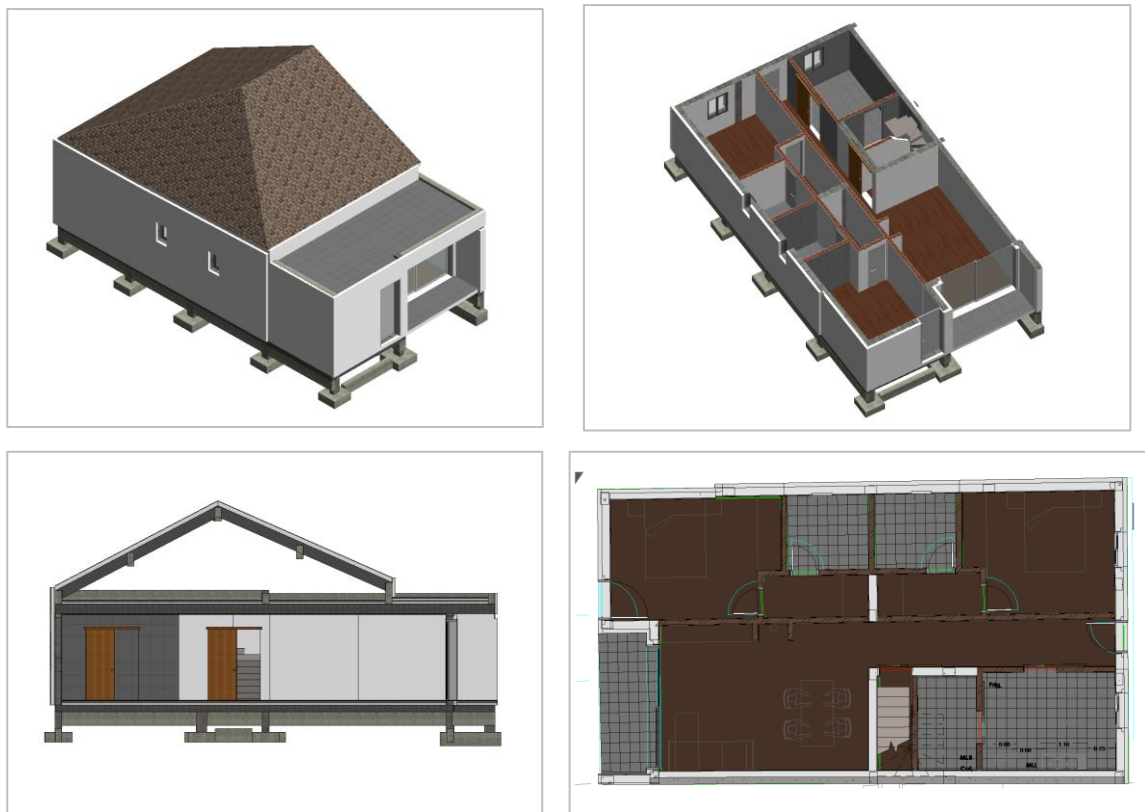


Figura 71 - Caso de estudo 3 – Modelo Arquitetônico

4.4.3.3 Modelo Instalações de Gás

O modelo de gás, ilustrado na Figura 72, foi elaborado com base no projeto de instalações de gás. As dimensões e características dos elementos foram determinadas de acordo com as informações gráficas, tabelas, pormenores e informações presentes no memorial descritivo.

No presente modelo foram criados 26 elementos, distribuídos entre as categorias de acessórios de tubo, conexões de tubo e tubulação. Foram adicionadas quatro discussões, presentes no Anexo C, referentes às informações de projeto. O modelo foi elaborado com referência espacial ao modelo arquitetônico, atendendo às condicionantes impostas pelo projeto de estruturas.

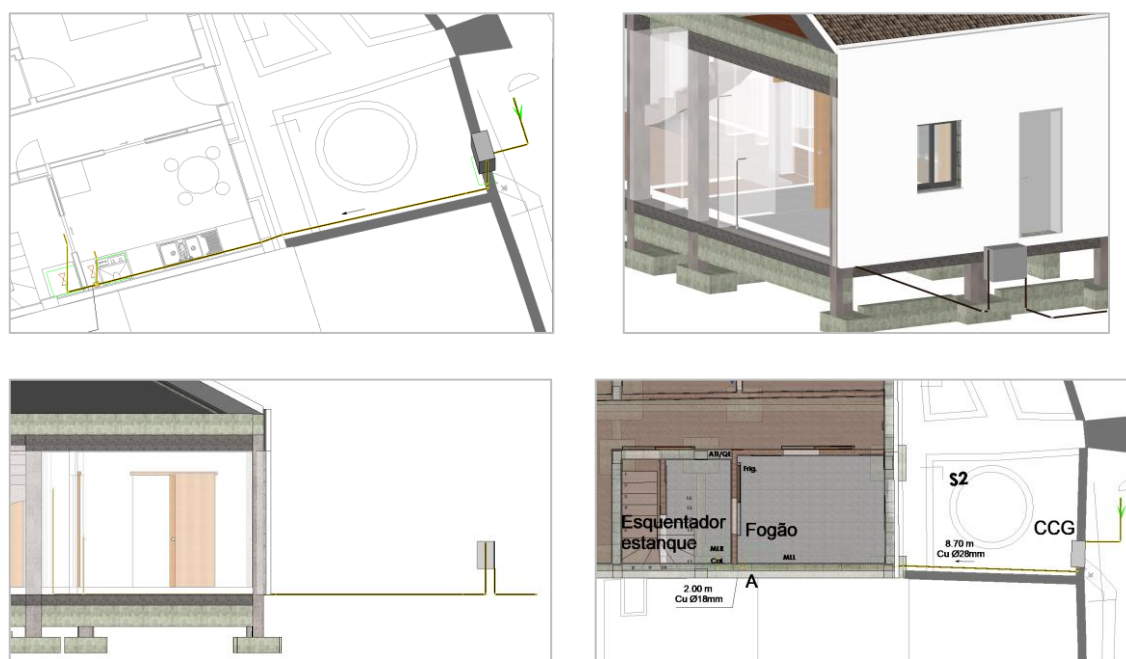


Figura 72 - Caso de estudo 3 – Modelo Gás

4.4.3.4 Modelo Hidráulico

O modelo hidráulico e pluvial, ilustrado na Figura 73, foi elaborado com base no projetos hidráulico. Esse modelo contempla as instalações de abastecimentos de água frias e quentes, assim como as drenagens de água pluviais e residuárias. As dimensões e características dos elementos foram determinadas de acordo com as informações gráficas, tabelas, pormenores e informações presentes no memorial descritivo.

No presente modelo foram criados 357 elementos, distribuídos entre as categorias de tubulação, acessórios de tubos, conexões de tubo, e peças hidrossanitárias. Foram adicionadas treze discussões, presentes no Anexo C, referentes às informações de projeto. O modelo foi elaborado com referência espacial ao modelo arquitetônico.

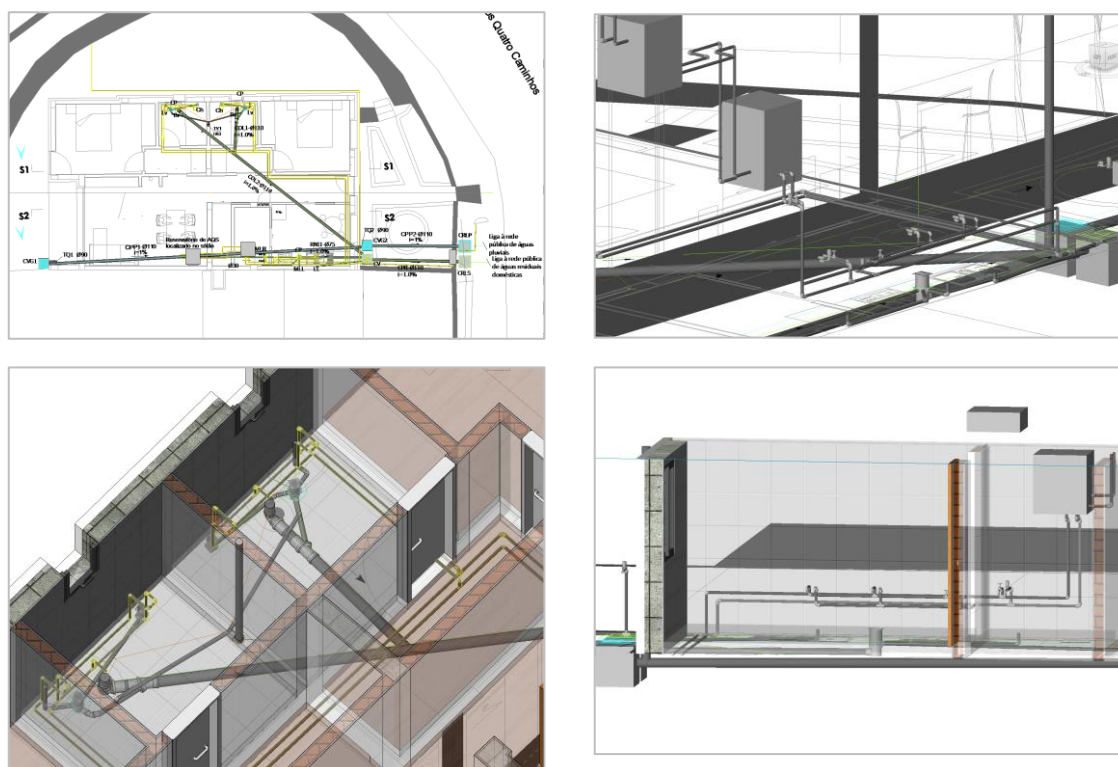


Figura 73 - Caso de estudo 3 – Modelo Hidráulico

4.4.4 Modelação 4D

O cronograma de atividades para o presente caso de estudo não foi disponibilizado pelo responsável de obra e por esse motivo não foi possível elaborar o modelo 4D.

4.4.5 Principais resultados do Caso de Estudo 3

4.4.5.1 Resultado das discussões

Foram feitas um total de 29 discussões (D46 A D74 – Anexo C) sobre os projetos, distribuídas, conforme a Figura 74.

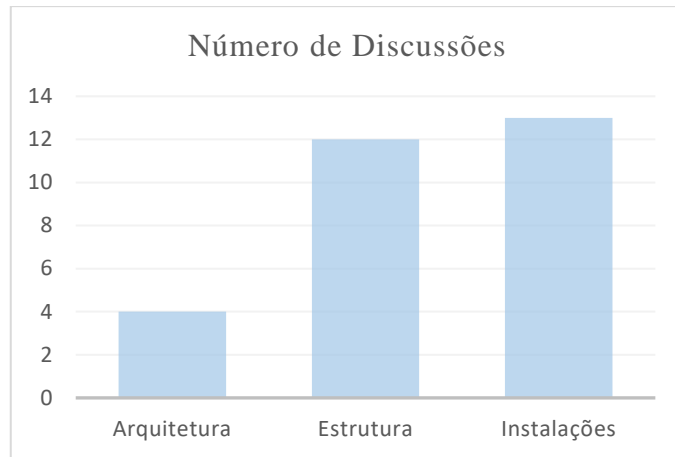


Figura 74 - Caso de estudo 3 – Gráfico de Discussões

A maioria das discussões está associada a falta de informação em projeto e algumas referem-se à inconsistências espaciais do itens. O relatório com todas as discussões encontra-se no Anexo C.

As quatro discussões selecionadas aleatoriamente para serem apresentadas aos *stakeholders* na entrevista seguem abaixo.

Discussão D48 – Arquitetônico

Comentário: A largura da janela no corte e na planta não são compatíveis. Foi usado o tamanho desenhado na vista (Figura 75).

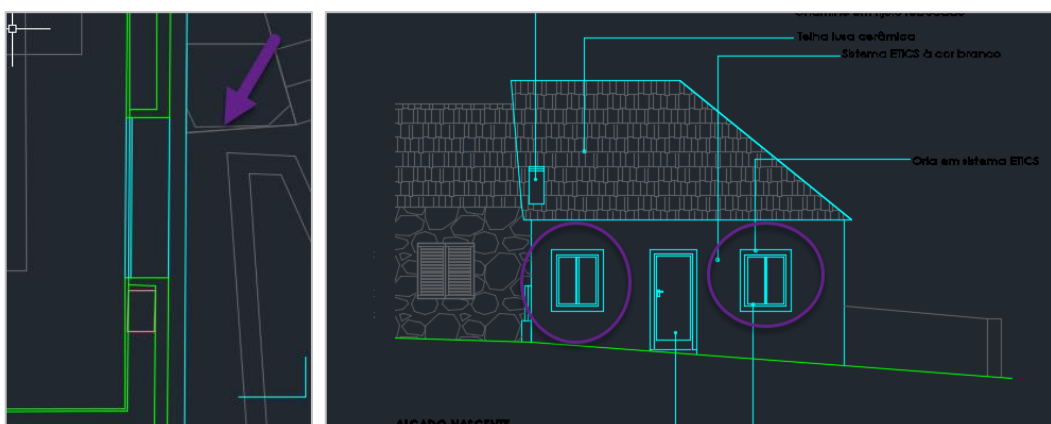


Figura 75 - Caso de estudo 3 – Discussão D48

Discussão D50 – Estrutural

Comentário: Na Planta da Cobertura, não há indicação da presença de laje do lado esquerdo da planta. Porém, em corte, é visível a presença da laje. Foi adotada a indicação em corte (Figura 76).

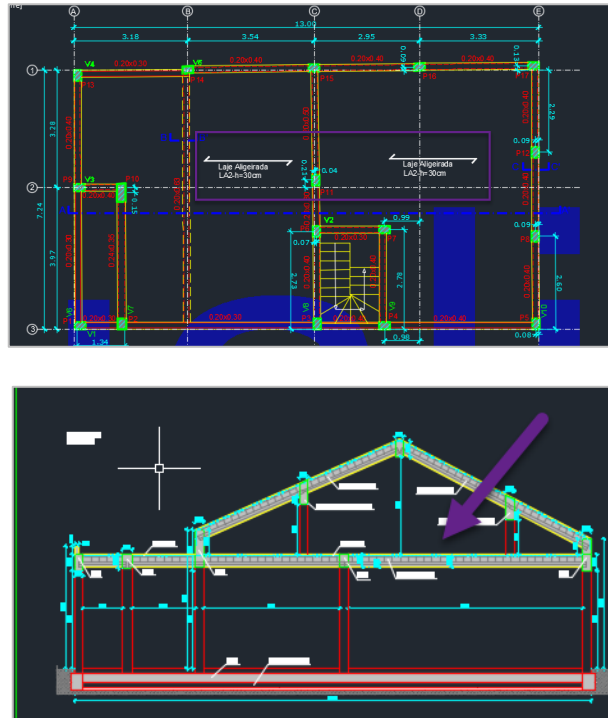


Figura 76 - Caso de estudo 3 – Discussão D50

Discussão D51 – Estrutural

Comentário: A viga de ligação das sapatas (VF1) tem altura definida no projeto de 40 cm. Porém, a sapata tem altura de 30 cm. Desse modo, no modelo, foi mantida a altura de 40 cm de VF1 (Figura 77).

QUADRO DE ELEMENTOS DE FUNDAÇÃO						
Referências	Dimensões (m)	Altura (m)	Armadura inf. X	Armadura inf. Y	Armadura sup. X	Armadura sup. Y
P3	1.30x0.75	0.30	5#10//0.15	9#10//0.15	5#10//0.15	9#10//0.15
P4	1.00x0.50	0.30	3#12//0.15	6#10//0.15		
P5	0.80x0.50	0.30	3#10//0.15	5#10//0.15	3#10//0.15	5#10//0.15
P6, P7, P8, P13, P14, P16 e P17	0.80x0.80	0.30	5#10//0.15	5#10//0.15		
P9, P10, P12 e P15	0.90x0.90	0.30	6#10//0.15	6#10//0.15	6#10//0.15	6#10//0.15
P11	1.20x1.20	0.30	8#12//0.15	8#12//0.15		
(P1-P2)	1.80x0.55	0.40	4#18//0.125	12#12//0.15	3#12//0.15	12#12//0.15
MT	0.80x0.80	0.30	5#10//0.15	5#10//0.15		

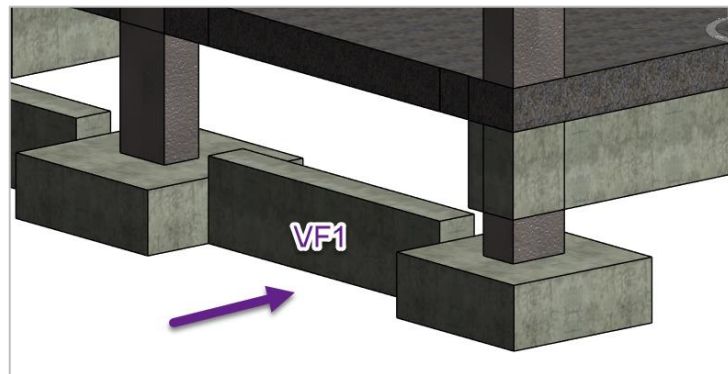


Figura 77 - Caso de estudo 3 – Discussão D51

Discussão D52 – Estrutural

Comentário: O pilar MT, presente na planta de Fundação, não existe na planta de cobertura, o que mostra que não deve subir até o próximo nível da casa. Porém, não há indicação da altura desse pilar. Desse modo, foi feito do topo da sapata até viga de fundação - 20cm (Figura 78).

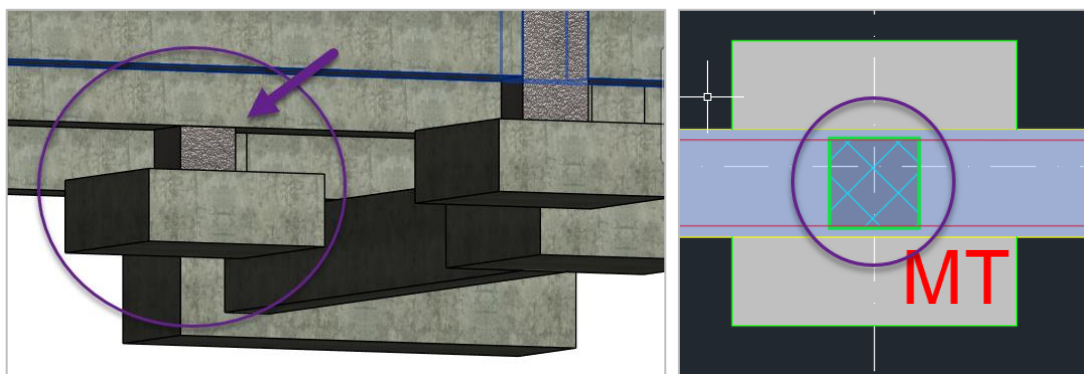


Figura 78 - Caso de estudo 3 – Discussão D52

4.4.5.2 Resultado das interferências

Foram identificadas um total de 9 interferências distribuídas. A Tabela 11 ilustra a distribuição das interferências em relação aos projetos que apresentaram os conflitos para cada um dos casos. O gradiente de cor indica, para cor avermelhada, as ocorrências mais frequentes, enquanto que a cor verde representa as ocorrências menos frequentes. Para o presente projeto, o maior número de interferências ocorreu entre os projetos arquitetônico e de instalações e entre os projeto estrutural e de instalações. Já interferências dos projetos estrutural com estrutural e arquitetônico com arquitetônico não apresentaram nenhuma ocorrência. O relatório com todas as interferências encontra-se no Anexo C.

Tabela 11 – Caso de estudo 3 – Distribuição de Interferências

	Arquitetônico	Estrutural	Instalações
Arquitetônico	0	1	3
Estrutural	X	0	3
Instalações	X	X	2

As quatro interferências selecionadas aleatoriamente para serem apresentadas aos *stakeholders* na entrevista seguem abaixo.

Interferência I42 – Gás x Estrutural

Comentário: Tubulação de distribuição de gás atravessando pilar estrutural (Figura 79).

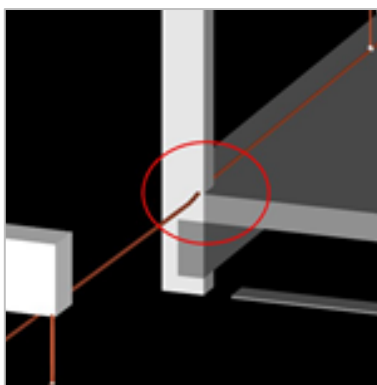


Figura 79 - Caso de estudo 3 – Interferência I42

Interferência I45 – Arquitetônico x Hidráulico

Comentário: Tubulações de distribuição de água atravessam as escada (Figura 80).

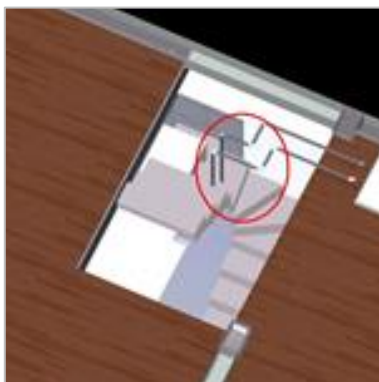


Figura 80 - Caso de estudo 3 – Interferência I45

Interferência I46– Arquitetônico x Hidráulico

Comentário: Esquentador coincide com a posição da escada (Figura 81).



Figura 81 - Caso de estudo 3 – Interferência I46

Interferência I48 – Estrutural x Hidráulico

Comentário: Tubulação de drenagem de água pluvial coincide com posicionamento de viga (Figura 82).

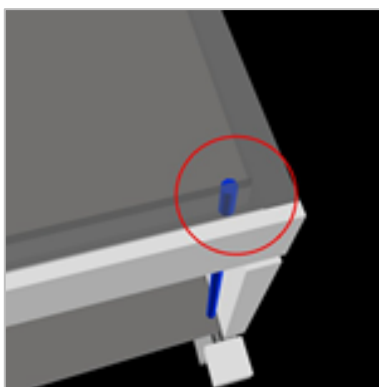


Figura 82 - Caso de estudo 3 – Interferência I48

4.4.5.3 Resultado da entrevista

A entrevista foi feita conforme o plano de entrevista, detalhado no item 3.5. Não houveram desvios em relação ao previsto e pode-se obter as respostas para todos os questionamentos levantados. O entrevistado para o caso de estudo 3 foi o projetista e também fiscal.

Como resultados da entrevista, obteve-se a verificação da viabilidade da utilização de BIM em obras de reabilitação. Quanto as discussões, o item D50 foi considerado como um erro de leitura de projeto, onde, o símbolo representado no primeiro quadro da Figura 78 indica o sentido do vigote, e não a extensão da laje. O item D51 foi considerado um erro de modelação, apesar de não estar evidente em projeto, a viga representada no segundo quadro da Figura 79 é alinhada superiormente com a laje, e não serve como solidarização das sapatas. As restantes discussões foram validadas pelo interveniente e consideradas como relevantes para a execução e qualidade do projeto. Quanto às interferências, o interveniente validou os itens apontados, e avaliou que gerariam revisões de projeto. Adicionalmente, considerou que o projeto serve somente como um guia de produção, não sendo exato no posicionamento gráfico dos itens, em especial para os projetos de instalações.

Do ponto de vista do interveniente, as principais forças da utilização de BIM estão relacionadas ao potencial de comunicação e colaboração entre as equipas de projeto e a capacidade de teção de interferências. A fraqueza ressaltada, está na impossibilidade de utilizar o modelo 3D para aprovações legais de projeto e o retrabalho envolvido em um provável *redesign* em 2D. Ainda, segundo o interveniente, a principal oportunidade está relacionada ao potencial do modelo 3D no processo de preparação de obra. Como ameaças,

ressaltou o investimento de tempo para se aderir a essa tecnologia, sua complexidade, custos envolvidos e limitação de mão de obra qualificada.

4.4.6 Conclusão do caso de estudo 3

A utilização de BIM no presente caso de estudo pôde comprovar a sua eficácia em detetar falta de informação e interferência entre as disciplinas ainda em fase de projeto. Os resultados das entrevistas, puderam antecipar os diversos pontos de decisão que seriam feitos em fase de obra.

Para além da verificação da utilização de BIM, os resultados das análises anteciparam a resolução de problemas que aconteceriam em fase de obra. As discussões e interferências ressaltadas, originaram aos projetistas revisões de projeto.

Nesse projeto, o maior número de problemas está relacionado às interações entre os projetos de arquitetura e estrutura com as instalações (gás e hidráulico). Casos como a interferência I42, onde a tubulação de gás atravessa um pilar, mostram que os projetos são elaborados com a ideia de que as representações gráficas são não literais. Pôde-se interpretar, mais uma vez, que o traçado das linhas e dos sistemas serve apenas como um guia de execução e não como uma referência exata e absoluta sobre o posicionamento daqueles itens na construção.

4.5 Análise comparativa dos resultados

A análise comparativa dos resultados evidencia que o método de gestão com a utilização de BIM é mais eficiente do que o método tradicional. Mesmo com os projetos estando em fase de pré execução, a utilização de BIM pôde antecipar diversos problemas de interferências e falta de especificação, que viriam a ser somente evidenciados em fase de obra. Os tipos de interferências e discussões mostram que a ocorrência destes problemas não está relacionada a um projeto em específico e sim às limitações de visualização e colaboração do método tradicional.

A Tabela 12 apresenta os resultados da distribuição de interferência para os três casos de estudo entre os projetos arquitetônico, estrutural e instalações, classificados num gradiente de cor conforme a quantidade de ocorrências. O gradiente de cor indica, para cor avermelhada, as ocorrências mais frequentes, enquanto que a cor verde representa as

ocorrências menos frequentes. O primeiro item, para cada combinação de linha / coluna, representa as ocorrências para o primeiro caso de estudo, sendo o segundo item para o segundo caso de estudo e o terceiro item para o terceiro caso de estudo.

Tabela 12 – Análise comparativa da distribuição de interferências

	Arquitetônico			Estrutural			Instalações		
Arquitetônico	2	0	0	14	2	1	4	9	3
Estrutural	X			0	0	0	4	4	3
Instalações	X			X			0	1	2

Apesar dos casos de estudo serem elaborados por diferentes empresas e projetistas, a comparação entre as ocorrências de interferências indica que há uma maior incidência de interferências entre os projetos de arquitetura e estrutura com as instalações. Relativamente a estas salientam-se com repetição/padrão as ocorrências similares entre casos de estudo, nomeadamente: tubulações com elementos estruturais, tubulações com elementos arquitetônicos, sobreposição de tubulações de diferentes sistemas. Uma exceção ocorreu no caso de estudo 1, onde foi detetada uma grande quantidade de interferências entre arquitetura e estrutura, considerada pelo interveniente como um problema de versão em que se encontram os projetos.

Quanto as discussões, não foi possível estabelecer uma relação lógica de ocorrência entre os casos de estudo. Isso deve-se principalmente pelo fato de que as discussões estarem relacionadas com o nível de detalhamento e informação dos projetos, que varia não só de caso para caso mas também de projetista para projetista. Na Figura 83 é possível observar a distribuição comparativa das discussões por caso de estudo.

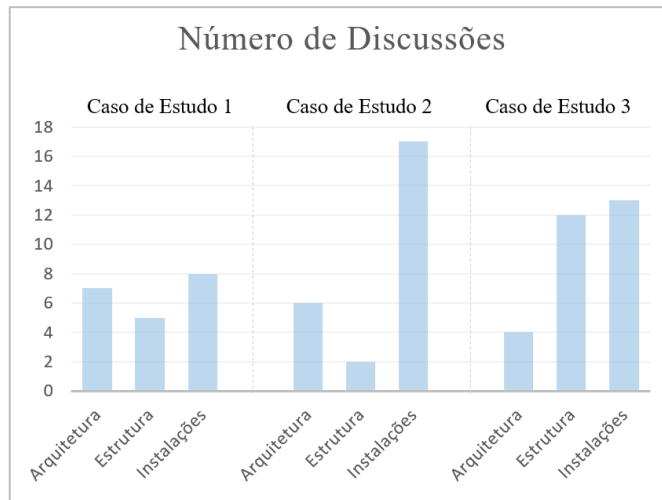


Figura 83 – Distribuição das discussões por caso de estudo

Através das perguntas feitas aos intervenientes, foi elaborada uma análise SWOT, ilustrada na Figura 84. Essa análise representa uma compilação das impressões dos intervenientes quanto às forças, fraqueza, ameaças e oportunidades da utilização de BIM em obras de reabilitação. As principais forças da utilização de BIM em reabilitação estão relacionadas a áreas que vão além do projeto em si, incluindo não só a compatibilização, mas também: comunicação, interação com os clientes e simulações de cenários para estimativa de custos. Como principais fraquezas, foi apontado o custo alto de implementação e as limitações consoantes à representação gráfica de projetos no que tange a submissão para aprovações legais. As oportunidades identificadas estão relacionadas com modelação da envolvente, análises de desempenho térmico e acústico, classificação do existente e auxílio na preparação de obra. Os intervenientes definiram como ameaça o risco de se cair num complexo processo de aprendizagem que consuma muito tempo e que não traga o retorno financeiro investido.

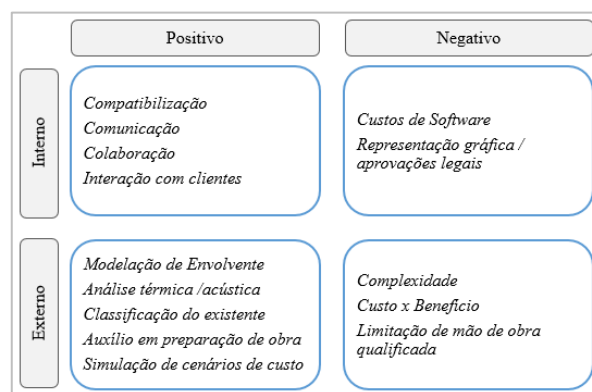


Figura 84 – Matriz SWOT compilada

4.6 Conclusões do capítulo

Os casos de estudo apresentaram características comuns como o número considerável de interferências e discussões. Em todos os casos, os projetos apresentaram ausência de informações e especificações, essenciais para a execução em obra. Notou-se também, através das respostas obtidas em entrevista, uma tendência ao conceito de posicionamento dos itens em projeto, sendo sua representação gráfica, em alguns casos, meramente ilustrativa. Essa conclusão foi observada pois a modelação BIM toma como base de posicionamento dos itens a posição literal nos projetos 2D. Pôde-se também constatar que a utilização de BIM é benéfica e antecipa a resolução de problemas ainda em fase de projeto para todos os casos.

A opinião geral dos intervenientes também seguiu uma tendência a aceitação do uso da tecnologia, com pontos de limitação muito relacionados ao tempo, custo e complexidade de adoção. Apesar da utilização de BIM em obras de reabilitação ser considerada viável pelos intervenientes, fica dependente do nível de qualidade e informação dos projetos, assim como, o *mindset* da definição do que é o projeto e suas funções dentro do contexto multidisciplinar da obra.

A partir dos casos de estudo foi possível constatar que a tecnologia possibilita, não só para novas construções, antever os problemas de projeto e fornece colaboração entre os diversos projetistas. O uso de BIM pode impulsionar as capacidades da gestão de projetos direcionada a resolução de problemas antecipadamente, impactando diretamente em custo, qualidade e prazo de conclusão de obra.

5 CONCLUSÕES

5.1 Conclusões

Esta pesquisa explora, através de estudos de caso, a capacidade do BIM como uma ferramenta para melhorar a gestão de obras de reabilitação. Os resultados, para os três estudos de caso, comprovam a viabilidade técnica de detecção das diversas falhas e incompatibilidades entre as diferentes disciplinas. Através das entrevistas pôde-se comprovar, unanimemente, a relevância e fiabilidade dos resultados das análises 3D e 4D realizadas.

Os objetivos do trabalho foram integralmente cumpridos a partir da metodologia aplicada. Pôde-se constatar que as problemáticas e constrangimentos detectáveis em projetos de reabilitação puderam ser antecipados com a tecnologia BIM. Demonstrou-se, através das análises e entrevistas, que a utilização de BIM oferece muitas vantagens em relação ao método tradicional de gestão de projetos. A partir das respostas das entrevistas, elaborou-se uma matriz SWOT (Figura 84) compilando as forças, fraquezas, ameaças e oportunidades da utilização de BIM. Os resultados mostram que não foram detectadas desvantagens técnicas da utilização e adoção de BIM, mas sim barreiras de aprendizado e investimento. Adicionalmente, pôde-se estabelecer que a principal restrição, e requisito mínimo, da utilização de BIM está diretamente relacionada ao nível de detalhamento dos projetos e sua fiabilidade em relação ao posicionamento de elementos construtivos.

Para todos os casos houve um grande número de discussões, que em sua maioria faziam referência à falta de informação nos projetos. Outro ponto importante, e questionado por um dos intervenientes, é a necessidade de que o projeto seja extremamente preciso quanto ao posicionamento de elementos e estruturas. Observou-se, em todos os estudos de caso, que o projeto é utilizado somente como um referencial de execução e, nesse contexto, a utilização de BIM pode vir a resultar numa quantidade elevada de discussões e interferências que venham a ser considerados não significativas pelos intervenientes. Isso acontece principalmente porque o modelo de trabalho já está culturalmente acostumado com tomada de decisões em fase de obra, sendo que esta fase de “produção”, como nas outras indústrias, seria prioritariamente para execução fiel dos requisitos representados em projeto.

As principais interferências encontradas nos casos de estudo são relacionadas às interações entre os projetos de estruturas com arquitetura e entre os projetos de instalações hidráulicas, gás e telecomunicações com os projetos de arquitetura e estrutura. A utilização de BIM permite, ainda em projeto, a eliminação destes erros que, comprovados pelo caso de estudo 2, muito provavelmente aparecerão em fase de obra. A importância da resolução não se limita somente à interferência em si, pois as mudanças na fase de obra podem causar outros tipos de problemas e imprevistos. Estes, são de difícil antecipação sem ferramentas de visualização, levando a acréscimos de custo e incumprimento de prazos.

Por fim, o BIM mostra-se como uma solução viável na gestão de obras de reabilitação de edifícios. Cabe, de fato, aos profissionais da AEC avaliar as ferramentas disponíveis e determinar uma estratégia para cada situação, assim como evidenciar os ganhos em qualidade, custos e prazos para justificar os investimentos nessa tecnologia.

5.2 Trabalhos futuros

Este trabalho permite abertura para um conjunto de linhas de investigação na área da gestão de obras de reabilitação com uso da tecnologia BIM, nomeadamente:

- Utilização de BIM em obras de reabilitação após N ciclos de análise de interferências/discussões e revisões de projetos.
- Qualificação do estado de degradação dos elementos existentes da edificação, em modelo tridimensional, conforme as metodologias existentes, para auxiliar na tomada de decisão da solução de reabilitação.
- Estudo comparativo de tecnologias de modelação de edificações existentes (fotometria, laserscan, medições manuais) e suas vantagens e desvantagens.
- Utilizar diferentes cenários de intervenção de reabilitação com modelação 5D (Custos) para um estudo comparativo.
- O uso de BIM para a manutenção de edifícios existentes. Através da parametrização das ações de manutenção associadas aos elementos do modelo, utilizar o BIM como ferramenta de *Facility Management* em edifícios antigos.
- Análises de desempenho térmico/acústico em diferentes cenários de intervenção em obras de reabilitação. Estudar, através da parametrização dos elementos em relação a desempenhos térmico e acústico, a relação custo x benefício de diversos cenários de intervenção.
- Potenciais de utilização dos modelos BIM em fase obra. O estudo das possibilidades de utilização e manejo das informações associadas aos modelos e como essa ferramenta pode ajudar na tomada de decisão.

5.3 Limitações do trabalho

Para a realização do presente trabalho encontraram-se limitações quanto a obtenção de dados e alguns procedimentos exploratórios. Inicialmente optou-se por utilizar como casos de estudo obras que já tivessem sido realizadas. No entanto, observou-se uma resistência por parte dos possíveis participantes quanto a utilização para este fim. Já no caso de obras ainda não realizadas a aceitação foi maior pois, os resultados provenientes do

trabalho poderiam não apenas evidenciar a possível antecipação dos problemas como de fato evitá-los.

Outro fator limitante foi a impossibilidade da aplicação de modelagem 5D (Análise de Custos) para os casos de estudo. A principal razão dessa limitação deu-se principalmente pela ausência de bancos de composição de custos de materiais, serviços e equipamentos por parte dos participantes. Se existentes, esse banco de composições de custos possibilitariam a simulação do custo de obra.

Esta página foi intencionalmente deixada em branco

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS


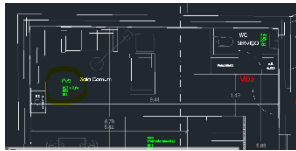
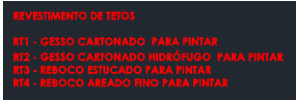




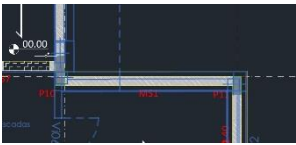
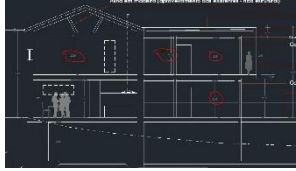
- [1] Instituto Nacional de Estatística (INE) e Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC), *O Parque Habitacional e a sua Reabilitação - Análise e Evolução*. 2011.
- [2] O. do T. e E. Ministério do Ambiente, “Decreto-Lei n.º 53/2014,” *Diário da República*, 2014.
- [3] Prime Yield - Consultadoria e Avaliação Imobiliária, “Reabilitação para uso residencial em Lisboa: Oferta e enquadramento legal,” Lisboa, 2019.
- [4] R. A. F. Oliveira, “METODOLOGIA DE GESTÃO DE OBRAS DE REABILITAÇÃO EM CENTROS URBANOS HISTÓRICOS,” Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2012.
- [5] A. L. Reichardt, A. C. Frasson, and G. dos S. Junior, “Análise metodológica em dissertações no curso de mestrado profissional em ensino de ciência e tecnologia, UTFPR - PR,” *Espacios*, vol. 38, no. 35, p. 155, 2017.
- [6] V. Devadas, “2D dwg into a 3D model,” *Autodesk University*, 2018. [Online]. Available: <https://knowledge.autodesk.com/support/revit-products/getting-started/caas/screencast/Main/Details/417e6483-f3fe-4754-8ded-fa72f1be864c.html>. [Accessed: 17-Mar-2019].
- [7] Autodesk, “4D Simulation and Construction Planning,” *Autodesk Univ. Work.*, 2015.
- [8] D. C. Carreiró *et al.*, “Aplicação da Metodologia BIM a um Caso de Estudo através do software Autodesk Navisworks,” 2017.
- [9] J. Araújo, J. C. Lino, and J. P. Couto, *Ferramentas Bim De Apoio À Gestão De Obra*. 2016.
- [10] Project Management Institute, *Project Management Body of Knowledge: A Guide to the Project Management Body of Knowledge*. 2017.
- [11] A. Walker, *Project Management in Construction*. Wiley-Blackwell, 2015.
- [12] S. B. MELHADO, “A qualidade na construção de edifícios e o tratamento das interfaces entre os sistemas de gestão dos diversos agentes,” *ENTAC2014*, 2014.
- [13] G. A. . Marques, “O projeto na engenharia civil,” Universidade de São Paulo, 1979.
- [14] Pro-Systems Informática Ltda ©, “Pro-Systems - BIM,” 2015. [Online]. Available:



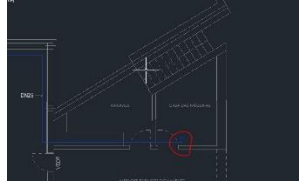
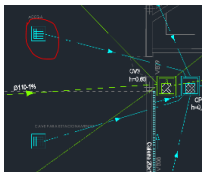
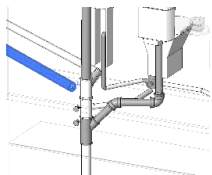


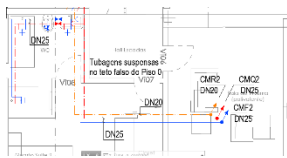

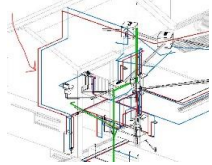

- <https://www.prosystems.com.br>. [Accessed: 16-Jul-2019].
- [15] Project Management Institute, “PMBOK® Guide and Standards,” *Global Standards*, 2019. [Online]. Available: <https://www.pmi.org/pmbok-guide-standards/foundational/pmbok>. [Accessed: 02-Jun-2019].
- [16] R. Volk, J. Stengel, and F. Schultmann, “Building Information Modeling (BIM) for existing buildings - Literature review and future needs,” *Autom. Constr.*, 2014.
- [17] CBIC Câmara Brasileira da Indústria da Construção, “Fundamentos BIM : Implementação do BIM para Construtoras e Incorporadoras,” Brasília DF, 2016.
- [18] E. Possan and C. A. Demoliner, “Desempenho, durabilidade e vida útil das edificações: Abordagem geral,” *Rev. técnico-científica*, vol. 1, pp. 1–18, 2013.
- [19] O. D. T. E. E. MINISTÉRIO DO AMBIENTE, “Decreto-Lei n.º 53/2014,” *Diário da República*, vol. 69, pp. 2337–2340, 2014.
- [20] Assembleia da República, “Regime jurídico da urbanização e edificação,” *Diário da República da República*, 2019.
- [21] Ordem dos Engenheiros, “Os Constrangimentos da Reabilitação Urbana.” [Online]. Available: <https://www.ordemengenheiros.pt/pt/centro-de-informacao/imprensa/oe-nos-media/os-constrangimentos-da-reabilitacao-urbana/>. [Accessed: 19-Aug-2019].
- [22] E. Gholami, “Exploiting BIM in Energy Efficient Refurbishment : A paradigm of future Exploiting BIM in Energy Efficient R e refurbishment : A paradigm of future opportunities,” vol. 2, no. February, 2019.
- [23] PRESIDÊNCIA DO CONSELHO DE MINISTROS, “Decreto-Lei n.º 95/2019,” *Diário da República*, pp. 35–45, 2019.
- [24] R. Frigg and S. Hartmann, “Stanford Encyclopedia of Philosophy: Models in Science,” *Stanford Encycl. Philos.*, p. 22, 2018.
- [25] M. Calder *et al.*, “Computational modelling for decision-making: Where, why, what, who and how,” *Royal Society Open Science*. 2018.
- [26] R. Aish, *Building modelling the key to integrated construction CAD*. 1986.
- [27] R. Sacks, C. Eastman, G. Lee, and P. Teicholz, *BIM Handbook*. 2018.
- [28] ISO, “Building information models - Information delivery manual - Part 1: Methodology and format,” *ISO 29481-1*, 2010.

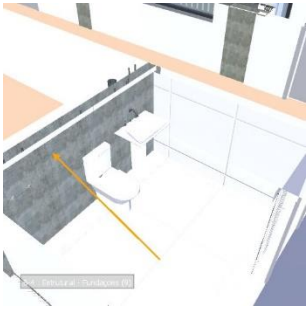
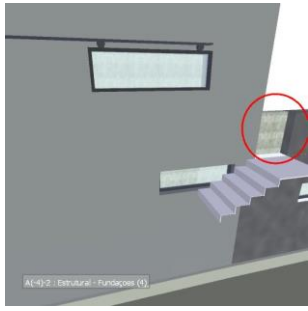
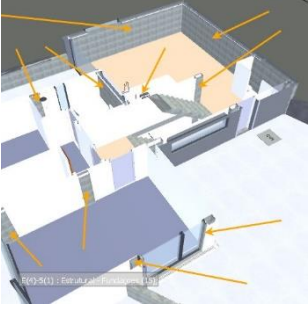
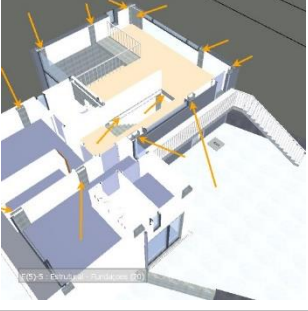
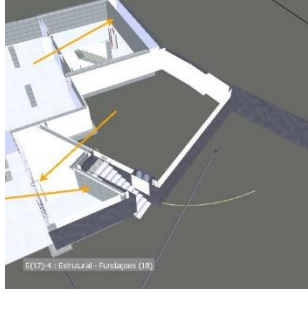
- [29] P. Smith, “BIM & the 5D Project Cost Manager,” *Procedia - Soc. Behav. Sci.*, 2014.
- [30] T. F. Campestrini, M. C. Garrido, R. Mendes Jr, S. Scheer, and Ma. do C. D. Freitas, *Entendendo BIM*. 2015.
- [31] B. Succar, “Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders,” *Autom. Constr.*, 2009.
- [32] P. Dallasega, E. Marengo, W. Nutt, L. Rescic, D. Matt, and E. Rauch, “Design of a Framework for Supporting the Execution-Management of Small and Medium sized Projects in the AEC-industry,” *4th Int. Work. Des. Civ. Environ. Eng. Taipei, Taiwan*, 2015.
- [33] Secretaria de Infraestrutura e logística departamento de gestão de projetos e Obras, “Caderno BIM,” Curitiba, 2018.
- [34] Department of Design and construction, “BIM Guidelines,” *New York City, Dep. Des. Constr.*, no. July, pp. 1–57, 2012.
- [35] I. Czmocho and A. Pękala, “Traditional design versus BIM based design,” in *Procedia Engineering*, 2014.
- [36] A. Redmond, A. Hore, M. Alshawi, and R. West, “Exploring how information exchanges can be enhanced through Cloud BIM,” *Autom. Constr.*, 2012.
- [37] A. K. Nicał and W. Wodyński, “Enhancing Facility Management through BIM 6D,” in *Procedia Engineering*, 2016.
- [38] O. Davtalab and J. L. Delgado, “Benefits of 6D BIM for Facilities Management Departments for Construction Projects – A Case Study Approach,” *Benefits 6D BIM Facil. Manag. Dep. Constr. Proj. – A Case Study Approach*, 2013.
- [39] BIMForum, “Level of Development (LoD) Specification Part I,” 2018.
- [40] AIA, “AIA Contract Document G202-2013 Building Information Modeling Protocol Form,” 2013.
- [41] Penn State CIC Research Team, “Building Information Modeling Project Execution Planning Guide,” *Build. alliance*, 2011.
- [42] JOHN MESSNER and C. ANUMBA, *BIM Planning Guide for Facility Owners*. 2013.
- [43] ISO, “Industry Foundation Classes (IFC) for data sharing in the construction and

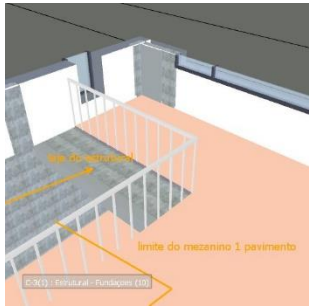
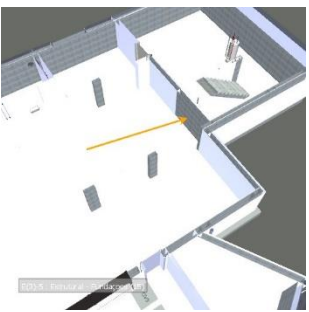
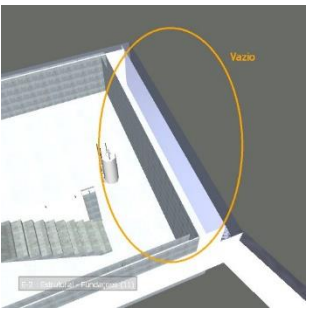
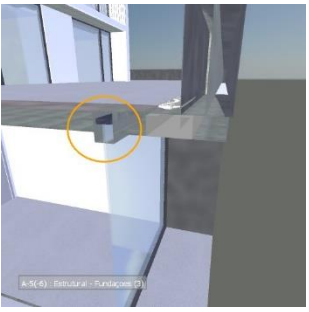
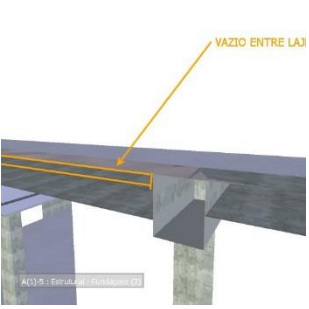
- facility management industries -- Part 1: Data schema,” *ISO 16739-1*, 2018.
- [44] buildingSMART International, “Industry Foundation Classes - Version - 4.1.0.0,” *buildingSMART International Ltd.*, 2018. [Online]. Available: https://standards.buildingsmart.org/IFC/RELEASE/IFC4_1/FINAL/HTML/. [Accessed: 29-May-2019].
- [45] S. Rokooei, “Building Information Modeling in Project Management: Necessities, Challenges and Outcomes,” *Procedia - Soc. Behav. Sci.*, 2015.
- [46] R. Fellows and A. Liu, *Research Methods for Construction*, 4th Editio. Wiley Blackwell, 2015.
- [47] R. K. Yin, *Case Study Reserach - Design and Methods*. 2006.
- [48] Autodesk, “Autodesk Revit.” [Online]. Available: <https://www.autodesk.com/education/free-software/revit>. [Accessed: 21-Jul-2019].
- [49] Autodesk, “Autodesk Navisworks Manage.” [Online]. Available: <https://www.autodesk.com/education/free-software/navisworks-manage>. [Accessed: 25-May-2019].
- [50] R. Bogdan and S. K. Biklen, “Foundations of Qualitative Research for Education,” *Qual. Res. Educ.*, 2007.
- [51] Design Research Techniques, “Semi-Structured Interviews.” [Online]. Available: <http://designresearchtechniques.com/casestudies/semi-structured-interviews/>. [Accessed: 14-Aug-2019].
- [52] D. Leigh, “SWOT Analysis,” in *Handbook of Improving Performance in the Workplace*, 2010.
- [53] M. Baldwin, *The BIM-Manager: A Practical Guide for BIM Project Management*. Berlin, 2019.
- [54] K. P. Reddy, *BIM for building owners and developers: making a business case for using BIM on projects*. 2012.
- [55] H. Tekin and Ş. Atabay, “Building information modelling roadmap strategy for Turkish construction sector,” *Proc. Inst. Civ. Eng. - Munic. Eng.*, 2018.


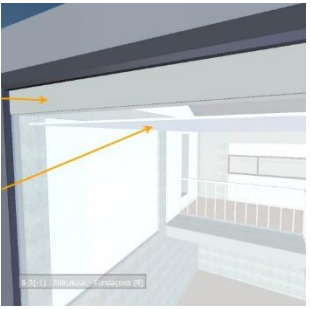
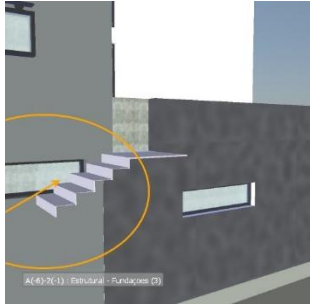
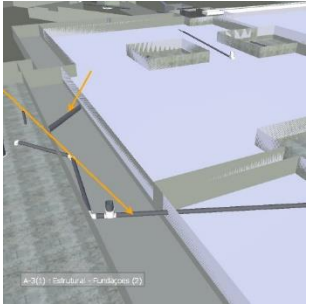
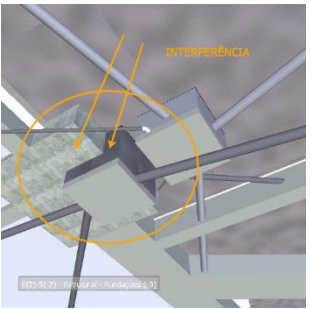
ANEXO A – Documentos caso de estudo 1

Relatório de Discussões - Caso de Estudo 1				
Nº	Modelo	Comentários	Imagem 1	Imagem 2
D1	Arquitetônico	Sem definição de material para o rodapé de madeira RP2, foi considerado Pintura Branca. Sem definição de padrão do perfil, foi considerado 20 x 50 mm		
D2	Arquitetônico	Por falta de detalhamento, não foi possível identificar a aplicação do revestimento RV3 no ambiente da Sala Comum. Foi adotado o revestimento RV1 para todo o ambiente		
D3	Arquitetônico	Acabamento do rodapé não definido, foi adotada a pintura branca.		
D4	Arquitetônico	As janelas do nível Subsolo da planta são incompatíveis com a elevação. Seguiu-se o que foi determinado em planta.		
D5	Arquitetônico	Há pilares, no nível do subsolo, que não foram definidos no projeto arquitetônico, apenas no projeto estrutural.		
D6	Arquitetônico	O desenvolvimento do projeto estrutural não segue a posição nem a dimensão dos pilares do projeto arquitetônico. As linhas em azul são referentes ao projeto Arquitetônico		
D7	Arquitetônico	A altura dos forros foi definida conforme o espaço mínimo exigido pelas tubagens do teto. O projeto arquitetônico não especifica estas alturas, somente é definido o pé direito para os ambientes nos cortes.		

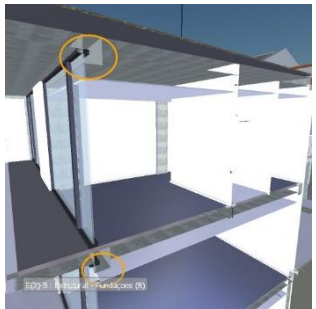
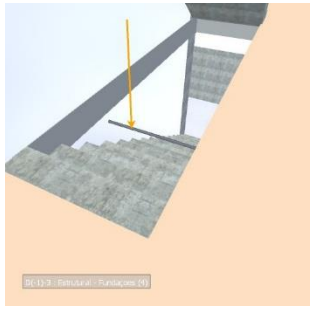
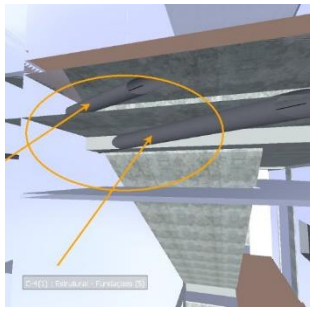
D8	Hidráulico	A posição das colunas montantes de água fria, água quente e retorno não coincidem com o restante dos pavimentos. Para que não fiquem expostas, adotou-se que as colunas passam dentro da parede.		
D9	Hidráulico	O projeto hidráulico especifica que o sistema de esgoto se encontra no entreferro. No entanto, o corte do projeto arquitetônico é muito genérico e não definiu altura para o forro. Adotou-se forros com altura entre 240 a 260cm		
D10	Hidráulico	Torneira sem especificação de altura, foi considerado 50cm		
D11	Hidráulico	Não há especificação do símbolo, foi considerado um ralo		
D12	Hidráulico	Não há espaço suficiente para todos os ramais de descarga dimensionados na prumada do Pavimento 1. Não foi conectado a nenhum sub ramal pois o desenho demonstra que a ligação é direta na coluna.		
D13	Hidráulico	Os pormenores não se aplicam a situação do projeto, pois foi determinado que as tubagens passam pelo entre forro dos pavimentos		
D14	Hidráulico	Não existe detalhamento da ligação do aquecedor ao aquecimento solar. Foi adotada a passagem destas tubagens pela parede externa.		
D15	Gás	A passagem original da rede externa de gás está em cima da escada		

I2	Arquitetônico	Estrutural	Parede de concreto do projeto estrutural sobrepondo a parede do projeto arquitetônico	
I3	Arquitetônico	Estrutural	Não houve previsão desta entrada no projeto	
I4	Arquitetônico	Estrutural	Pilares e paredes de betão estão desalinhados, no nível do subsolo, no projeto arquitetônico em relação ao projeto estrutural, causando danos estéticos	
I5	Arquitetônico	Estrutural	Pilares e paredes de betão estão desalinhados, no nível do pavimento 1, no projeto arquitetônico em relação ao projeto estrutural, causando danos estéticos	
I6	Arquitetônico	Estrutural	Paredes em betão estão desalinhadas no projeto arquitetônico em relação ao projeto estrutural, causando danos estéticos	



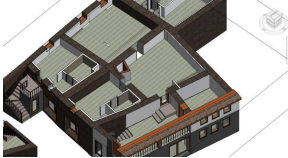
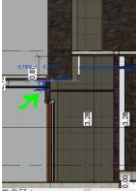




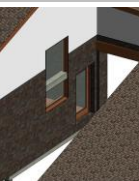
I7	Arquitetônico	Estrutural	Laje do projeto estrutural extrapolando o limite estabelecido no projeto arquitetônico	
I8	Arquitetônico	Estrutural	Parede existente no projeto não estrutura não é prevista no projeto arquitetônico	
I9	Arquitetônico	Estrutural	Vazio entre os limites de paredes dos projetos estrutural e arquitetônico	
I10	Arquitetônico	Estrutural	Sobreposição das caixilharia nas vigas, o desenho do projeto arquitetônico não levou em consideração a estrutura	
I11	Arquitetônico	Estrutural	Não foi previsto um enchimento para compensar a diferença de nível das lajes estruturais	

I12	Arquitetônico	Estrutural	O telhado do projeto arquitetônico encontra-se abaixo do projeto estrutural	
I13	Arquitetônico	Arquitetônico	Forro e laje expostos na caixilharia	
I14	Arquitetônico	Arquitetônico	Sobreposição da escada com a janela	
I15	Hidráulico	Estrutural	Tubulação de esgotos e ventilação cruzando com viga baldrame	
I16	Hidráulico	Estrutural	Sobreposição da sapata da fundação com caixa de visita	

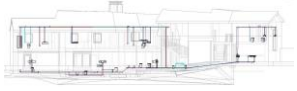
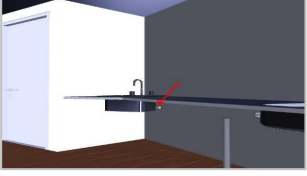
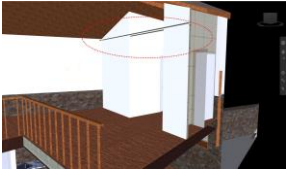


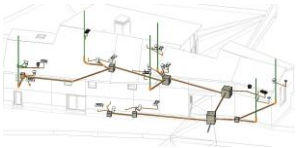

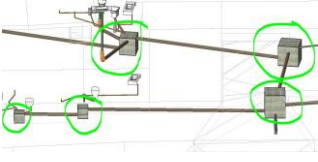
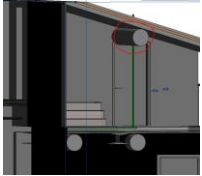
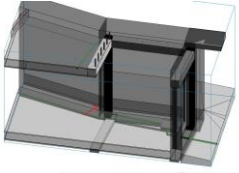
I17	Hidráulico	Estrutural	Sobreposição da sapata da fundação com tubulação	
I18	Hidráulico	Arquitetônico	Louças dos registros ficaram dentro do forro	
I19	Hidráulico	Arquitetônico	Tubulações cortando a caixilharia	
I20	Hidráulico	Arquitetônico	Paredes estruturais em alvenarias recebem as distribuições das tubulações	
I21	Arquitetônico	Estrutural	Estrutura extrapolando os vãos definidos pela arquitetura	

I22	Arquitetônico	Estrutural	Caixilharia sobrepondo vigas	
I23	Gás	Arquitetônico	Tubulação que tem passagem pelo forro está exposta na escada	
I24	Hidráulico	Estrutural	Tubulações de esgoto cruzando laje, viga e escada	



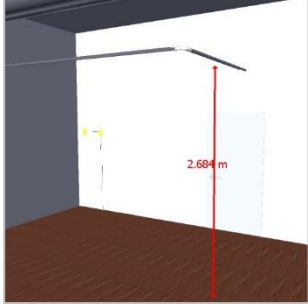
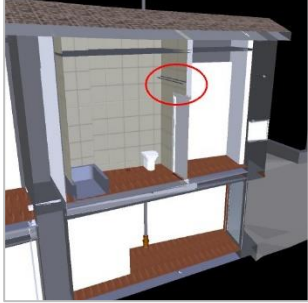
ANEXO B – Documentos caso de estudo 2

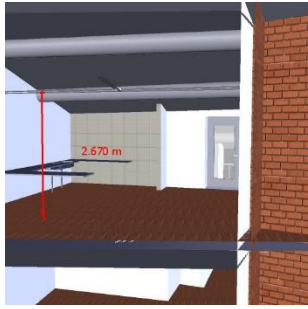
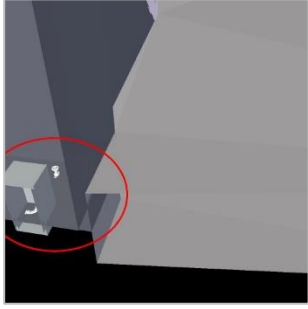
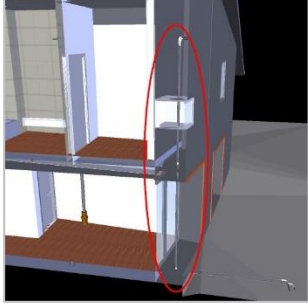
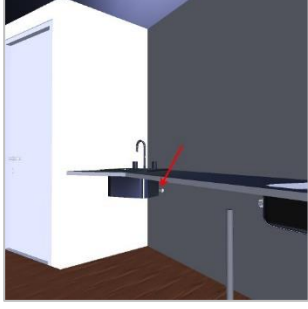
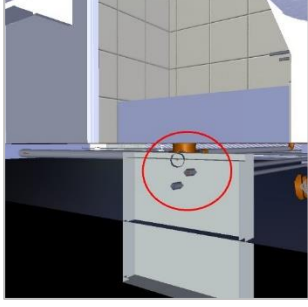
Relatório de Discussões - Caso de Estudo 2				
Nº	Modelo	Comentários	Imagem 1	Imagem 2
D21	Arquitetônico	Não há especificação do material de acabamento ou tratamento das paredes indicadas, foi considerado o acabamento em pedra na parte exterior.		
D22	Arquitetônico	Não há especificação do material de acabamento ou tratamento da parede indicada, foi considerado com núcleo em granito, seguindo a especificação das novas paredes e pintura dos dois lados.		
D23	Arquitetônico	Não há especificação de material de acabamento para várias paredes, nesses casos foi considerada a lógica do ambiente. Levando se em consideração as paredes ao redor.		
D24	Arquitetônico	A localização de algumas vigas metálicas que aparecem nos cortes do projeto arquitetônico difere do projeto estrutural. Foi modelado de acordo com o projeto estrutural.		
D25	Arquitetônico	Algumas vigas metálicas são maiores que o espaço do entreferro, e ficam aparentes nos ambientes.		
D26	Estrutural	A localização do pilar não permite que a porta abra completamente.		
D27	Estrutural	A viga está passando no meio da janela.		

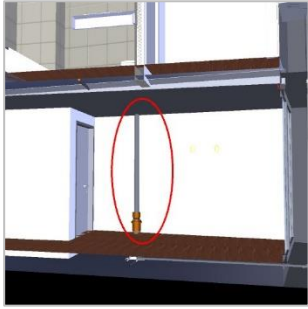
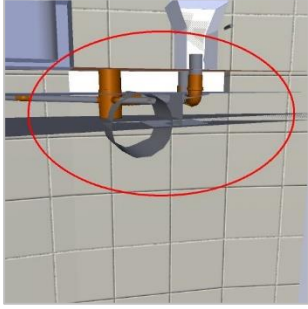
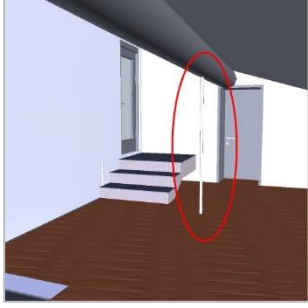
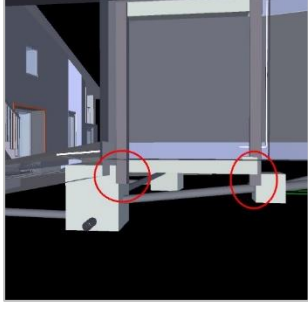
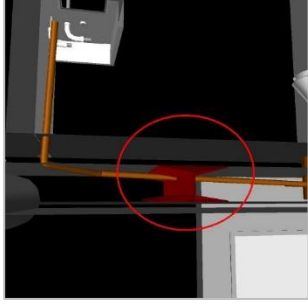
D28	Hidráulico e Pluvial	O projeto diz que todo encaminhamento de água fria e água quente passam a 2,70 do piso, porém essa dimensão não é compatível com o pé direito de todos os ambientes. Resultando em tubulação com passando dentro do telhado ou abaixo do forro.		
D29	Hidráulico e Pluvial	Não há especificação da altura das pias, foram consideradas a 80 cm do piso		
D30	Hidráulico e Pluvial	A cota mais elevada do dreno, que possui inclinação de 1% está a -30cm da cota interna do piso. Como o projeto não apresenta nenhum detalhe de conexão desse tubo a outra rede, ele foi modelado como um tubo único.		
D31	Hidráulico e Pluvial	O projeto de águas frias e quentes não consideraram as aberturas, por isso a prumada que sobe do rés do chão para o 1 andar está passando por uma porta e uma janela.		
D32	Hidráulico e Pluvial	A prumada de água quente desce com o diâmetro de 32 e depois fica com 25, foi modelado dessa forma.		
D33	Hidráulico e Pluvial	Não foi indicada a cota dos encaminhamentos no projeto, e para evitar diversas colisões entre as tubulações de água quente com as de água fria, elas foram modeladas em cotas distintas, com um distanciamento mínimo entre elas.		
D34	Hidráulico e Pluvial	A pré instalação de contador, não detalhada em projeto, foi modelada segundo o exemplo da imagem.		
D35	Hidráulico e Pluvial	Alguns trechos modelados não correspondem exatamente ao desenho do CAD, devido as inclinações das conexões		
D36	Hidráulico e Pluvial	A caixa de passagem e a válvula estão dentro da parede, impossibilitando a manutenção e uso de ambas.		

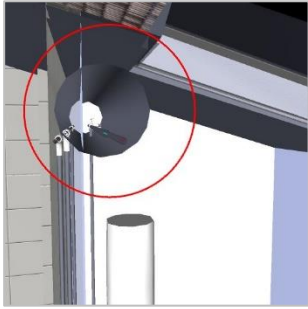
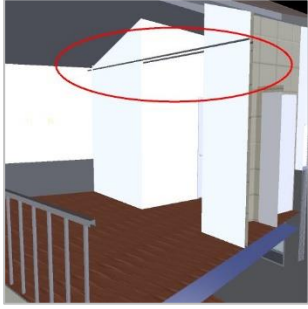
D37	Hidráulico e Pluvial	O projeto não considera o desnível do terreno e entre os cômodos, para modelar de uma maneira mais próxima da realidade, a altura dos pisos foi considerada.		
D38	Hidráulico e Pluvial	Pia alimentada somente com água fria e sem esgoto		
D39	Hidráulico e Pluvial	Não foi previsto forro nesse ambiente, por isso tubulação de água fria e quente estão aparentes.		
D40	Hidráulico e Pluvial	No projeto existe apenas a indicação de descida do tubo de queda, porém, na modelagem foi adicionado uma curva para que o tubo de queda não descasse sem apoio.		
D41	Esgoto	Não é clara a diferenciação dos tipos de tubo no projeto. Foi modelado na seguinte forma: laranja - enterrado, verde - queda e ventilação, marrom - descarga e cinza - ligação com rede.		
D42	Esgoto	Não foi definido o quanto a caixa de visita é enterrada, foram modeladas seguindo as inclinações das tubulações de ligação entre elas. Em alguns casos podendo prejudicar o bom funcionamento por gravidade.		
D43	ITED	Os eletrodutos foram modelados no piso por causa dessa nota do memorial. Se colocada no forro, colidiria com as vigas de madeira.	<p>recomunicações.</p> <p>9 - REDE INDIVIDUAL DE TUBAGEM</p> <p>9.1 - Tubos e Caixas</p> <p>A Rede Individual de Tubagem será genericamente constituída por tubos com um ϕ nominal/comercial de 25 mm pelo que se utiliza tubo do tipo ISOGRS 25, VO 25 ou equivalente e VOF 25 sempre que os tubos sejam colocados no forro.</p> <p>Nos casos em que for necessário, pela aplicação da fórmula de cálculo dos diâmetros interiores ditis nesta rede e/ou por outros critérios de operacionalidade utilizar tubos de ϕ nominal/comercial superior tal é referenciado nas correspondentes peças desenhadas.</p>	
D44	ITED	Existe uma indicação de subida do PTA no projeto de CAD, porém a subida está no meio do ambiente e colide com uma viga.		
D45	ITED	Não foi definida a subida do condutite para alimentar o 1 andar, foi modelado onde parecia mais lógico, saindo fora das vigas e dos pilar.		

Relatório de Interferências - Caso de Estudo 2

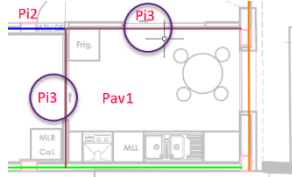
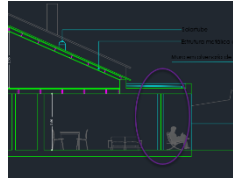



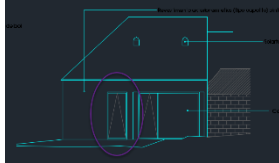
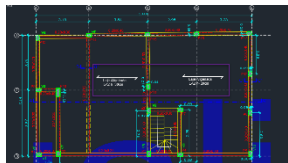
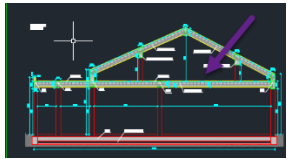
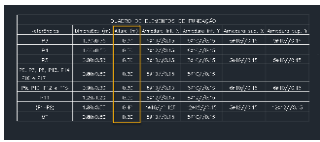
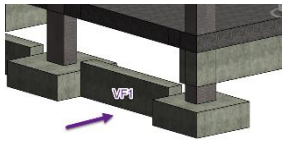
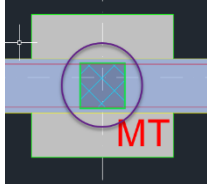
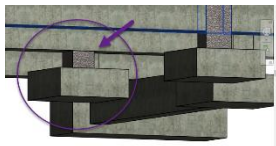
Nº	Modelo 1	Modelo 2	Descrição	Imagem
I25	Arquitetônico	Estrutural	Vigas maiores que o entreferro	
I26	Arquitetônico	Estrutural	Viga a atravessar janela	
I27	Arquitetônico	Hidráulico e Pluvial	Tubulação aparente, altura do forro não considerada	
I28	Arquitetônico	Hidráulico e Pluvial	Tubulação aparente, altura do forro não considerada	

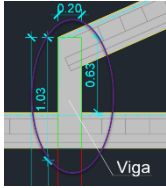
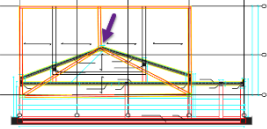
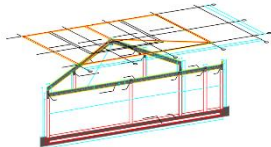
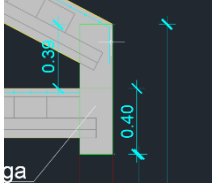
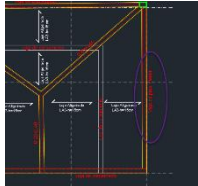

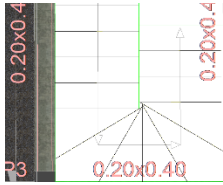
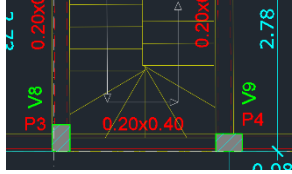
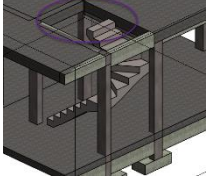
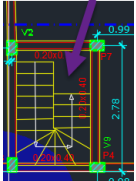
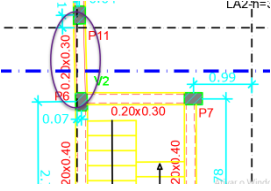
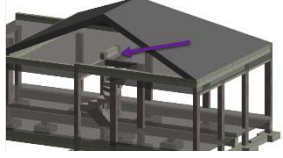
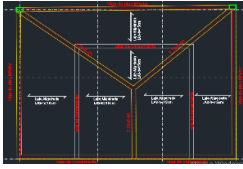

I29	Arquitetônico	Hidráulico e Pluvial	Tubulação aparente, altura do forro não considerada	
I30	Arquitetônico	Hidráulico e Pluvial	Caixa dentro de parede, acesso restrito	
I31	Arquitetônico	Hidráulico e Pluvial	Prumada de água quente e fria a atravessar porta, janela e interior da parede	
I32	Arquitetônico	Hidráulico e Pluvial	Pia alimentada somente com água fria e sem esgoto	
I33	Esgoto	Hidráulico e Pluvial	Tubulações dentro de caixa de visita	

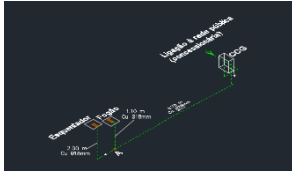
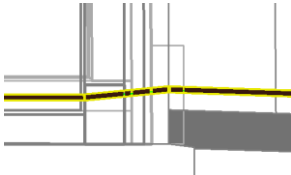

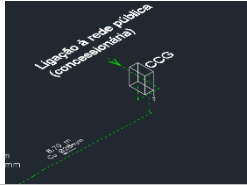
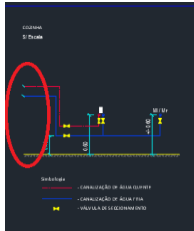
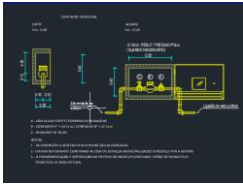
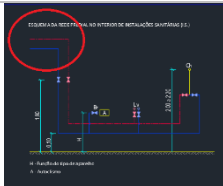
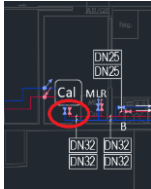
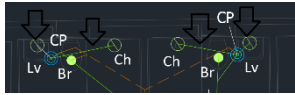
I34	Arquitetônico	Hidráulico e Pluvial	Tubulação aparente, a prumada considera paredes alinhadas	
I35	Esgoto	Estrutural	Colisão da caixa sifonada com viga de madeira e tubulação da sanita com viga metálica	
I36	Arquitetônico	Hidráulico e Pluvial	Subida indefinida	
I37	Esgoto	Estrutural	Pilares provavelmente terminam em elementos de fundação que apesar de não existirem em projeto podem coincidir com caixas de visita	
I38	Hidráulico e Pluvial	Estrutural	Colisão de tubulação e viga metálica	

I39	Hidráulico e Pluvial	Estrutural	Colisão tubulação de AFAQ e viga de madeira	
I40	Arquitetônico	Hidráulico e Pluvial	Sem previsão de forro para o ambiente, a tubulação fica aparente	

ANEXO C – Documentos caso de estudo 3

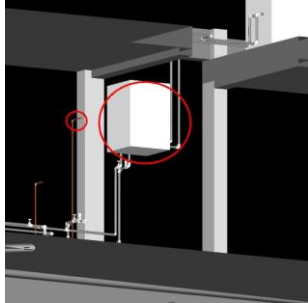
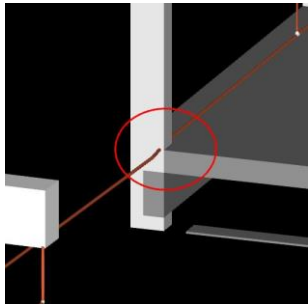
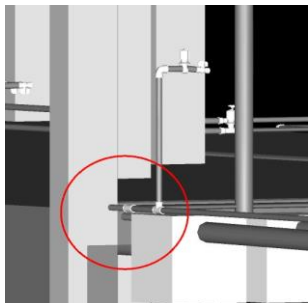
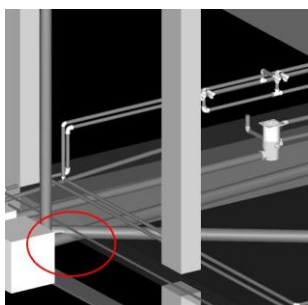
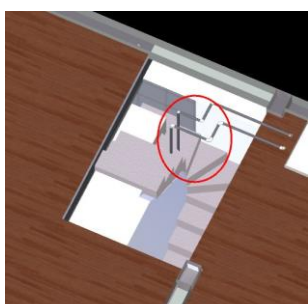
Relatório de Discussões - Caso de Estudo 3				
Nº	Modelo	Comentários	Imagem 1	Imagem 2
D46	Arquitetônico	Não há pormenores da Parede Pi3. Foi modelado com o pormenor da parede Pi1.		
D47	Arquitetônico	Não há dimensão dos envidraçados no projeto. As medidas foram adquiridas no corte e nas vistas. Porém, para esse envidraçado em questão, as medidas do corte e da vista não são compatíveis.		
D48	Arquitetônico	A largura da janela no corte e na planta não são compatíveis. Foi usado o tamanho desenhado na vista.		
D49	Arquitetônico	Não há definição do tamanho das portas. Foram usadas as medidas das portas desenhadas na vista.		
D50	Estrutural	Na Planta da Cobertura, não há indicação da presença de laje do lado esquerdo da planta. Porém, em corte, é visível a presença da laje. Foi adotada a indicação em corte.		
D51	Estrutural	A viga de ligação das sapatas (VF1) tem altura definida no projeto de 40 cm. Porém, a sapata tem altura de 30 cm. Desse modo, no modelo, foi mantida a altura de 40 cm de VF1, e para haver o espaço (com folga) foi deixado 20 cm entre as sapatas e as vigas.		
D52	Estrutural	O pilar MT, presente na planta de Fundação, não existe na planta de cobertura, o que mostra que não deve subir até o próximo nível da casa. Porém, não há indicação da altura desse pilar. Desse modo, foi feito do topo da sapata até viga de fundação - 20cm.		

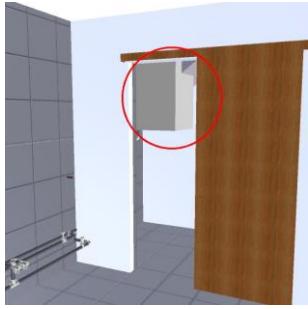
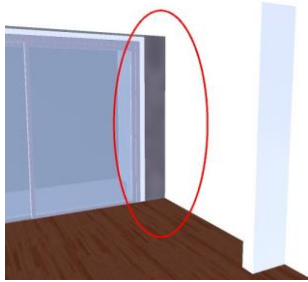
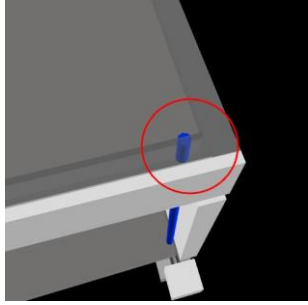
D53	Estrutural	A viga tem a altura de 63 cm e é desenhada com a indicação de viga alta. Contudo, no corte, a indicação é de uma viga que passa pela laje também. Desse modo, foi desenhada a viga com altura de 93 cm, para cumprir a função com a laje.		
D54	Estrutural	O ponto mais alto do telhado não está alinhado entre as planta de corte e da cobertura inclinada. Como o posicionamento dos pilares está coerente no corte, foi usado como referencia o ponto alto do corte.		
D55	Estrutural	A viga que aparece na Planta do corte AA com altura de 39 cm para apoio do telhado, não aparece na Planta da Cobertura Inclinada. Como ela é essencial para o apoio da laje que compõe o telhado, foi feito conforme o desenho da Planta do corte AA.		
D56	Estrutural	Não fica claro em nenhum detalhe ou planta do projeto qual deve ser o acabamento da laje aligeirada do telhado, na face da caída triangular do telhado. Desse modo, foi adotada a solução exibida.		
D57	Estrutural	O desenho dos degraus da escada estão descentralizados e a escada está desenhada passando por dentro da viga. Os degraus foram desenhados no modelo de modo centralizado e o limite adotado foi o da viga.		
D58	Estrutural	Não há referência de como a escada toca no piso superior. Foi modelado exatamente como em projeto.		
D59	Estrutural	A viga subsequente a escada tem a legenda de viga invertida. Mas fica no meio da laje e, de acordo com o projeto, não há nenhuma outra justificativa para ela estar elevada naquele ponto. Foi mantido no modelo como previsto em projeto.		
D60	Estrutural	Não há detalhamento das vigas de coroamento do telhado, na face que ele toca a construção já existente.		

D61	Estrutural	Uma das vigas da varanda da casa está desenhada como alta, mas provavelmente é baixa, para acompanhar o nível da casa.		
D62	Gás	Não há especificação se existe inclinação do tubo. Foi modelado com inclinação nula.		
D63	Gás	Não há especificação de qual tipo de cobre usar (rígido ou flexível). Foi modelado com tudo de cobre rígido.		
D64	Gás	Há um tubo que passa dentro do pilar. Ele foi modelado exatamente como em projeto.		
D65	Gás	Não há referência da altura da caixa de corte do gás. Foi modelado com 0,5 m do chão.		
D66	Hidráulico	Não há altura definida para as tubulações de água fria e quente quanto: a entrada da rua para o quintal e do quintal pra dentro da casa. Foi modelado tudo com h=0m, excepto o que havia altura nos pormenores da cozinha.		
D67	Hidráulico	Não há altura de entrada da tubulação no banheiro. Foi modelado com altura apenas o que havia nos pormenore do banheiro.		
D68	Hidráulico	A altura do esquentador foi definida pela referência da válvula seccionadora, que não pode estar a menos de 1,40 m do chão no esquentador. Assim, foi posicionado a 1,50 m.		
D69	Hidráulico	Não há inclinação definida do chuveiro e do lavatório para caixa de pavimento. Foi feito com i=0%		

D70	Hidráulico	<p>Não é claro esse desenho do esgoto do banheiro a esquerda. A caixa sifonada (caixa de pavimento) devia ter sua conexão ao coletor principal depois que ele já saiu do vaso sanitário (e não antes). Por isso, no modelo, foi feito igual o do outro banheiro.</p>		
D71	Hidráulico	<p>Não é claro esse desenho do esgoto do banheiro a esquerda. A caixa sifonada (caixa de pavimento) devia ter sua conexão ao coletor principal depois que ele já saiu do vaso sanitário (e não antes). Por isso, no modelo, foi feito igual o do outro banheiro.</p>		
D72	Hidráulico	<p>Não há definição dos diâmetros dos aparelhos da cozinha.</p>		
D73	Hidráulico	<p>Não foi possível perceber a conexão dos tubos de queda da drenagem às caixas. Foi modelado no mesmo local.</p>		
D74	Hidráulico	<p>O tudo de drenagem 1 está no meio da viga do piso superior.</p>		

Relatório de Interferências - Caso de Estudo 3

Nº	Modelo 1	Modelo 2	Descrição	Imagem
I41	Hidráulico	Gás	A tubulação de gás não coincide com a posição do esquentador definida no projeto hidráulico.	
I42	Gás	Estrutural	Tubulação de distribuição de gás atravessando pilar estrutural.	
I43	Hidráulico	Estrutural	Tubulação de distribuição de água atravessando pilar estrutural.	
I44	Hidráulico	Hidráulico	Tubulações de esgoto próximas a entrada das caixas de verificação sobrepõem-se.	
I45	Hidráulico	Arquitetônico	Tubulações atravessam as escada.	

I46	Hidráulico	Arquitetônico	Esquentador coincide com a posição da escada.	
I47	Arquitetônico	Estrutural	Pilar estrutural desalinhado e aparente em relação ao projeto arquitetônico.	
I48	Hidráulico	Estrutural	Tubulação de coleta de água coincide com posicionamento de viga.	
I49	Hidráulico	Arquitetônico	Tubulações aparentes. hidráulicas	