

UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
FACULDADE DE ENGENHARIA
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM AMBIENTE CONSTRUÍDO

VINÍCIUS MARTINS GALIL

**MODELO PARAMÉTRICO APLICÁVEL À GESTÃO DA MANUTENÇÃO EM
FACHADAS DE EDIFÍCIOS**

JUIZ DE FORA

2024

VINÍCIUS MARTINS GALIL

**MODELO PARAMÉTRICO APLICÁVEL À GESTÃO DA MANUTENÇÃO EM
FACHADAS DE EDIFÍCIOS**

Dissertação apresentada à banca do Programa de Pós-graduação em Ambiente Construído como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ambiente Construído. Área de Concentração: Ambiente Construído.

Orientadora: Profa. Dra. Maria Teresa Gomes Barbosa

Coorientador: Prof. Dr. Kléos Magalhães Lenz César Júnior

Juiz de Fora

2024

Ficha catalográfica elaborada através do programa de geração automática da Biblioteca Universitária da UFJF, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Galil, Vinícius Martins Galil.

Modelo Paramétrico Aplicável à Gestão da Manutenção em Fachadas de Edifícios / Vinícius Martins Galil Galil. -- 2024.
116 f. : il.

Orientadora: Maria Teresa Gomes Barbosa Barbosa

Coorientadora: Kléos Magalhães Lenz César Júnior Júnior

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Faculdade de Engenharia. Programa de Pós-Graduação em Ambiente Construído, 2024.

1. BIM. 2. Facility Management. 3. Interoperabilidade. 4. Padronização. I. Barbosa, Maria Teresa Gomes Barbosa, orient. II. Júnior, Kléos Magalhães Lenz César Júnior, coorient. III. Título.

VINÍCIUS MARTINS GALIL

Modelo paramétrico aplicável a gestão da manutenção em fachadas de edifícios

Dissertação
apresentada ao PPG
Ambiente Construído
da Universidade
Federal de Juiz de Fora
como requisito parcial
à obtenção do título de
Mestre em Ambiente
Construído. Área de
concentração:
Ambiente Construído

Aprovada em 13 de março de 2024.

BANCA EXAMINADORA

Prof(a) Dr(a) Maria Teresa Gomes Barbosa - Orientador e Presidente da Banca
Universidade Federal de Juiz de Fora

Prof Dr Kleos Magalhães Lenz César Junior - Coorientador
Universidade Federal de Viçosa

Prof Dr Marcos Martins Borges - Membro Interno Titular
Universidade Federal de Juiz de Fora

Prof Dr Marcio Minto Fabrício - Membro Externo Titular
Universidade de São Paulo

Juiz de Fora, 11/03/2024.



Documento assinado eletronicamente por **Maria Teresa Gomes Barbosa, Coordenador(a)**, em 13/03/2024, às 11:16, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Kleos Magalhães Lenz César Júnior, Usuário Externo**, em 13/03/2024, às 11:17, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Marcos Martins Borges, Professor(a)**, em 23/04/2024, às 15:12, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Marcio Minto Fabricio, Usuário Externo**, em 27/06/2024, às 10:52, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no Portal do SEI-Ufjf (www2.ufjf.br/SEI) através do ícone Conferência de Documentos, informando o código verificador **1746348** e o código CRC **A4270401**.

ESTE TRABALHO É DEDICADO A

Gabriel e Bernardo, meus pequenos brilhantes, fontes da minha motivação e força.

A **Telma**, meu amor, minha amiga, minha parceira de riso e choro. Obrigado por me ajudar a crescer e me incentivar em todos os momentos de alegria e tristeza.

Aos meus pais **Dulce e Rogério**, por todo amor, torcida e por se esforçarem mais uma vez, de forma incondicional.

Ao Sub Ten MB **Paulo Campissi**, meu sogro, amigo e segundo pai... Você não pôde ver com seus olhos o início dessa jornada, mas, tenho certeza que de onde está, acompanhou com seu coração todo o trajeto. Sempre vou te amar!

A tia **Marly**, que sempre estará em meu coração. Obrigado por tanto colo quando minhas pernas doíam...

Os méritos de todo esse trabalho eu dedico a vocês, amores da minha vida, razões da minha felicidade e de continuar lutando...

AGRADECIMENTOS

À inteligência suprema, causa primária de todas as coisas. [Lv. dos Espíritos, Questão 1]

À CAPES por fomentar os cursos de aperfeiçoamento em todo o país

Ao professor Dr. **Henrique da Silva Pizzo**, um dos meus grandes mentores e incentivadores. Amigo, não tenho como te agradecer por tantos conselhos, brincadeiras e alguns puxões de orelha.

À Professora Dra **Maria Teresa Gomes Barbosa**, pelo seu carinho e cuidado para comigo durante todo o tempo.

A **André Barros**, colega projetista e modelador 3D, proprietário da oficinadoprojetista.com, por toda a atenção e tempo dispensados no meu treinamento voltado à parametrização das famílias BIM.

“Ele supõe saber alguma coisa e não sabe, enquanto eu, se não sei, tampouco suponho saber, parece que sou um pouco mais sábio que ele, exatamente por não supor que saiba o que não sei”.

Sócrates [470 – 399 a.C.]

RESUMO

A ascensão do BIM como o mais novo paradigma trouxe uma série de novas percepções de como se deve planejar, projetar, executar, ocupar e conservar uma planta, independentemente de sua natureza: residencial, comercial ou industrial. Este trabalho objetiva apresentar um histórico desde a idealização da metodologia até o cenário atual de implementação, também chamado de 7D (Manutenção de Facilidades). Para tanto, descreve-se os princípios de modelagem de dados e sua evolução, como a modelagem paramétrica, bem como apresenta-se os conceitos do IFC, de FM e um resumo das principais manifestações patológicas detectadas em residências unifamiliares. Nesse contexto, a pesquisa é subdividida em três partes distintas e complementares ao tema proposto, a saber: contextualização teórica, que objetiva a imersão do leitor aos fundamentos da modelagem da construção; a implementação da metodologia de pesquisa propriamente dita, onde partiu-se da premissa de prospectar, através de artigos e livros, a identificação de anomalias de umidade, que possibilitou o procedimento para o levantamento de todas as características (parâmetros) necessários à sua qualificação onde se extraiu um modelo inicial de BIM-FM, e, finalmente, a implementação em um modelo real, um caso ilustrado pelo Palacete Santa Mafalda na cidade de Juiz de Fora/MG. Em suma, este trabalho, permitiu concluir que caracteres de qualificação das manifestações patológicas poderão ser usados para obtenção de um modelo de dados BIM-FM com parâmetros de identificação, seus custos e suas recidivas no decorrer do tempo.

Palavras chaves: BIM, FM, Interoperabilidade

ABSTRACT

The rise of BIM as the newest paradigm has brought a series of new insights into how to plan, design, execute, occupy and maintain a plant, regardless of its nature: residential, commercial or industrial. This work aims to present a history from the idealization of the methodology to the current implementation scenario, also called 7D (Facility Maintenance). To this end, the principles of data modeling and its evolution, such as parametric modeling, are described, as well as the concepts of IFC, FM and a summary of the main pathological manifestations detected in single-family homes. In this context, the research is subdivided into three distinct and complementary parts to the proposed theme, namely: theoretical contextualization, which aims to immerse the reader in the fundamentals of construction modeling; the implementation of the research methodology itself, which started from the premise of prospecting, through articles and books, the identification of humidity anomalies, which enabled the procedure for surveying all the characteristics (parameters) necessary for its qualification where an initial BIM-FM model was extracted, and, finally, the implementation in a real model, a case illustrated by Palacete Santa Mafalda in the city of Juiz de Fora/MG. In short, this work allowed us to conclude that qualification characteristics of pathological manifestations can be used to obtain a BIM-FM data model with identification parameters, their costs and their recurrences over time.

Keys words: BIM, FM, Interoperability

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1: CAPACIDADE DE INFLUÊNCIA NO CUSTO FINAL DO PROJETO	18
GRÁFICO 2: CICLO DE VIDA DE EDIFÍCIO	22
GRÁFICO 3: ÁREAS X TIPO DE UMIDADE	103
GRÁFICO 4: QTD DE UMIDADE POR TIPO	103
GRÁFICO 5: REGISTRO DAS MANIFESTAÇÕES X CORREÇÕES	103
GRÁFICO 6: PARTICIPAÇÃO DAS ANOMALIAS RECIDIVAS NO CONTEXTO	104
GRÁFICO 7: INTERVALO DE TEMPO ENTRE VISTORIAS	104

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1: ÁREAS DA PESQUISA DE BIM X FM.....	20
FIGURA 2: BIM X CICLO DE VIDA DA EDIFICAÇÃO	29
FIGURA 3: DIVISÃO BÁSICA DOS INTERVENIENTES (<i>STAKEHOLDERS</i>)	31
FIGURA 4: ESTRATÉGIAS BIM-BR	32
FIGURA 5: PARTICIPAÇÃO DE INSTITUIÇÕES BRASILEIRAS NA AL.....	35
FIGURA 6: MATURIDADE BIM NAS EMPRESAS BRASILEIRAS.....	36
FIGURA 7: IMPULSIONADORES E BARREIRAS	36
FIGURA 8: EXEMPLO DE ESTRUTURA BÁSICA DE OBJETO.....	38
FIGURA 9: EXEMPLO DO RECURSO DE HERANÇA.	39
FIGURA 10: VALOR DA INFORMAÇÃO SEM USO DO BIM NO TEMPO	42
FIGURA 11: RAZÕES TÉCNICAS PARA PERDA DE INTEROPERABILIDADE.....	45
FIGURA 12: COMPARAÇÃO ENTRE PADRÕES SISTEMAS INTEROPERÁVEIS	46
FIGURA 13: CICLO DE VIDA DE UM PADRÃO DE INTERCAMBIÁVEL.....	47
FIGURA 14: RECORTE DE CODIFICAÇÃO IFC	48
FIGURA 15: INTEGRAÇÃO DE TIPOS DE APLICAÇÕES E FUNCIONALIDADES	54
FIGURA 16: CICLO DE FEEDBACK EM CONHECIMENTO DE INTEGRAÇÃO BIM/FM.....	57
FIGURA 17: CAUSADORES DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS.....	58
FIGURA 18: FACHADAS DO PALACETE SANTA MAFALDA – ANTES DA RESTAURAÇÃO, 2020. ..	63
FIGURA 19: FACHADAS DO PALACETE SANTA MAFALDA – APÓS RESTAURAÇÃO, 2023.	63
FIGURA 20: MAPA DE ANOMALIAS DO PALÁCIO SANTA MAFALDA	64
FIGURA 21: MODELO SIMPLIFICADO ER DE CHEN PARA RELAÇÃO 1/N.....	71
FIGURA 22: MODELO IDEFIX 1/N DA RELAÇÃO CONSTRUCAO-VISTORIA.....	72
FIGURA 23: MODELO IDEFIX N/N	73
FIGURA 24: PRINTS DE TELA DE PROJETO EXECUTADO EM 2D	76
FIGURA 25: APRESENTAÇÃO DOS PILARES ARQUITETÔNICOS DA FACHADA FRONTAL.....	77
FIGURA 26: MODELO TRIDIMENSIONAL E EM CORTE E EM PERSPECTIVA	77
FIGURA 27: IDENTIFICAÇÃO DA FACHADA DO PALACETE	79
FIGURA 28: JANELA DE ESCOLHA DE FAMÍLIAS	80
FIGURA 29: AMBIENTE DE ELABORAÇÃO DA FAMÍLIA BASEADO EM FACE.....	81
FIGURA 30: VISTA 3D E ALTERAÇÃO DO PLANO DE TRABALHO	82
FIGURA 31: INSTAURAÇÃO DE COTAS PARAMÉTRICAS DE LARGURA E ALTURA.....	83
FIGURA 32: REPRESENTAÇÃO 3D DA ANOMALIA.....	83
FIGURA 33: JANELA DE APRESENTAÇÃO DE PARÂMETROS	85
FIGURA 34: CONFIGURAÇÃO DE PARÂMETROS	86
FIGURA 35: ALOCAÇÃO DAS FAMÍLIAS DE ANOMALIA E VISTORIA.....	88

	11
FIGURA 36: VISTA 2D, EM ELEVAÇÃO, DAS ANOMALIAS E VISTORIAS EM PROTÓTIPO	90
FIGURA 37: VISTA 3D PARCIAL DE ANOMALIAS E VISTORIAS EM PROTÓTIPO	90
FIGURA 38: REPRESENTAÇÃO 2D E 3D DAS MANIFESTAÇÕES NAS FACHADAS	92
FIGURA 39: FOTOS DAS ANOMALIAS PRESENTES APÓS REPARO E RESTAURO.....	93
FIGURA 40: INSERÇÃO DE VISTORIAS.....	94
FIGURA 41: GERAÇÃO DE TABELAS	95
FIGURA 42: ESCOLHA DOS PARÂMETROS DE UMA TABELA.....	95
FIGURA 43: TABELA DE MANIFESTAÇÕES.....	96
FIGURA 44: TABELA DE VISTORIAS	96
FIGURA 45: ELEMENTO DE FORMULÁRIO TIPO COMBO-BOX.....	98
FIGURA 46: ELEMENTO COMBO-BOX NATIVO - AR	98
FIGURA 47: ESBOÇO FAMÍLIA DE ANOMALIA X FAMÍLIA DE REVISÕES	99
FIGURA 48: SUPRESSÃO DAS LINHAS DE DADOS EM ARQUIVO CSV	101
FIGURA 49: TABELA DE IMPORTAÇÃO (COLUNAS IMPORTADAS).....	101
FIGURA 50: TABELA DE IMPORTAÇÃO (COLUNAS TRATADAS).....	102
FIGURA 51: FLUXOGRAMA DE APLICAÇÃO DO BIM EM ROTINAS DE MANUTENÇÃO.....	106

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 – DIMENSÕES DO BIM.....	51
QUADRO 2 – RESUMO DE CRÍTICAS E AVALIAÇÕES DA INTEGRAÇÃO BIM x FM.....	53
QUADRO 3 – RESUMO DE FERRAMENTAS DE APOIO À DECISÃO PARA FM.....	55
QUADRO 4 – COMPARATIVO DOS CONCEITOS FUNDAMENTAIS	66
QUADRO 5 – COMPARAÇÕES INTERPRETATIVAS DOS PARÂMETROS DE ENTRADA.....	78

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – CAMPOS CHAVE DA CLASSE ANOMALIA	88
TABELA 2 – CAMPOS CHAVE DA CLASSE VISTORIA	88
TABELA 3 – CLASSE ANOMALIA	89
TABELA 4 – CLASSE VISTORIA.....	89
TABELA 5: TABELA DE MANIFESTAÇÕES DO PROTÓTIPO	91
TABELA 6: TABELA DE VISTORIAS DO PROTÓTIPO	91

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AL	América Latina
AR	Autodesk Revit
API	<i>Application Programming Interface</i>
bSI	<i>building Smart International</i>
BIM	<i>Building Information Modelling</i>
CAFM	<i>Computer Aided Facility Management</i>
CII	<i>Construct Industry Institute</i>
CIS/2	<i>CIMsteel Integration Standard - Version 2</i>
COBie	<i>Construction Operations Building Information Exchange</i>
DXF	<i>Drawing Exchange Format</i>
FIID	Federação Interamericana da Indústria da Construção
FM	<i>Facilities Management</i>
FMT	<i>Facility Management Team</i>
IBAPE	Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias em Engenharia
IDM	<i>Information Delivery Manual</i>
IEC	<i>Institute of Civil Engineers (United Kingdom)</i>
IFC	<i>Industry Foundation Classes</i>
IGES	<i>Initial Graphics Exchange Specification</i>
ISO	<i>International Standard Organization</i>
IWMS	<i>Integrated Work Environment Systems</i>
K-BIM	<i>Knowledge-based building information modelling</i>
MSE	Microsoft Excel
MVD	<i>Model View Definition</i>
NBIMS	<i>National BIM Standard</i>
NIST	<i>National Institute of Standards and Technology</i>
PIB	Produto Interno Bruto
PMI	<i>Project Management Institute</i>
PQE	<i>Power Query Editor</i>
STEP	<i>Standard for the Exchange of Product Data</i>
VBA	<i>Visual Basic Applications</i>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	17
1.1.	O Problema	19
1.2.	Justificativa	21
1.3.	Objetivos.....	23
1.4.	Delimitações da pesquisa.....	24
1.5.	Estrutura deste trabalho.....	24
2	CONTEXTUALIZAÇÃO DO TEMA DE ESTUDO.....	26
2.1.	Considerações Iniciais	26
2.2.	Building Information Modelling – BIM	28
2.2.1.	Gestão da Informação.....	30
2.2.2.	O BIM no Brasil	31
2.2.3.	Os objetivos da estratégia BIM-BR.....	33
2.2.4.	Difusão do BIM	34
2.3.	Orientação a Objetos (OO)	37
2.4.	Interoperabilidade	40
2.4.1.	Padrão IFC.....	48
2.5.	Facility Management (FM).....	49
2.6.	Manifestações Patológicas	57
3	Metodologia	63
3.1.	Estrutura Prevista da Informação.....	67
3.1.1.	Classe CONSTRUCAO.....	67
3.1.2.	Classe VISTORIA	70
3.1.3.	Classe OCORRENCIA.....	72
3.2.	Elaboração da família de anomalias de umidade.....	74
3.2.1.	Reconstrução digital	74

	16
3.2.2. Criação da Família de Anomalias.....	80
3.2.3. Criação da Família de Vistorias	87
3.3. Implementação dentro do Estudo de Casos	91
3.3.1. Tratamento dos dados e da Informação.....	96
4 Resultados e Análises.....	97
4.1. Dificuldades e limitações na implementação.....	97
4.2. Geração de índices de Dados de Controle	100
5 Conclusões	105
6 Referências.....	108
7 Anexos.....	112
7.1. Anexo I – Pesquisa sobre BIM, FM e modelagem paramétrica	112
7.2. Anexo II – Principais tipos de manifestações.....	113
7.3. Anexo III - Esquema simplificado do diagrama de classes	114
7.4. Anexo IV – Arquivo dos parâmetros compartilhados	115
7.5. Anexo V – Arquivo CSV da tabela de dados de vistoria.....	116
7.6. Anexo VI – <i>Print</i> do esquema IFC	117

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, a sociedade tem experimentado os eventos da grande evolução da tecnologia e da ciência. É nítido o aumento na velocidade e quantidade de dados que são processados a cada segundo, além do número de pessoas que acessam as infindáveis redes de informação estando, dessa forma, conectadas em alguma malha virtual.

No setor de Tecnologia da Informação (TI), um dos grandes desafios é unir as equipes de profissionais do setor, uma vez que todo o contexto vivido tem exigido uma enorme flexibilidade dos profissionais, para não dizer da constância na procura de novos conhecimentos. Com a superação destas dificuldades, incontáveis possibilidades são abertas diante das vantagens que as inovações proporcionam.

Apesar do mercado da construção civil estar habituado a métodos e procedimentos tradicionais e, muitas vezes, apresentar algumas restrições às mudanças tecnológicas, várias soluções em ferramentas, métodos, processos e conceitos oferecidos visam proporcionar melhorias significativas para o setor que, para continuarem competitivas, haverá a necessidade de contratar profissionais com *expertise* para implementações de suas plataformas de trabalho e de gestão. O advento de novas tecnologias construtivas, aliado à otimização das já existentes proporcionam um desempenho satisfatório, alavancando resultados mais eficientes, com redução dos desperdícios de recursos materiais e humanos.

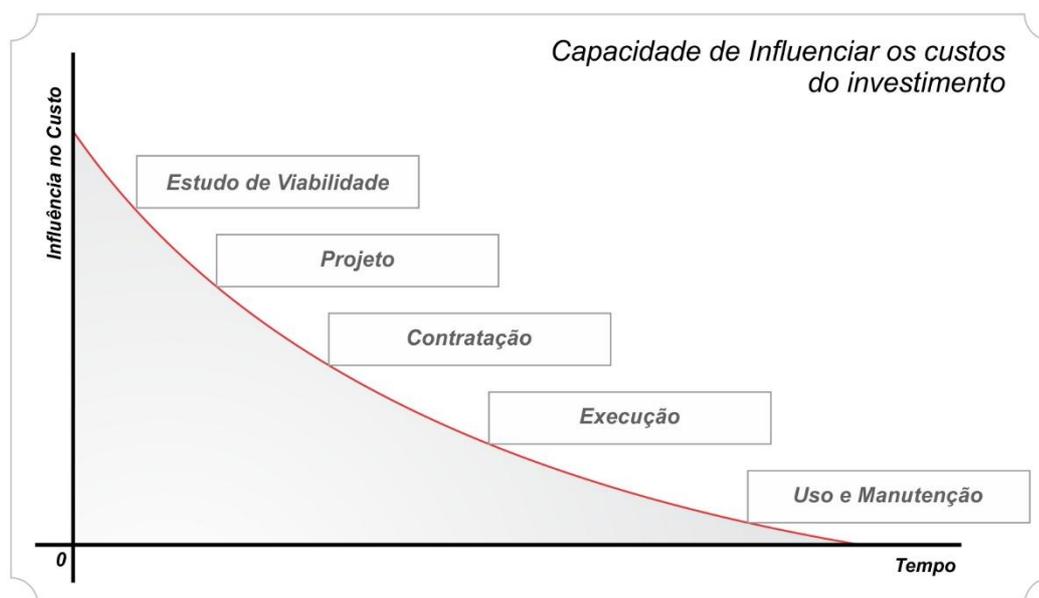
Pereira e Figueiredo (2020) afirmam que quanto mais adiantadas são as fases de um projeto, menor a influência de antecipação das ocorrências em um canteiro de obras, já que algumas inconsistências são detectadas apenas na execução da tarefa, aqui considerada como aquela que produz certo bem material. Embora inúmeros trabalhos científicos apontem para a real necessidade de um projeto para o sucesso de um empreendimento, muitas pessoas ainda consideram tal etapa como mero desperdício de dinheiro e tempo ou, em segunda análise, um investimento secundário e coadjuvante. Ademais, o IBAPE¹ indica que aproximadamente 39% das empresas passam por

¹ IBAPE – Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias em Engenharia

alterações nos cronogramas de execução de seus projetos devido a falhas na etapa de planejamento, causadas, por exemplo, por incompatibilidades construtivas.

Destaca-se, portanto, a importância da fase de planejamento para a definição dos custos finais do projeto, uma vez que, nesta etapa, todos os processos podem sofrer alterações substanciais sem gerar custos adicionais de intervenção de execução. No Gráfico 1, Peña e Franco (2006) ilustram a influência das etapas no custo total do empreendimento baseado no conceito apresentado pelo CII².

Gráfico 1: Capacidade de Influência no custo final do projeto³



Fonte: Adaptado de (PEÑA; FRANCO, 2006)

Neste sentido, Campestrini *et al.* (2015), mencionam que a modelagem da informação na construção (BIM) precisa ser compreendida como um novo marco nos processos de projetos no setor, desde a concepção até à pós-entrega. Em todo o escopo de trabalho, etapas como: planejamento, orçamento, execução, manutenção e, até o processo de desconstrução do empreendimento, são considerados modelos com objetos parametrizáveis da edificação, focando a união multidisciplinar de profissionais, com compartilhamento de dados, ou seja, adota-se um trabalho colaborativo entre *membros*

² Construct Industry Institute

³ Project

interessados. Em resumo, o BIM é uma ferramenta capaz de atender aos exigentes critérios de habitabilidade, sustentabilidade, segurança, responsabilidade social e competitividade.

Sacks *et al* (2018) reforçam a aplicabilidade do BIM em todas as etapas do processo construtivo, desde o projeto propriamente dito (3D) até a fase de entrega e manutenção (7D⁴); sendo esta, a etapa mais atual no momento de elaboração desta pesquisa, implicando, portanto, o motivo do presente trabalho. Os autores mencionam que: “... o BIM traz benefícios de precisão através de um modelo virtual da edificação, contendo especificações relevantes para dar auxílio à construção e incorporar utilidades necessárias ao ciclo construtivo”.

O BIM permite que um *design* possa ser estudado, construído e auditado, simultaneamente, de forma interdisciplinar através de um modelo federado, por meio de arquivos com uma tecnologia inovadora chamada IFC (*Industry Foundation Classes*). Salienta-se que a metodologia BIM permite uma acurácia superior se comparada aos métodos tradicionais, já que possui ferramentas que auxiliam no levantamento de quantitativos dos materiais e mão de obra empregados nos processos, além de recolher e processar dados relativos às especificações técnicas, composições de preços, dentre outras informações, para o empreendimento.

1.1. O Problema

Na fase operacional e de manutenção dos empreendimentos da construção civil, as equipes de gerenciamento de *facilities* (FM) tendem a gastar esforços em demasia, procurando prospectar dados em meios eletrônicos ou impressos em procedimentos redundantes de busca, classificação e validação de informações acerca de um projeto específico.

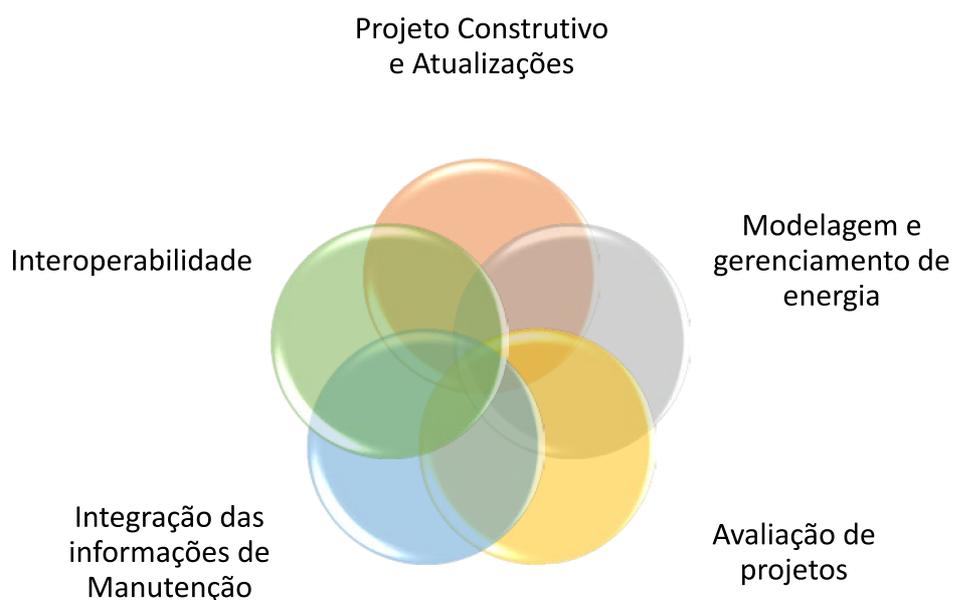
Para ilustrar o problema que circunda o tema deste trabalho, Matarneh *et al.* (2019) relatam dados do *National Institute of Standards and Technology* (NIST) aos quais os Estados Unidos da América perdem cerca de US\$ 10,5 bilhões em projetos ligados à área

⁴ Para um melhor entendimento do BIM dentro do ciclo de vida da construção, vide a Figura 2

de *facilities*, alavancados em sua maior parte pela interoperabilidade inadequada durante a fase de O&M (operação e manutenção). Tal fato, resulta em despesas desnecessárias relacionadas à re inserção, verificação de dados, redundância além de buscas por informações valoradas.

Sendo assim, existe um campo enorme a ser pesquisado para que o impacto dos problemas de interoperabilidade possa, de fato ser eliminado ou, ao menos, mitigado de forma a permitir uma troca constante de dados entre as equipes de FM, para elaboração de um banco de dados preciso e abrangente. Para Ilter e Ergen (2015) o estudo da relação entre BIM e o gerenciamento de *facilities* ainda é um campo de trabalho e pesquisa muito latente, porém seu crescimento é notório do decorrer dos anos. No entanto, ainda há muito o que se desenvolver. As pesquisas do setor podem ser divididas segundo a Figura 1.

Figura 1: Áreas da pesquisa de BIM x FM



Fonte: Adaptado de (ILTER; ERGEN, 2015)

Na Europa, iniciativas governamentais já obrigam a adoção de metodologia BIM para todas as etapas do ciclo de vida do empreendimento, incluindo o gerenciamento de *facilities*. No entanto, essa política ainda é adotada em poucos países e implementada em números ainda menores ao redor do mundo.

É importante notar ainda que devido o conceito de sétima dimensão (7D) ter sido pouco explorado, o volume de informação sobre BIM implementado no gerenciamento de

instalações, diga-se aqui, manutenção e operação, ainda é pequeno, o que dificulta o uso de modelos BIM parametrizados para um fim específico, tornando as operações de recuperação de dados cansativas, tediosas e com muitas inconformidades. Becerik-Gerber *et al.* (2012) reconhecem a facilidade que o BIM oferece a interoperabilidade de informação, mas acrescentam que ainda há muito a ser feito para a compatibilização adequada entre BIM e FM.

Em resumo, a relevância do BIM e do atual estágio de maturidade da metodologia desenham a estrutura deste trabalho. Perguntas: Como a indústria da construção civil pode aumentar a eficiência na manutenção das *facilities*? Como criar métodos de manutenção cada vez menos invasivos e com maior assertividade? Como gerar dados para redução de custos operacionais e aumento no valor dos empreendimentos implementados? As respostas para essas questões giram em torno de um conceito: informação, que precisa ser organizada através de parâmetros de especificações como o IFC, de forma tal que passe a gerar valor para investidores e para toda cadeia de serviços.

1.2. Justificativa

A partir da apresentação do problema, pode-se inferir que o uso da metodologia BIM ainda é muito incipiente na área de manutenção predial, carecendo de estudos mais abrangentes e aprofundados. Para Faroni (2017), os profissionais de engenharia, arquitetura e FM são incentivados a gerir de forma mais eficiente os recursos de seus empreendimentos, seja devido à escassez dos mesmos, seja pela temática autossustentável que envolve o assunto, seja pela crescente exigência do nível de eficiência.

A gestão de facilidades é uma especialidade criada na década de 80, que rapidamente ganhou notória importância nas áreas de administração, arquitetura e engenharia. Em paralelo, o BIM, assentada em fortes conceitos de modelagem parametrizada de dados, passou a suprir as demandas por novos recursos de informações, inclusive não geométricas, na construção, desde sua concepção até o fim da vida útil do ativo. Porém, mesmo com todas as possibilidades, nem todas ainda foram implementadas no mercado de construção civil devido, em muitas situações, à escassez experiência e fundamentação teórica para a correta execução.

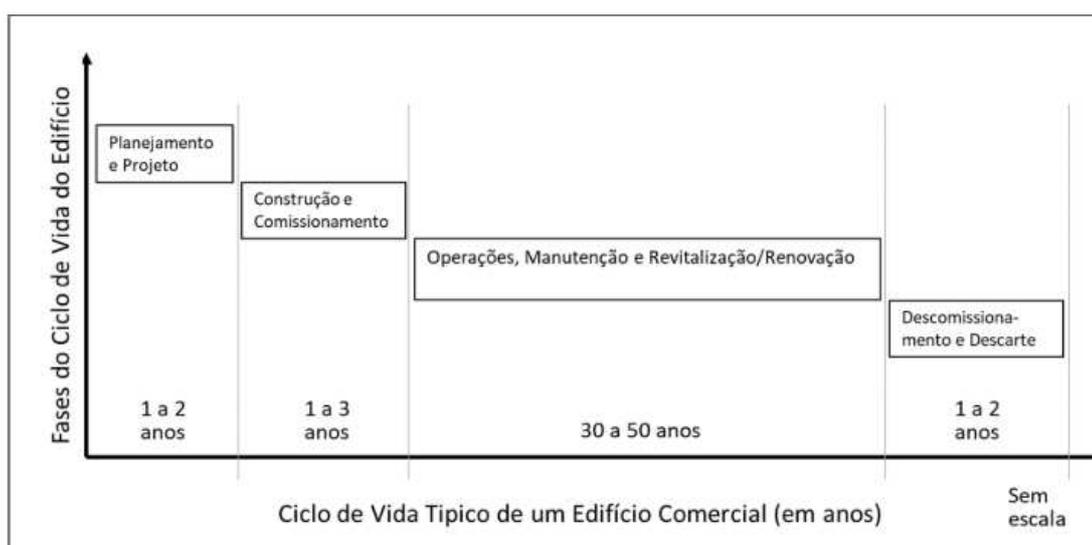
Embora essa metodologia computacional seja empregada em amplo espectro nas fases do processo construtivo, ainda é muito incipiente no Brasil. Os estudos de Becerik-Gerber *et al.* (2012) relatam sobre as latentes possibilidades ainda não desenvolvidas em BIM na

gestão da manutenção, acrescentando a importância e o benefício que a coleta de informações geradas pela metodologia pode trazer, como: controle e garantia de qualidade, além do gerenciamento dos serviços de manutenção, reparos, energia e espaço.

A motivação deste estudo baseia-se, portanto:

- i) No crescente interesse da comunidade científica voltado ao BIM e ao FM, ratificado em consulta na plataforma *ScienceDirect* onde 123 trabalhos foram publicados em 2014 contra 387 artigos no ano de 2023, com as palavras chaves "bim" e "facility management", representando um aumento de aproximadamente 300% e as, ainda latentes, pesquisas voltadas aos modelos paramétricos BIM voltados ao FM, evidenciadas também em consultadas na mesma plataforma com média estável de 15 publicações por ano, desde 2015 até 2023, conforme Anexo I – Pesquisa sobre BIM, FM e modelagem paramétrica.
- ii) Na análise de Becerik-Gerber *et al.* (2012), embora a área de FM possua amplos sistemas integrados de gerenciamento de manutenção (CMMS) e sistemas eletrônicos de gerenciamento de documentos (EDMS) o BIM ainda não possui funcionalidades amplamente desenvolvidas para apoiar esse campo, conforme apresentado na Gráfico 2: Ciclo de vida de edifício, onde se evidencia o grande período de interações entre o empreendimento e seus stakeholders.

Gráfico 2: Ciclo de vida de edifício



Fonte: Adaptado de Connor e Gilday (2004)

Para Suzuki (2020), em cada etapa do processo, um interveniente pode gerar um processo genuíno e fazer uso de instrumentos específicos para apoiar o desempenho de suas ações, de forma a aumentar sua eficiência. Porém a escolha de ferramentas adequadas merece uma análise criteriosa, sobretudo no quesito interoperabilidade, tendo destaque para os Sistemas Integrados de Gestão do Ambiente de Trabalho, também chamados de IWMS⁵.

1.3. Objetivos

O objetivo principal deste trabalho é apresentar conceitos fundamentais acerca das disciplinas de manutenção de *facilities*, BIM e IFC, de forma a sugerir uma estrutura inicial de “família⁶” parametrizada das anomalias oriundas da presença de umidade em fachadas edificações. Sendo assim, destaca-se como objetivos secundários:

- I. Elaborar um histórico da criação da informática e seu desenvolvimento até a modelagem de dados baseados em objetos parametrizáveis;
- II. Levantar os fundamentos do método de modelagem de dados tradicionais e sua evolução à modelagem paramétrica em BIM;
- III. Apresentar os conceitos de IFC (interoperabilidade) e FM (Gestão do sistema de facilidades);
- IV. Apresentar as manifestações patológicas oriundas da presença de umidade, mais frequentes em fachadas de edificações além de identificar suas respectivas sintomatologias;
- V. Identificar quais características são passíveis de serem parametrizadas;
- VI. Identificar, através do método, pontos críticos merecedores de atenção para evolução do processo de diagnose através do BIM;

⁵ *Integrated Work Environment Systems*

⁶ Família é o nome adotado pela Autodesk®, aqui é caracterizada como um modelo de conjunto de dados parametrizados para geração de valor à tomada de decisões.

A Autodesk é a marca registrada da Autodesk Inc. uma empresa de software de design e de conteúdo digital, fundada em 1982, com Saint Rafael, California, EUA

- VII. Apresentar um modelo parametrizado inicial a ser utilizado na gestão dos serviços de manutenção.

1.4. Delimitações da pesquisa

Esse trabalho não aborda a implementação da manutenção predial, assim como a investigação das manifestações patológicas construtivas. Conforme mencionado, o objeto principal de estudo está no levantamento do tipo de informação necessária à elaboração de um modelo paramétrico eficiente à gestão da manutenção em construções residenciais de baixa complexidade. E ainda, o presente estudo procura atender aos gestores de ativos, bem como a todos os interessados em desenvolver o conhecimento de *Facility Maintenance Management* (FMM).

O transcurso do desenvolvimento procura levar a um conhecimento amplo e superficial envolto ao tema da modelagem da informação da construção, à distribuição dos dados e à sua importância para a melhoria da produtividade da manutenção predial.

Para que fosse possível explicar o assunto, uma gama de disciplinas intimamente ligadas ao tema foi cuidadosamente levantada e estudada, tendo alguns de seus termos ou jargões adaptados para a realidade desta pesquisa.

Esta seção também apresenta ao leitor termos que serão encontrados ao longo do texto além de seu respectivo significado, de forma que possa conduzir o pesquisador à correta dedução que o autor deseja concluir.

Sendo assim, o termo *facilities* foi empregado referindo-se principalmente às instalações da construção, considerando-as como elétricas, hidrossanitárias, de dados, de ventilação e ar-condicionado (AVAC), de proteção contra descargas atmosféricas entre outras. Ainda assim, o termo nativo poderá ser localizado em alguns trechos deste documento, com a mesma significância.

O termo *Design* se refere ao projeto técnico propriamente dito, seja ele geométrico, conceitual, lógico ou físico. Já o termo “*Projeto*” faz indicação ao empreendimento percorrido naquele momento.

1.5. Estrutura deste trabalho

Este trabalho possui natureza qualitativa exploratória e está estruturado em cinco capítulos sendo o primeiro introdutório apresentando para tal, a contextualização do

problema, suas justificativas, delimitações, bem como seus objetivos principal e específicos.

O segundo capítulo apresenta revisão literária contemplando as disciplinas de Patologia nas edificações, gerenciamento de *facilities* (FM), Modelagem da informação da construção (BIM) e interoperabilidade, implementadas através de uma RSL – revisão sistemática de literatura.

O capítulo três é reservado para o problema em si, diagnosticado detalhadamente através de pesquisas em revistas indexadas nacionais e internacionais e descrito através da DSR – *Design Science Research*. O capítulo quatro destina-se a proposição da respectiva solução a ser implementada através da modelagem paramétrica dos campos comuns e específicos das diferentes anomalias patológicas de acordo com a metodologia BIM.

O capítulo cinco procura apresentar um modelo de família paramétrica específica para a identificação e controle das anomalias patológicas. E, finalmente, o capítulo seis conclui o estudo dentro da proposta inicial e deixa recomendações para o desdobramento da pesquisa em trabalhos futuros.

2 CONTEXTUALIZAÇÃO DO TEMA DE ESTUDO

2.1. Considerações Iniciais

A ciência, costumeiramente é cumulativa, ou seja, elaboram-se ferramentas mais poderosas, mais precisas onde conceitos e teorias são criados, revistos ou ampliados. Rotas de pesquisas são criadas baseadas em estudos pretéritos que se constituem em desenvolvimento futuros permitindo a mudança ou criação de novos paradigmas.

Para Filho (2007) a história da computação, um dos recursos que fundamentam este trabalho, é constituída por paradas repentinas e imprevistos que tornou difícil a construção da relação linear entre invenções, nomes e datas, frustrando, até certo ponto, de desejo de se conhecer a vinculação entre o trabalho de certos nomes e sua contribuição para a história da computação. No entanto, este trabalho tende a elucidar minimamente a trajetória de desenvolvimento da TI em face do mercado da construção civil percorrendo da sua criação até o desenvolvimento das bases de dados especializadas no setor de AEC.

Não só a Engenharia como disciplina fundamental desta pesquisa, mas a sociedade humana como um todo vive imersa numa era digital com as pessoas dependendo cada vez mais da tecnologia que, por sua vez, facilita as rotinas diárias através da otimização de tarefas. Nesse contexto, faz-se necessário a explanação de alguns conceitos primordiais. O primeiro deles, informática, que erroneamente é atribuída apenas ao uso de computadores pessoais. Segundo o dicionário Oxford, informática “... é a ciência que se dedica ao tratamento da informação através de computadores e dispositivos de processamento de dados”.

Através da informação é possível vencer guerras, curar doenças, enriquecer, planejar, projetar, executar e manter, desde um simples parafuso a projetos muito complexos. Em breve histórico, a informática passou a ser mais conhecida com o desenvolvimento das pesquisas de Kurt Gödel, promovidos em sua maior parte da primeira metade do século 20, em outra frente, mais tarde através de sistemas mais complexos como, por exemplo, o desenvolvimento da máquina de Alan Turing, usada para decifrar os dados alemães criptografados pelo sistema ENIGMA (FILHO, 2007).

No final do ano de 1960 Sutherland (1963) passou uma etapa adiante rumo ao desenvolvimento de uma aplicação que permitisse uma melhor interação entre homem e maquina criando um sistema chamado *Sketchpad*, introduzindo o uso do monitor e da

caneta óptica (precursora do mouse) como periféricos de apoio à operação. O software ainda permitia o traçado de curvas além de possuir compatibilidade com impressoras de plotagem. Com a assistência do professor Claude Elwood Shannon foi possível disponibilizar sistemas secundários de exibição controlados por computador.

O esforço para concepção do *sketchpad* foi tamanho que vários departamentos do MIT⁷ foram acionados em busca da solução e passaram a contribuir de forma direta ou indireta para obtenção de soluções. Sistemas de controle servomecânicos poderiam ser agora equipados com a APT (*Automatically Programmed Tool*) desenvolvida pelo do ESL-MIT (*Electronic Systems Laboratory*). As contribuições Marvin Minsky e do *Lincoln Laboratory* foram fundamentais, sendo o primeiro contribuindo com sua expertise e o segundo com mais de 600 horas de suporte técnico e cessão ao uso dos computadores TX-2. Ao final do ano de 1961 o primeiro programa de desenho controlado por caneta óptica estava operacional.

Esses eventos têm em comum a lógica e a informação. Ainda na década de 1960, estudiosos da IBM, iniciaram pesquisas sobre automações administrativas com vistas a reduzir as despesas destinadas aos cargos responsáveis por armazenar e otimizar arquivos. Como o trabalho era feito por um humano, de maneira artesanal, ocorriam inúmeras inconsistências como, por exemplo: redundância, dificuldades de acesso, falta ou insuficiência de integridade lógica, além da insegurança da informação.

Nos anos 70, um funcionário da IBM, Ted Codd, publicou artigo sobre banco de dados relacionais. Tal trabalho vislumbrava a condição do uso de álgebra relacional para que usuários não técnicos pudessem armazenar e recuperar de tabelas digitais, quantidades massivas de informação através de comandos via teclado.

Em meados da década de 1970 Peter Chen gerou um novo marco em como se pensar um banco de dados, propondo pela primeira vez um modelo de ENTIDADE-RELACIONAMENTO para projetos de banco de dados ofertando assim um novo ângulo ao conceito de modelagem de dados utilizado e ensinado até o presente devido à sua

⁷ *Massachusetts Institute of Technology*

simplicidade e facilidade de implementação (FRANCK; PEREIRA; DANTAS FILHO, 2021).

2.2. Building Information Modelling – BIM

No início dos anos 1970, Charles Eastman, então professor do *Georgia Institute of Technology*, em conjunto com outros pesquisadores, cria o BDS - *Building Description System* (SACKS *et al.*, 2018). O conceito de BDS inicia uma alternativa para a construção civil onde projetos e plantas elaborados em papel passam para o plano digital. Dezoito anos depois (1992), Van Nederveen publica um documento citando a importância das informações da construção para elaboração de um modelo federado. Foi a primeira vez que o termo BIM foi utilizado. A partir desse ponto, estavam formadas todas as premissas para a concepção de uma nova era de sistemas integrados que permitiam o gerenciamento multidisciplinar do projeto de construção (SAEPRO, [s.d.]).

Com a explosão de vendas de computadores pessoais nas décadas de 1980 e 90, os sistemas baseados em *Computer Aided Design* - CAD passaram a dar subsídios para a substituição à forma tradicional de desenho baseado em papel, por monitores de 29 polegadas equipados com gabinetes de processadores com 8 bits de barramento de dados. Na ocasião, houve uma mudança significativa na forma de se trabalhar, mas não um paradigma, porque a mudança foi promovida apenas na tecnologia e não no âmbito gerencial e de tutoria da informação. No entanto, os benefícios como os rápidos processos de edição de desenhos, a possibilidade de replicação ilimitada, a cópia e o espelhamento de esquemas técnicos, permitiram um ganho significativo na eficiência da produção de projetos.

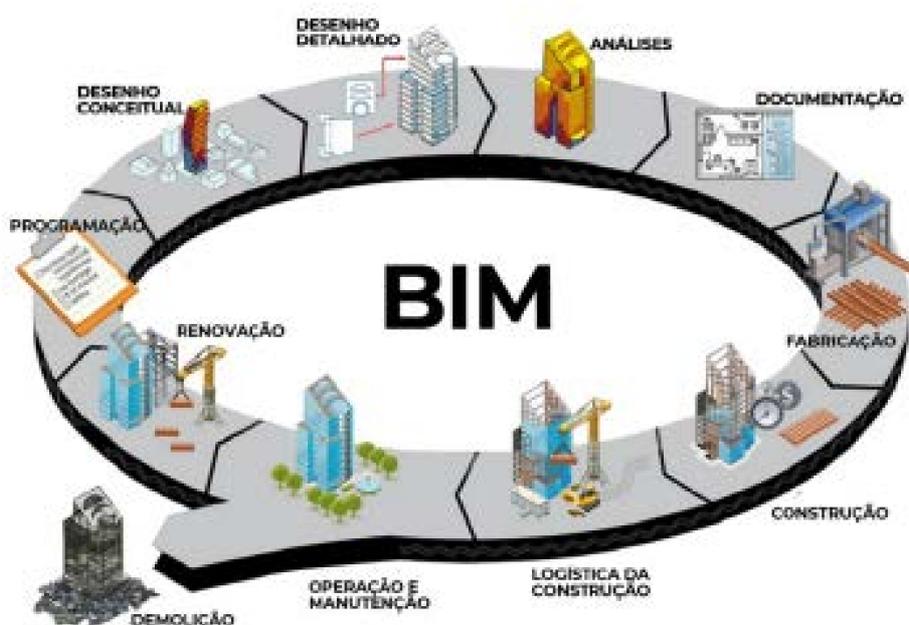
Um modelo de informação de construção é um repositório de informação estrutural digital tridimensional, que contém os diferentes objetos que compõem o projeto, capturando sua forma, comportamento e o relacionamento entre as diferentes partes do edifício, permitindo indexar um conjunto completo de dados de um elemento. O BIM permite a elaboração de modelos digitais com dados completos sobre todas as diferentes disciplinas do projeto, contendo a informação geométrica e qualitativa necessária para apoiar a implementação e a gestão das atividades necessárias à elaboração da obra (SACKS *et al.*, 2018).

Um dos princípios associados ao BIM e um de seus pontos mais fortes é a automatização dos processos e a integração da informação. Este conceito é importante porque permite

alocação de informação externa oriunda de outros intervenientes, como dados de um projeto estrutural, ou hidrossanitário, por exemplo (PINHO, 2013).

O elemento o conceito BIM traz de novo é maior do que uma mudança tecnológica, pois representa uma alteração de processo e doutrina. Ao possibilitar a representação de edifícios por meio de elementos, capazes de conter informações interrelacionadas, as ferramentas BIM não apenas alteram a forma como os projetos de edificações e respectivas visualizações são criados, como também alteram todos os processos de concepção, desenvolvimento e construção, e a maximização do potencial das ferramentas BIM ocorre quando seu uso é estendido a todas as etapas da construção de uma edificação (Figura 2) (SACKS *et al.*, 2018).

Figura 2: BIM x Ciclo de vida da edificação



Fonte: (CARDOSO, 2022)

Dez anos após a publicação de Van Nederveen (2002), a empresa Autodesk publica o primeiro documento titulado com o termo BIM. Com o passar do tempo, dimensões como 4D (tempo), 5D (custo), 6D (Sustentabilidade) e 7D (Manutenção) foram adicionadas à metodologia. Assim, a metodologia passou a receber os dados dos projetos como a expressão gráfica, os prazos, os quantitativos, a análise construtiva, os custos desde o planejamento até a sua concepção e inseri-los parametricamente nos objetos modelados proporcionando assim um protótipo virtual do empreendimento em todas as suas nuances.

Embora esta utilização ainda não tenha sido descartada e, mesmo que de forma lenta, a transição do clássico formato CAD para os modernos formatos BIM já ocorre no Brasil

há alguns anos e passou a ser acelerada a partir da iniciativa BIM-BR. A possibilidade de utilizar plantas, cortes e/ou elevações em formato CAD para servir de base à construção de modelos tridimensionais BIM é muitas vezes uma grande ajuda no desenvolvimento destes modelos porque aumentam a facilidade e rapidez de desenvolvimento.

Basicamente, um BIM tem uma gama de modelos diversificados, produzida por diferentes pessoas, com possibilidade de diferentes níveis de detalhe e onde está envolvida uma enorme variedade de aplicações em diferentes formatos. Podem ser modelos detalhados do terreno - área de implantação ou suas infraestruturas, arquitetônicos - correspondentes à geometria, estruturais (modelos analíticos cuja finalidade será de análise estrutural do edifício), MEP (*Mechanical, Electrical and Plumbing*), de proteção contra incêndios e modelos alternativos, como o proposto neste trabalho, voltados para a identificação e monitoramento de manifestações patológicas durante a fase de ocupação.

2.2.1. Gestão da Informação

A essência para um fluxo de comunicação adequado reside na excelência de uma gestão de informações, aqui referenciada como BIM, integrando todos os dados de um projeto assim como seus intervenientes, gerando uma promessa de aumento exponencial da eficiência produtiva com redução de custos.

Para Sacks *et al.* (2018), os recursos exclusivos da metodologia BIM contribuem para o alcance dos objetivos de um projeto civil, como por exemplo, os modelos federados 3D, que permitem visualizar rapidamente os pontos de *clash*⁸, além de outros que necessitam de atenção especial, e os protótipos digitais, que permitem prever problemas futuros em todos os sistemas incorporados.

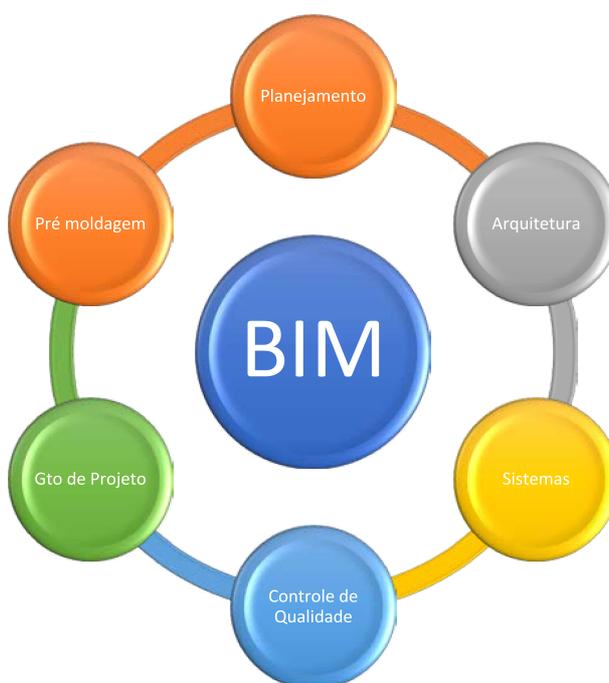
Kymmell (2008) salienta a percepção clara dos benefícios através da melhoria na implementação dos conceitos construtivos e da interação dos profissionais, ponto importante para o sucesso de execução do método. Embora várias normativas vem

⁸ Incompatibilidade espacial entre dois ou mais objetos de uma ou mais disciplinas apresentas em um modelo federado

acompanhando o desenvolvimento dos projetos em prol da uniformidade das informações, é recorrente problemas no mercado construtivo como o do baixo nível de formação do profissional executor, que acentua problemas de implementação, devido às distorções na interpretação, ocasionados pela falta de percepção entre 2/3D, muitas vezes levando ao retrabalho, quando conseguem ser identificadas a tempo.

A facilidade que existe na atualização em tempo real das informações dos projetos, quando implementadas pelo BIM, tarefa hercúlea de ser executada em aplicativos CAD convencionais, onde as pranchas de todas as disciplinas necessitam serem alteradas uma de cada vez, em cada disciplina. A Figura 3 apresenta a divisão básica dos intervenientes.

Figura 3: Divisão básica dos intervenientes (*Stakeholders*)



Fonte: o autor

2.2.2. O BIM no Brasil

Segundo Farias (2021), com a aprovação do decreto 9.377/18 a modelagem da informação passou a se solidificar no cotidiano do mercado brasileiro da construção. Isso porque o projeto denominado Estratégia BIM-BR passou a vigorar em todo o país com o objetivo de promover o investimento na tecnologia.

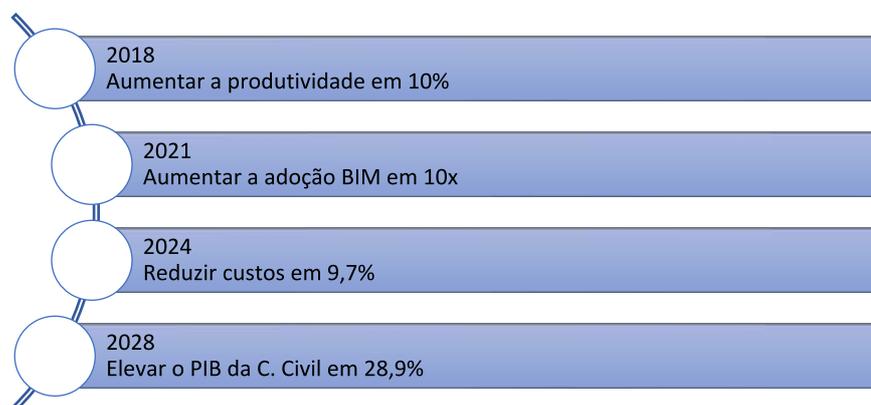
O decreto foi essencial para a popularização da metodologia que marcou positivamente o mercado da construção. Este movimento ainda conta com o apoio da CBIC (Câmara Brasileira da Indústria da Construção) que busca promover o uso da tecnologia junto às

empresas de pequeno e médio porte baseando-se na economia, transparência e produtividade.

Para aquele autor, a aderência do BIM no Brasil, no ano de 2018 ainda era baixa, em contraste com os dados mais atuais daquele período apresentados por María *et al.* (2020), através da *Federación Interamericana de la Industria de la Construcción*, que apresentam significativa melhora nos índices das empresas latino-americanas, inclusive brasileiras. Estas informações serão apresentadas mais adiante neste documento.

Para que os resultados pudessem ser alcançados, o governo federal, através do MDIC (2019), criou um comitê exclusivo para gerenciar as estratégias do BIM no país, chamado de CE-BIMBR. Este grupo teceu 4 linhas estratégicas para serem seguidas, apresentadas na Figura 4.

Figura 4: Estratégias BIM-BR



Fonte: Adaptado relatório BIM-BR

O CE-BIMBR, em 2017, ano de sua formação, foi composto por membros de 7 ministérios do governo federal, a saber: Indústria e Comércio, Casa Civil, Defesa, Planejamento, Ciência & Tecnologia, Cidades e Secretaria da Presidência da República. Além disso, foram criados seis grupos com finalidades exclusivas (*ad hoc*) para tratar de temas como: regulamentação e normalização, infraestrutura tecnológica, plataforma BIM, compras governamentais, capacitação de recursos humanos, e comunicação. Toda estrutura da estratégia é calçada em três pontos: Finalidade, Objetivos e Ações.

Para implementação de toda a estrutura foi composto um comitê gestor, denominado como CG-BIM, composto de todos os membros do comitê executivo além de representantes do Ministério dos Transportes e Ministérios da Saúde. O governo federal espera colher resultados como:

- i) Aumento de produtividade para construção civil;

- ii) Melhoria de qualidade nas obras públicas;
- iii) Aumento da acuracidade no planejamento e na execução das obras;
- iv) Contribuir com ganhos em sustentabilidade por meio da redução de resíduos sólidos da construção civil;
- v) Redução de prazos de obras;
- vi) Aumento da transparência nos processos licitatórios;
- vii) Redução dos aditivos contratuais de projetos;
- viii) Aumentar o nível de qualificação de profissionais envolvidos nas atividades;
- ix) Redução de custos existentes dos empreendimentos.

2.2.3. Os objetivos da estratégia BIM-BR

O MDIC (2018) definiu os objetivos para o plano estratégico do governo federal, composto da seguinte forma:

1º difundir os conceitos de BIM através de planos de comunicação, com foco na sensibilização dos atores quanto à importância de adoção do BIM, permitindo assim, a mitigação das desigualdades locais quanto ao conhecimento de BIM.

2º coordenar a estrutura pública para implementação do BIM através do planejamento estrutural e do estabelecimento de ações indutivas do governo federal para o uso do BIM.

3º criar condições para o investimento privado e público no BIM através de implantação de linhas de financiamento às necessidades do BIM, além da criação de programas de incentivo focado em micro e pequenas empresas e explicitando os requisitos BIM nos processos licitatórios.

4º estimular a capacidade na modelagem da construção através do estabelecimento de objetivos para aquisição de competências, além da capacitação de gestores públicos e estímulo à certificação BIM de profissionais.

5º propor atos normativos para contratações públicas com o uso de BIM pelo diagnóstico das necessidades de modificações no aspecto legal e de regulamentos propondo atos adequados a adoção do BIM na esfera do governo federal.

6º desenvolver normas técnicas, guias e protocolos publicando documentos e referências técnicas para atender as exigências BIM e também fomentar a elaboração de manuais normativos junto à Associação Brasileira de Normas Técnica.

7º contribuir com o desenvolvimento da biblioteca BIM promovendo sua auto sustentabilidade e mobilizando as partes interessadas para que possam contribuir de forma crescente, com objetos virtuais e criando um sistema de avaliação de conformidade BIM.

8º estimular a criação e o desenvolvimento de novas tecnologias e aplicações através do aprimoramento de sistemas, laboratórios de modelagem e adaptação de programas de pesquisa e nono, como forma de incentivar a concorrência saudável no mercado através de padrões neutros de interoperabilidade.

2.2.4. Difusão do BIM

Segundo a Câmara Brasileira da Indústria da Construção - (CBIC, 2022) em novembro de 2020 foi apresentado o relatório VISÃO BIM20/ 20 para a América Latina, como sendo uma pesquisa inédita que retrata o nível de maturidade do BIM no Brasil e em países da América Latina (AL). Ao todo, participaram do estudo instituições de 18 nações, com 879 respostas e com 84,2% de questionários válidos.

González; Pagés (2020) comenta que o estudo foi dirigido pela Federação Interamericana da Indústria da Construção (FIID) e do Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID) no período de novembro de 2019 a fevereiro de 2020, indicando que 79% das empresas entrevistadas já trabalham com, ao menos, uma das dimensões do BIM. No Brasil, a coordenação coube a CBIC em parceria com o SENAI⁹ focando em seguimentos como os de incorporadoras, construtoras e projetistas.

Em relatórios, a FIID (2020) apresenta uma coleção de informações onde podem ser observados, entre vários aspectos, a grande participação do Brasil no PIB da construção civil com cerca de 35%, conforme ilustrado na Figura 5. Além disso:

- i) Cerca de 85% das empresas entrevistas utilizam BIM em obras residenciais e de interiores contra 15% de participação em obras industriais.
- ii) As empresas que mais utilizam BIM, possuem entre 100 e <500 funcionários, com 31% de participação, contra 20% da média na AL. Curiosamente, o seguimento

⁹ Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial

com maior participação na AL é de microempresas (de até 10 funcionários), segundo maior seguimento no país.

- iii) Outro fator analisado é a relação entre a maturidade da empresa e o uso do BIM. Para esse quesito a maior participação são de empresas maduras, com 12 anos ou mais de constituição.

Figura 5: Participação de instituições brasileiras na AL

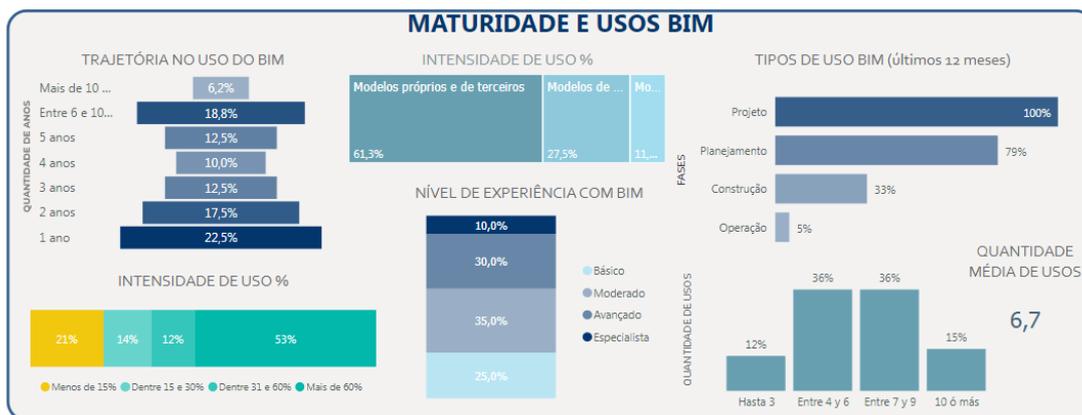


Fonte: (FIID, 2020)

- iv) No Brasil, apenas 10% das empresas consultadas possuem profissionais com nível de especialista, contra 8,5% da média na AL. Apenas 6,2% das empresas utilizam o BIM há mais de 10 anos, o que já se esperava, devido ao baixo espraio da metodologia até 2018.
- v) Para aquelas instituições que já usam o BIM, cerca de 53% já o utilizam em mais de 60% do seu fluxo do trabalho. A Figura 6, mostra dados relativos à maturidade das empresas no Brasil.

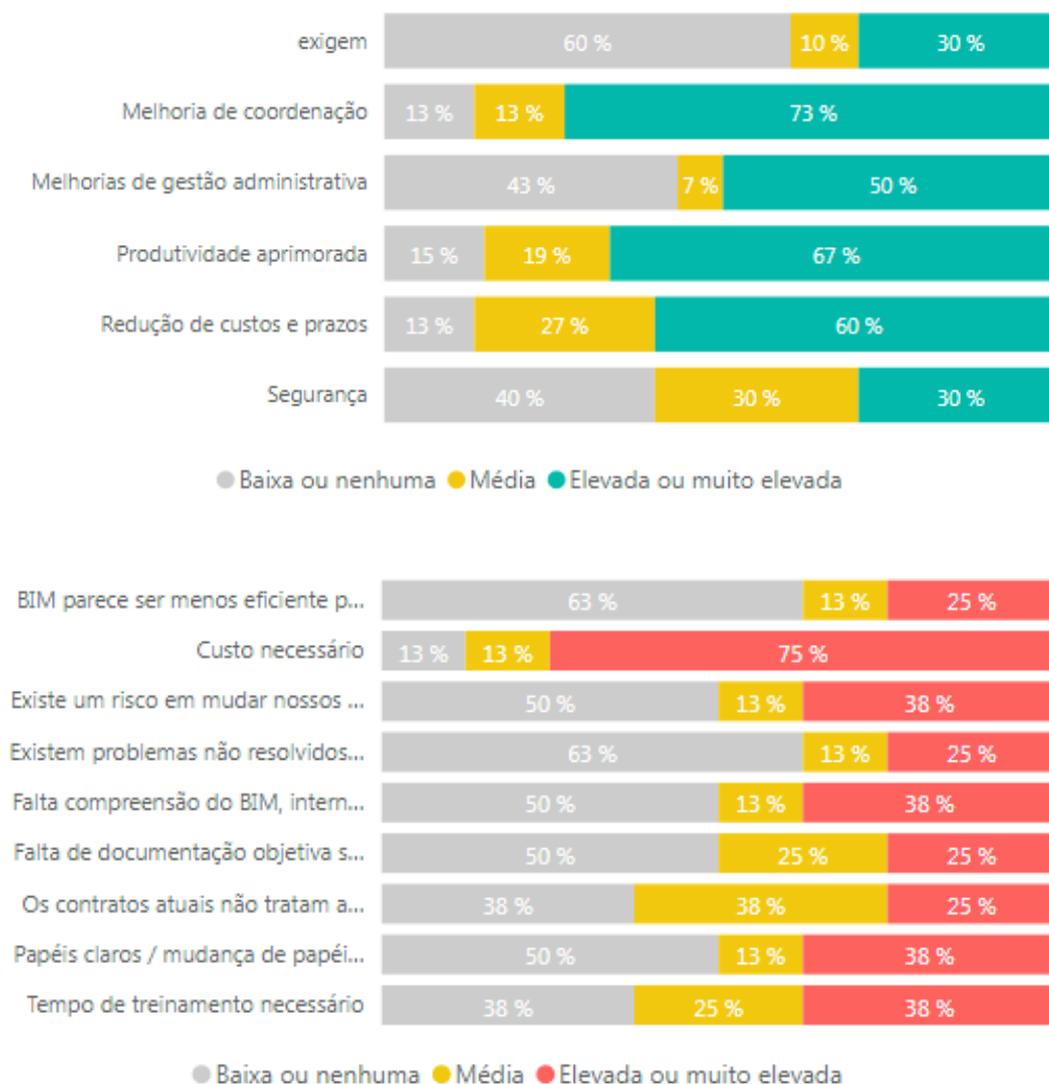
González; Pagés (2020) também analisam outro importante ponto a ser observado: Como a implementação da estratégia BIM-BR pode estar impactando na forma de contratação? Para a FIID, cerca de 22% das empresas não consideram o BIM como fator diferencial de contratação, 61% consideram como importante para o diferencial e 17% exigem o conhecimento em BIM para contratar profissionais. A Figura 7 apresenta os fatores de influência para adoção do BIM e que a dificultam.

Figura 6: Maturidade BIM nas empresas brasileiras



Fonte: (FIID, 2020)

Figura 7: Impulsionadores e barreiras



Fonte: (FIID, 2020)

O estudo do BID ainda apresenta um panorama das percepções dos entrevistados sobre o mercado da construção civil no Brasil e na AL, e os fatores que podem, ou não influenciar a adoção de BIM pela empresa. 73% dos entrevistados consideram que o BIM influencia muito na melhoria da coordenação de projetos, seguido por 67% de empresas que também consideram o BIM como instrumento que aprimora muito a produtividade. Como fatores que impactam negativamente, os fatores financeiros foram considerados os maiores influenciadores para a não adoção. Além disso, 50% dos clientes que ainda não utilizam a tecnologia, 50% consideram que a importância do BIM para os próximos cinco anos é apenas moderada.

A metodologia BIM, ao longo dos seus 53 anos, tem abarcado um número crescente de adeptos e se tornando um divisor de águas, um paradigma, no mercado da construção civil globalizado e, em especial, no Brasil, ganhando a confiança de usuários como a principal ferramenta de planejamento, elaboração, execução, manutenção e descomissionamento de empreendimentos, utilizada por profissionais do setor.

Como reflexo dos resultados nacionais, o Brasil tem se destacado, tanto na produção do seu PIB quanto na adoção e utilização da metodologia. Esse resultado também é fruto do grande esforço do governo federal junto com a Câmara Brasileira da Indústria da Construção em planejar, divulgar e fomentar o BIM com construtoras, incorporadoras, e profissionais engenheiros, arquitetos e consultores.

Essa pesquisa ainda reflete o potencial de crescimento da tecnologia BIM, seus entraves e pontos latentes de crescimento para que em 2028, data do último marco estratégico, a grande maioria do setor da construção civil possa estar equalizado com a metodologia.

2.3. Orientação a Objetos (OO)

O BIM por si só, já se constitui em um paradigma merecedor de horas de discussão e debates, porém, para entendê-lo melhor alguns requisitos necessariamente merecem ser preenchidos, sendo um deles o conceito de Orientação à Objeto e, por dedução, o conceito particular de Objeto. O arquétipo da orientação à objetos (OO) vem recebendo atenção no setor de análise de sistemas, com propostas de diversas técnicas de análise orientada a objetos, diversas delas documentadas na forma de livros e artigos científico, com incontáveis formas de implementação dentro da sociedade humana.

Reinado; Siqueira (2006) definem de maneira introdutória um objeto como algo que permite armazenar estados ou atributos assim como processar métodos através de ações permitindo ainda a reutilização do código, sua simplificação e modularização. Em outras palavras um objeto orientado possui propriedades e métodos que o controlam. Um bom exemplo prático voltado adaptado à esta pesquisa é o objeto "Construção". A Figura 8 auxilia o entendimento de como as propriedade e métodos podem ser atribuídos a um objeto.

Figura 8: Exemplo de estrutura básica de objeto



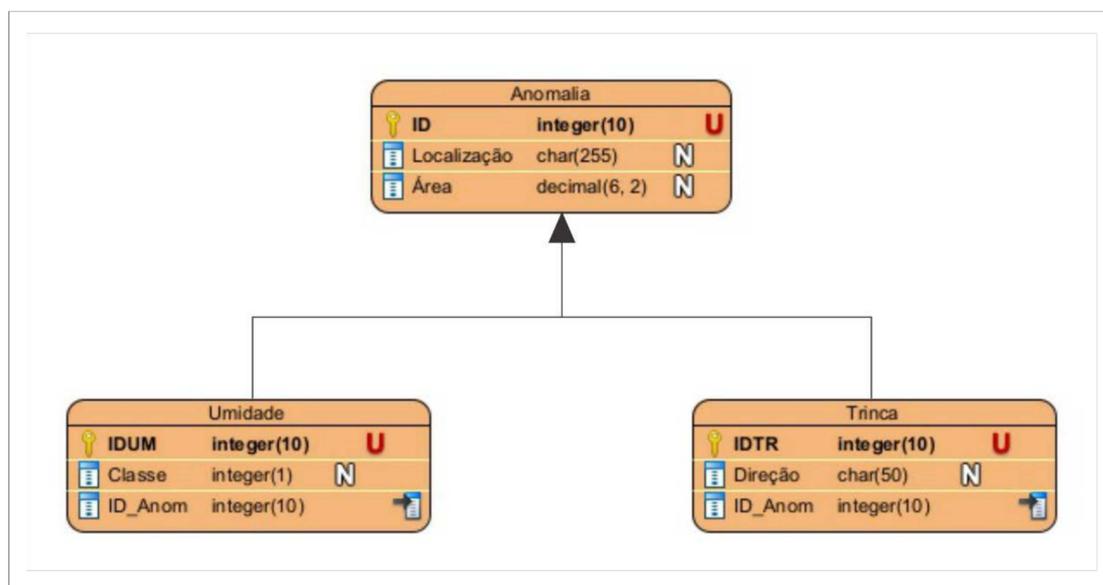
Fonte: o autor

Dall'Oglio (2007) explica que antes de se possuir um objeto necessariamente precisa-se possuir uma classe que pode ser conceituada como uma estrutura estática que é utilizada para descrever os objetos através de atributos e métodos. Uma classe pode ser conceituada sob qualquer elemento sendo este, concreto ou abstrato, como por exemplo, como janelas, portas e construções assim como áreas de estudo, como partes construtivas a serem intervencionadas.

Uma classe deve ser orientada ao assunto à qual pertence e possui responsabilidade sobre o tratamento deste. Ela deve proteger o acesso ao assunto por meio de recursos como o encapsulamento. Reinado; Siqueira (2006) citam o encapsulamento como característica que diferem a OO das outras formas de programação. Isto porque a OO possui duas características exclusivas chamadas de polimorfismo e herança. A primeira é conceituada como as formas diferenciadas que uma classe pode ter diante do tipo de objeto. Já a

segunda, apresentada na Figura 9, frequentemente apresentada nos processos de interoperação, tem-se outras vantagens adicionais como o reuso e a classificação de protocolos, facilitando o desenvolvimento destes para posteriormente serem usados na primeira.

Figura 9: Exemplo do recurso de herança.



Fonte: o autor

Uma vez detalhada a ideia de classe e seus recursos não se pode deixar de iluminar um pouco mais o conceito de objeto. Sendo assim, objeto pode ser descrito como uma estrutura dinâmica que se base em uma classe definida anteriormente, à qual pode ser repetidamente criada com valores diferentes para possibilitar as interações dentro de um sistema. Pode considerar o objeto como uma instância de uma classe ou, similarmente, uma classe instanciada.

A Figura 9 também serve para ilustrar o conceito de protocolo e abstração, ressaltando-se aqui o conceito de protocolo como sendo a representação de classes abstratas, ou seja, aquelas que não podem ser instanciadas diretamente sem a composição de uma de suas subclasses. Vale ainda frisar, de forma mais simplória que a classe abstrata pode ser considerada como um arcabouço para várias subclasses diferentes.

Considerando-se que este trabalho centra a elaboração do modelo paramétrico e não a forma ou o *modus* de programação. Pretende-se apresentar apenas mais um conceito fundamental de OO, no entanto o universo do assunto a ser estudado para elaboração de modelos complexos certamente renderia muitas laudas a serem dissertadas.

Não obstante, o conceito de *framework* pode ser apresentado como um esquema, uma simplificação de projetos de OO com classes abstratas para cada componente particular. A implementação de *frameworks* requer muita experiência do profissional de forma a garantir a flexibilidade e generalidade da estrutura dele, permitindo ainda a flexibilidade para se adaptar a necessidades específicas.

Reinado; Siqueira (2006), apontam três classificações primordiais para rotular os *frameworks* sendo os de caixa-branca, caixa-preta e híbridos – também chamados de caixa-cinza. Os esquemas de caixa-branca necessitam de conhecimento aprofundado do usuário sobre seu funcionamento. Permite a extensão de suas funcionalidades sob a pena de tornar sua estrutura complexa e difícil de ser operada e entendida. Os esquemas de caixa-preta são mais rígidos quanto à adaptabilidade, porém tornam o trabalho de implementação mais rápido e menos propensos e incompatibilidades por exigir menor conhecimento interno do profissional. Já o Híbrido, une características dos anteriores.

Padrões de Projetos servem identificar nome e temas de abstrações comuns em projetos OO, além disso, identificam a intenção do projeto através dos objetos, a forma como os objetos interagem e como as responsabilidades são distribuídas. Eles formam a base para construção de estruturas reusáveis que e atuam como construtores de blocos no qual o mais complexo projeto pode ser construído.

2.4. Interoperabilidade

O mercado de arquitetura, engenharia e construção civil (AEC) possui um número cada vez maior de profissionais usando uma gama de aplicações variadas para atender as muitas tarefas ligadas a projetos, construção, operação e manutenção. Para que haja sinergia nessa conjunção de operações, é necessária uma característica genuína chamada interoperabilidade que, segundo Sacks *et al.* (2018) pode ser conceituada, de maneira simplista, como a troca de dados entre aplicativos.

Os desafios de adaptabilidade do fluxo de dados foram identificados ainda na década de 1970, na Força Aérea Americana, quando os problemas ligados a compatibilidade de dados foram superados com o formato IGES, este contexto ilustrou a grande preocupação com um fator crítico para o sucesso da interoperabilidade. Porém, essa solução tornou-se ineficiente ao passo que a demanda por mais informações de cunho não geométrico aumentava. Inicialmente a interoperabilidade baseava-se em arquivos limitados a dados geométricos como o, por exemplo, DXF.

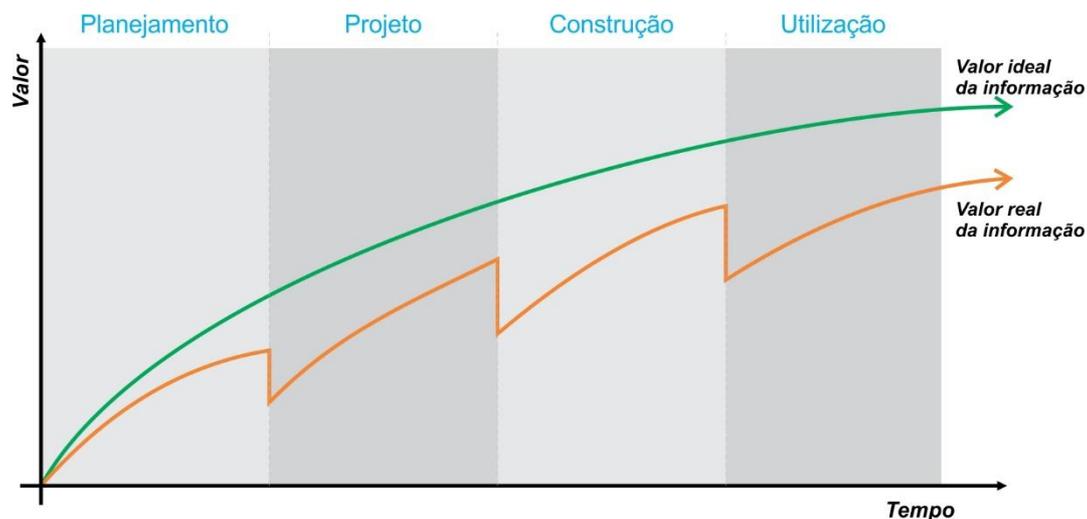
Como em outros setores, na indústria de AEC existe uma enorme necessidade de comunicação e consequente troca de dados e informações entre profissionais, isto porque o desenvolvimento do projeto envolve muitos participantes em diferentes estágios. Inicialmente, essa comunicação só poderia ocorrer se todos os participantes estivessem utilizando a mesma aplicação. Porém, na realidade o que ocorre é bem diferente. Cada stakeholder usa o software que melhor se adapta às suas necessidades. Desta forma, passa-se a existir a necessidade de critérios para se implementar uma troca de informações com compatibilidade entre aplicações, precisando haver garantias de interoperabilidade entre softwares, para que as aplicações possam trabalhar juntas e que todos os envolvidos utilizem da mesma linguagem (AIA, 2009).

Nos procedimentos tradicionais de projetos de construção, há uma perda de valor na transferência de informações entre as etapas do processo construtivo, mostrado na Figura 10 e, assim como ruído de informação¹⁰ entre as disciplinas, uma vez que nas linhas de trabalho mais difundidas, quando um membro conclui sua tarefa e outro inicia a próxima, o segundo verifica a fase anterior devendo portanto, auditar ou refazer trabalhos que seriam inúteis no início, resultando em perda de valor de tarefa do primeiro e falta de eficácia para o segundo. Desta forma a Figura 10 apresenta a curva verde com o valor da informação, de forma integral e sem perdas, e a curva laranja apresentado aspecto serrilhado notadamente com perdas verticais de valor entre as fases da construção.

As ferramentas BIM permitem realizar um projeto baseado em um modelo básico comum para todas as disciplinas do projeto, também chamado de modelo federado, o que é garantido por uma linguagem interoperável. Assim sendo, a filosofia BIM contribui de forma relevante na mitigação perdas de valor, seja facilitando ou intensificando a troca de informações entre os interessados e, dessa forma, alinhando as fases da obra em contexto mais aderido à realidade. A outra vantagem do processo deste processo interativo é a facilidade de interrelação entre os diferentes membros da equipe corroborando para a identificação de erros ainda, nas fases iniciais, que são, diga-se aqui, mais baratas de serem retificadas.

¹⁰ Ruído de informação pode ser interpretado como influências externas ao procedimento que podem afetar diretamente a natureza dos dados – ou informações – transferidas de uma referência à outra.

Figura 10: Valor da Informação sem uso do BIM no tempo



Fonte: Adaptado de (PINHO, 2013)

Todas as aplicações que desejam acessar o mercado AEC através do BIM precisam possuir a premissa elementar de facilitadora da comunicação em todos os ciclos de vida da construção, desde o planejamento até o descomissionamento, para que todos os colaboradores possam trocar informações livremente integrando-as melhor aos projetos, o que resultará em maior rigor e rapidez nos processos que aumentam consideravelmente a eficácia em todos os níveis (YOUNG; JONES; BERNSTEIN, 2007).

A interoperabilidade ineficiente gera impactos diretos nos custos gerais dos projetos de construção e é até identificada como uma das principais causas de perda de tempo no compartilhamento dos dados. Um estudo de 2004 do NIST aponta a falta de informação e troca de dados como um dos principais motivos de aumento de custos, estimando uma perda anual associada a este problema da ordem dos 15,8 mil milhões de dólares (USD). Além disso, relatórios de interoperabilidade como o da McGraw Hill SmartMarket de 2007 indicam que, em torno de 3,1% do custo de cada projeto é desperdiçado devido à falta de interoperabilidade. Esses dados refletem o problema associado à má comunicação e a importância de implementar métodos mais eficazes para diferentes campos (AIA, 2009). As razões que potenciam este problema prendem-se com a dificuldade relativa à transferência de dados entre aplicações, quer pelo grande volume e variabilidade da informação que um único projeto pode conter, quer pela inexistência de uma linguagem comum, o que se deve em parte ao interesse dos fornecedores de software em ocultar sua própria codificação privada, para que essas informações não sejam acessíveis a empresas concorrentes.

Nos últimos anos, esforços foram exercidos para criar uma linguagem comum para a construção, que visa responder aos problemas reais da construção, vinculados à organização, regulamentação e práticas atuais. Infelizmente, não é apenas nessas áreas que há falta de uniformidade no intercâmbio dos dados. Entre os próprios softwares, falta uma linguagem essencialmente comum e pacífica a todos, o que implica na necessidade de reintrodução dos dados, mesmo que esporádica, o que já ocasiona um elemento de entropia sistêmica, a falta de confiabilidade.

A padronização da informação é um desafio técnico e organizacional a ser vencido e por isso, com o objetivo de preencher esta lacuna, surgiu como resposta o conceito de interoperabilidade, que retrata a necessidade de transferência de informação entre aplicações, permitindo múltiplos programas para contribuir com o mesmo trabalho Sacks *et al.* (2018).

No momento de produção deste trabalho, os dois principais modelos para troca de informações entre diferentes aplicativos BIM são o modelo IFC (*Industry Foundation Classes*) usado para planejamento, projeto, construção e operação do edifício, e o modelo CIS/2 (*CIM Steel Integration Standard Versão 2*) usado para a engenharia e fabricação de estruturas de aço, ambos usam representação geométrica, relações entre processos e materiais, desempenho, fabricação e outras propriedades necessárias para projeto e produção, usando a linguagem EXPRESS também usada no STEP Sacks *et al.* (2018).

O objetivo do STEP é entregar o mecanismo necessário para descrever as definições do produto completa e claramente ao longo de seu ciclo de vida. Esses dados precisam, portanto, serem preparados independentemente do sistema de cálculo, ou seja, as definições devem permitir que a representação das informações do produto seja intercambiável entre vários sistemas (LAAKSO; KIVINIEMI, 2012). O STEP está organizado em uma série de partes, cada uma delas publicada separadamente. Essas partes são basicamente divididas em seis grupos, que são: descrição metodológica, recursos embarcados, testes abstratos, protocolos de aplicação, métodos de implementação e testes de conformidade (SCHEVERS; DROGEMULLER, 2005).

O STEP utiliza formalmente a linguagem EXPRESS para descrever e representar as informações do produto de forma precisa e consistente, facilitando sua implementação. Essa linguagem inclui entidades declaradas, constantes declaradas, tipos, restrições especificadas e descrições algorítmicas. É uma linguagem de modelagem, porém não é uma linguagem de programação e tornando-se o mecanismo de suporte central para

modelar produtos abrangendo uma ampla gama de indústrias, o que só é possível devido ao grande número de bibliotecas de classificações, medições e recursos geométricos. A linguagem EXPRESS é de grande uso computacional, mas torna-se um tanto complicada de ser interpretada por humanos e por isso foi desenvolvida uma versão mais gráfica conhecida como EXPRESS-G, sendo todas essas informações do ISO-STEP disponibilizadas em domínio público (SCRA, 2006).

O IGES surgiu primeiro, fruto de um esforço conjunto entre a Boeing e General Electric para adaptar os esforços iniciais para um intercâmbio de dados mais eficiente. Nos anos 80, as API's foram se desenvolvendo para, no final daquela década, darem espaço aos modelos – ou esquemas – de dados com objetivos claros e mais ambiciosos de padronização de dados para as várias indústrias de produção de softwares que pretendiam se adequar, à época, a norma ISO 10303.

Apesar de existirem modelos principais para troca de dados como o CIS/2, já mencionado anteriormente, Menezes *et al.* (2011) ratifica o uso potencialmente mais difundido do IFC, modelo não proprietário, desenvolvido pela *BuildingSmart International* (bSI), devido a sua adoção pela Autodesk, proprietária do Revit e do AutoCAD, pioneiro e líder de mercado em modeladores 2/3D para engenharia.

Embora ainda existam diferentes modelos de dados, tanto o NBIMS quanto a bSI buscam nivelar a compatibilidade das estruturas de seus atributos especificando critérios através do IDM, onde definições de vistas de modelos são utilizadas. Para Young; Jones; Bernstein, (2007) em um ponto de vista estritamente tecnológico, a interoperabilidade é a capacidade de gerar e comunicar dados eletrônicos de produtos e projetos entre stakeholders, no entanto, muitos membros da equipe de construção também veem a interoperabilidade em um nível cultural. Com relação à tecnologia, a interoperabilidade é sempre definida como a capacidade de implementar e gerenciar relacionamentos colaborativos entre os membros de equipes interdisciplinares que permitem uma execução integrada.

Essas perspectivas são interdependentes e podem ser simbióticas. A interoperabilidade da tecnologia permite a eficiência a nível de execução. Se toda equipe envolvida puder trocar dados entre os diferentes aplicativos, cada envolvido poderá integrar melhor sua parte ao projeto, tendência que muitas empresas já sinalizam para que suas tarefas se tornem mais colaborativas. As soluções tecnológicas precisam se tornar mais complexas à medida que as relações entre equipes se estreitam e se intensificam. Desta maneira, pode-se citar aqui

os estudos de Laquidara-Carr; Jones; Morton (2015) que evidenciam quatro causas para que o intercâmbio de dados possa acontecer de forma eficiente, conforme a Figura 11.

Figura 11: Razões técnicas para perda de interoperabilidade



Fonte: Adaptado de Sacks et al (2018).

Sacks *et al.* (2018) também apresentam razões subjetivas para o insucesso, como:

- Nível de Desenvolvimento

O desenvolvimento de um único modelo BIM para suportar todas as demandas das diferentes formas de se trabalhar a modelagem, torna a tarefa impossível de ser executada, exigindo esforços adicionais para a harmonização dos diferentes níveis de desenvolvimento – LOD.

- Desinteresse em compartilhar informações

Em várias ocasiões há o desinteresse em compartilhar informações por questões contratuais, de segurança ou mesmo devido propriedade intelectual, sendo um FCS (Fator Crítico para o Sucesso) a vontade dos participantes em dividir os dados de trabalho.

- Problemas com controle da versão

Ainda existem dificuldades de se controlar qual versão pode, ou poderá ser alterada por outros profissionais que não o autor. Como exemplo, pode ser citada a análise de um projeto estrutural, cujo seu respectivo projeto arquitetônico foi atualizado para uma versão mais recente, anulando a confiabilidade do processo.

Devido à grande variação de formatos extensões, modelos e usuários envolvidos, a existência de um formato de arquivo que estabeleça a ligação entre todos estes modelos e os profissionais é um requisito necessário, uma vez que será preciso ajustar toda a informação numa determinada aplicação, enfim, interoperabilidade é um ponto chave.

Este arquétipo global do projeto permite análises qualitativas e quantitativas contínuas, com possibilidade de monitoramento em tempo real. O estudo qualitativo é muitas vezes feito de maneira independente de quantidades, focando na natureza de questões como: comunicação, marketing, ilustrações e vídeos, que se relacionam com o conteúdo visual que é projetado para dar uma impressão sobre o projeto para indivíduos externos a ele, análise de construtibilidade, que se refere aos métodos de construção, coordenação de sistemas e detecção de conflitos, que é uma das aplicações mais populares dos modelos BIM e, finalmente, a análise energética do edifício, que trata da análise qualitativa de soluções construtivas em termos de ganhos e perdas de energia.

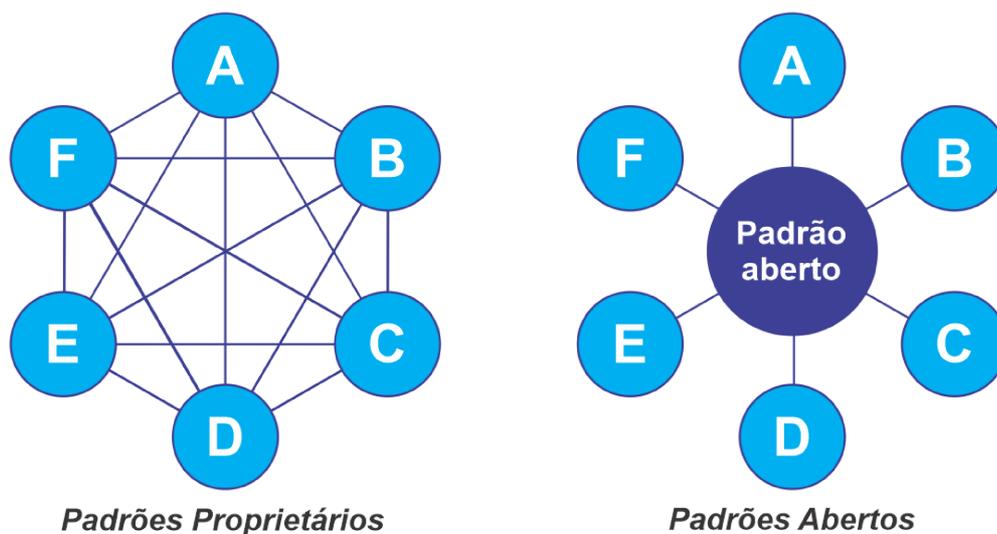
A avaliação de sequência inclui investigações em que o tempo é um dos fatores, tanto em termos de duração quanto de continuidade. Essa análise requer um estudo muito visual, mas também inclui muitas informações quantitativas. Alguns dos casos são os passos de montagem e instalação de componentes, que requerem uma interpretação visual de como são executadas as tarefas construtivas e tecnologias necessárias, e o planejamento das tarefas construtivas, que deve levar em consideração a mão de obra, os equipamentos, os meios e todo um conjunto de fatores que influenciam a duração das tarefas.

Por fim, o estudo quantitativo, que consiste em medir as quantidades de um determinado elemento do projeto que muitas vezes também é combinada com outras informações. Alguns dos casos são as quantidades de materiais, que são extraídas interpretativamente, os custos de construção estimados, que resultam da multiplicação das quantidades de materiais pelos respectivos preços de execução e a análise dos custos associados à manutenção no ciclo de vida da construção, que inclui custos de controle, manutenção e energia.

É importante deixar claro que o tema sobre interoperabilidade é extremamente extenso para ser tratado de forma aprofundada neste trabalho e reforçar as ideias de Laakso, Kiviniemi (2012) os quais tratam o assunto como muito benefícios teóricos, seja através de arquivos ou em nuvem. Caso não existissem um formato intercambiável, vários tradutores necessitariam serem desenvolvidos pelas empresas proprietárias, o que acentuaria os problemas de compatibilidade.

A Figura 12, representa a relação com tradutores proprietários e único de código aberto (IFC).

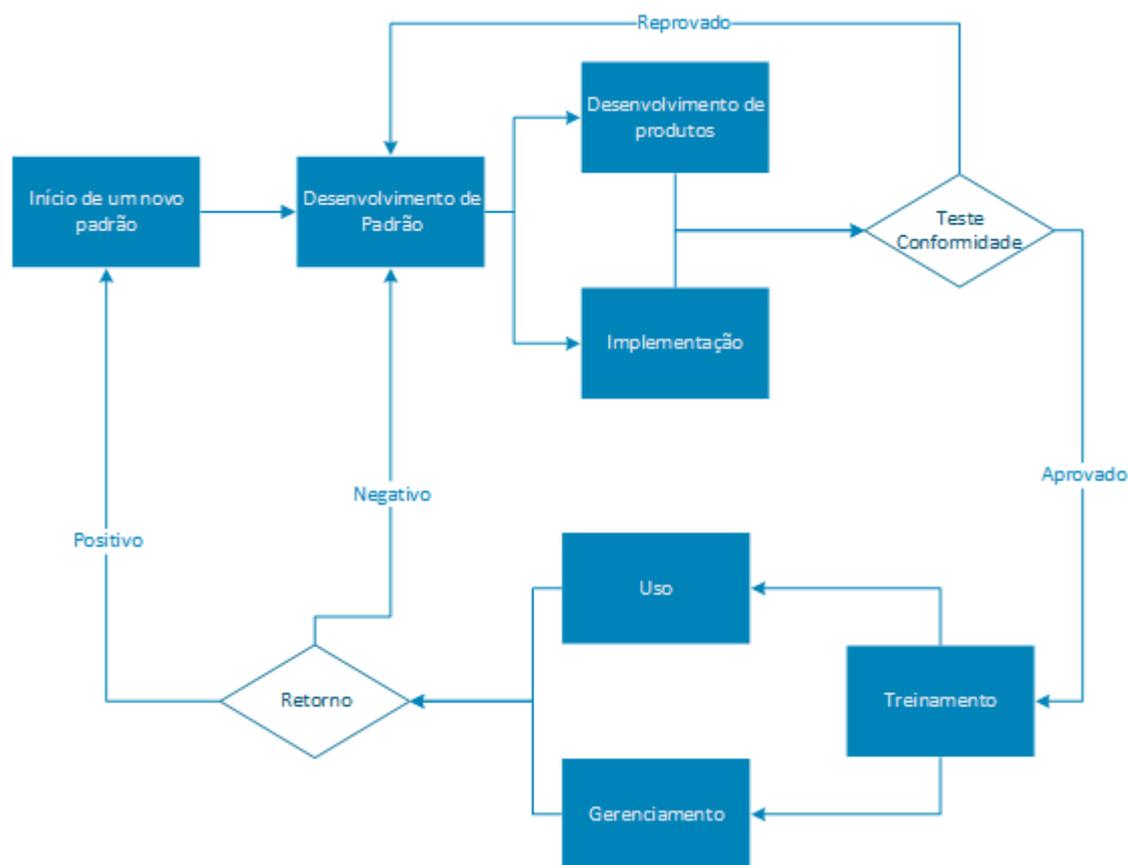
Figura 12: Comparação entre padrões sistemas interoperáveis



Fonte: Adaptado de (LAAKSO; KIVINIEMI, 2012)

Felizmente, com a ascensão do IFC, os mapeamentos passaram a ser codificados neste único formato para serem distribuídos de forma homogênea a todos os membros participantes de um grupo de trabalho. A Figura 13 apresenta um fluxograma do ciclo de vida de um processo padrão.

Figura 13: Ciclo de vida de um padrão de intercambiável



Fonte: Adaptado de (LAAKSO; KIVINIEMI, 2012)

2.4.1. Padrão IFC

O IFC (*Industry Foundation Classes*) é um esquema de dados orientados a objetos utilizado para transferência de informações dos modelos desenvolvidos em BIM. Catarina (2014) explica o assunto explicando sua origem dada pelo BuildingSmart (bSI), uma organização não governamental criada com o objetivo de divulgar, integrar e padronizar o uso do BIM usando como recurso os arquivos IFC.

Um dos grandes desafios da bSI é desenvolver um meio que permita aos profissionais de AEC envolvidos em todas as etapas da vida útil do projeto terem suas necessidades atendidas. Objetivo que é atendido quando o arquivo de intercambiável possui informações como: autoria do design, etapas do projeto, dados de proprietários, datas e outras informações relevantes. Os arquivos IFC também são projetados para receber dados de natureza não geométrica como processos legais de aprovação, construção e uso de *facilities*.

As atualizações de versões do padrão são constantes desde 1994, entretanto, embora as várias limitações, a versão IFC 2x3 ainda é a mais usada até o momento desta pesquisa. Segundo a Acca Software, o motivo para este atraso se deve ao fato de as principais ferramentas necessitarem de prazo para implementação do suporte às versões mais recentes como a 4x e de muitos projetos em andamento ainda utilizarem a versão 2x3 em seu escopo de trabalho. A ilustração a seguir apresenta exemplo de um código IFC.

Figura 14: Recorte de codificação IFC

```

$ ,IFCLABEL('Existing'),$);
#21688= IFCPROPERTYSET('2TVR07Lvv05iXx TeiR8 E',#
15,'AC Pset RenovationAndPhasing',$, (#21687));
#21690= IFCRELDDEFINESBY(
15,$
688);
#21694= IFCQUANTITYLENGTH('Perimeter',$,$,3.11);
#21695= IFCQUANTITYAREA('GrossArea',$,$,0.0231);
#21696= IFCQUANTITYAREA('NetArea',$,$,0.0231);
#21697= IFCQUANTITYVOLUME('GrossVolume',$,$,0.000693);
#21698= IFCQUANTITYVOLUME('NetVolume',$,$,0.000693);
#21699= IFCELEMENTQUANTITY('2MOQZwUfcsLLVA$miIPbRp',#
15,'BaseQuantities',$,'ARCHICAD BIM Base Quantities', (#21693,#
21694,#21695,#21696,#21697,#21698));

```

Fonte: Adaptado de (CATARINA, 2014)

A edição de um arquivo IFC é amigável para um programador com experiência em outras linguagens. A figura anterior ressalta uma das linhas do código com os elementos

essenciais para execução. na primeira caixa contém o *Globally Unique Identifier* (GUID), uma sequência de 64 caracteres exclusivos . Na figura ainda é possível identificar o nome da linha assim como seu respectivo elemento, o mesmo pode ser identificado pelo prefixo IFCxxx, onde xxx representa a descrição de operação daquele elemento. Analogamente à OO um tipo de elemento faz o papel de classe enquanto o elemento propriamente dito é a classe instanciada, ou objeto, como já mencionado anteriormente. Entre parênteses existem, na maior parte dos casos, os parâmetros de entrada de processamento daquele elemento e por fim, o delimitador de linha, indicando que todas as instruções foram terminadas a partir daquele ponto.

Apesar de não ser a finalidade deste trabalho, acredita-se que seja procedente explicar as vantagens do GUID. Partindo do princípio de que nem todos os usuários de aplicações de engenharia são programadores, o GUID auxiliar na identificação das linhas de código usadas como atributos dos elementos IFC constituintes de cada arquivo. Desta forma, o usuário realizando uma consulta com editor de texto simples consegue identificar a presença ou ausência de um elemento essencial, além disso, usuários mais experientes podem “ler” os códigos sem uma ferramenta de especializada e realizar pequenos reparos no algoritmo. Um registro do esquema IFC, relativo ao presente estudo de caso consta neste trabalho, no Anexo VI – Print do esquema IFC

2.5. Facility Management (FM)

A universalização da informática avançou globalmente, mudando a forma como as edificações são projetadas, executadas, operadas e mantidas. Até aqui, a estrutura para processar e analisar dados está presente desde as fases iniciais até o descomissionamento do projeto. Isso só foi possível graças ao advento de tecnologias disruptivas como o BIM, que substituiu as abordagens tradicionais e criou comunidades de prática, geradas a partir do trabalho virtual conjunto de intervenientes.

Porém, no que se trata de gerenciamento de *facilities* o assunto torna-se um pouco mais profundo, isto porque somente há poucos anos, BIM alcançou a chamada 7D (sétima dimensão – gestão da manutenção), justificando a infinidade de recursos e possibilidades ainda latentes de serem desenvolvidas. Além disso, a disciplina de gerenciamento de *facilities* exige *expertise* em uma gama de habilidades muito específicas como: operações da fábrica (quando o caso de tratar de instalações industriais); análise de sistemas informatizados; ferramentas e processos construtivos; operações internas; e operações

com ativos e pessoal. Os problemas relacionados à otimização nas fases de ocupação e manutenção são ainda mais acentuados pela vasta complexidade e volume de dados e informações gerados durante todo o ciclo de vida de uma edificação, seja ela industrial, residencial ou comercial (PÄRN; EDWARDS; SING, 2017)

A FM representa uma abordagem integrada, no que se refere à atenção voltada para os ativos, no entanto, pode possuir diversos conceitos, a exemplo, podem ser citados: o de Alexander (2013) onde é definida como FM “... o processo pelo qual uma organização entrega e sustenta serviços de suporte em um ambiente de qualidade para atender às necessidades estratégicas”; McGregor; Danny (1999) conceituam como “... uma disciplina gerencial híbrida que recurso humano, propriedade e processo”; Para Nutt, (2004) considera como “... uma ferramenta de apoio para se obter uma estratégia operacional sustentável para uma organização ao longo do tempo, por meio da gestão de recursos e serviços de infraestrutura”;

Chotipanich (2004) enumerou uma série de benefícios sublinhando as melhorias significativas que a FM traz ao gerenciamento de instalações, torna-se necessário lembrar que o foco desta pesquisa se assenta sobre os edifícios unifamiliares. Desta forma, os fatores que influenciam em tais qualidades do método, não aplicadas diretamente sobre o tipo de tratativa, serão apenas mencionados de forma coadjuvante, sem maiores detalhes. Sendo assim, classifica-se em três, os tipos de grupamentos influenciadores: ambiente de negócio, características dos edifícios e instalações e intervenções (fatores) externos. Pode-se ainda continuar suas classificações em fatores internos, cabendo ao interesse deste trabalho salientar um dos fatores internos: características das instalações.

Através da metodologia BIM, criou-se um paradigma na cadeia produtiva de AEC permitindo o aproveitamento de informações geradas ao longo das fases do ciclo de vida da edificação para que fossem dispostas de forma colaborativa entre todos os interessados.

A integração entre BIM e FM pode ser classificada como modelagem 7D onde nD significa o tipo de integração agregada ao modelo tridimensional (veja Quadro 1). Esta união é cada vez mais utilizada na fase de operação (ocupação) e manutenção onde oferta muitas vantagens sobre a abordagem tradicionais como, por exemplo: a transferência aprimorada de informações; a precisão (sensivelmente maior) na descrição dos dados de determinado parâmetro, como as especificações de um fabricante, por exemplo; um eficiência exponencialmente maior e mais acurada na execução de ordens de serviço, no

tocante ao acesso dos dados e localização dos dados de intervenção (DAWOOD *et al.*, 2013).

Quadro 1 – Dimensões do BIM

Dimensão	Descrição	Interessados
3D	Geometria 2D e 3D parametrizada	Projetistas e fornecedores
4D	Programação e Agendamento	Empreiteiros
5D	Orçamento	Auditoria
6D	Sustentabilidade	Empreiteiros, Sociedade e Governo
7D	Gestão & Manutenção	FMT e proprietários

Fonte: Adaptado de (PÄRN; EDWARDS; SING, 2017)

Watson (2011) sugere que toda a construção deve possuir um modelo BIM de instalações com estrutura análoga a de um manual de proprietário de uso de todos os interessados, porém de edição acessível apenas ao FMT, possuindo para tal, também a incumbência de manter as estruturas de dados íntegras com todos os trabalhos de manutenção e reforma atualizados. No entanto Becerick-Gerber *et al.* (2012) apresenta uma série de intercorrências como: convenções de nomenclaturas inconsistentes provindas da falta de critérios e documentação registrada para tal fim; uma imensidão de informações requeridas da FM que, muitas vezes, são exclusivas da planta gerida e difíceis de serem parametrizadas por sistemas generalistas estruturados em BIM ou CAFM; ruídos¹¹ de sincronia além da falta de um critério formal para registro de ativos e/ou instalações existentes.

Segundo Pärn; Edwards; Sing, (2017), mais de 80% do tempo de um FMT é utilizado para prospecção e apuração de informações que são negligenciadas pelos projetistas durante o planejamento. Para o IEC ¹²é imprescindível que o gestor de FM possua, dentre várias qualidades, a notória expertise para apurar um conjunto confiável de informações,

¹¹ Intercorrência ocasionada durante o processamento dos dados, ocasionando distorção no resultado apurado

¹² ICE – Instituto de Engenheiros Civis do Reino Unido, disponível em: <http://www.ice.org.uk>

parametrizadas em BIM, de forma a mitigar problemas de manutenibilidade. Ressalta ainda a grande dificuldade em elencar no mercado, profissionais com os perfis exigidos para a função (*ibid.*)

McArthur (2015) afirma que identificar as informações necessárias para tomar decisões operacionais é fundamental para escolher as técnicas de recuperação de dados nos estágios pós-construção e vinculá-la ao modelo construído para O&M, mas essa relação, observada por Meadati; Irizarry, (2010) e Motamedi *et al.*, (2013) permanece problemática, ressaltando observações de incongruências entre demanda e disponibilidade de informações específicas em um modelo executado que resultam em despesas desnecessárias. Assim, a vinculação de dados e a configuração de informações recuperáveis no modelo executado para a fase operacional pós-construção do projeto devem ser consideradas ao projetar e desenvolver dados BIM.

O BIM oferece oportunidades para a o FMT manipular e usar os dados inseridos em objetos 3D, Entretanto, Liu; Issa (2014) relatam que, durante a fase de planejamento, os participantes de um projeto BIM se concentram principalmente nas detecções de conflito e ignoram a acessibilidade à manutenção futura. Salientam ainda o potencial do BIM para que os projetistas aproveitem a geometria e a base de dados paramétrica entre outras, funções não geométricas, para auxiliar o FMT a antecipar e resolver problemas de acessibilidade de manutenção. De igual modo, Meadati; Irizarry, (2010) fornecem ferramentas adicionais para melhorar a atuação do BIM na fase de O&M, envolvendo os stakeholders de forma mais intensa.

O valor da implementação do BIM aumenta exponencialmente à medida que o ciclo de vida do projeto amadurece. De fato, o valor da modelagem da informação, no FM, deriva de melhorias feitas em: processos atuais de transferência da informação; Acuracidade e acessibilidade dos dados das instalações; e aumentos de eficiência na execução de ordens de serviço (DAWOOD *et al.*, 2013). Portanto, o envolvimento do FMT durante o processo de desenvolvimento do BIM é essencial, uma vez que a equipe de entrega do edifício pode ser alertada sobre quaisquer problemas relacionados à O&M.

Os modelos em BIM voltados para FM exigem constantes atualizações de seus dados visando a garantia de um histórico conciso e uma anamnese confiável e prontamente disponível para os gestores de facilidades. Este processo de retroalimentação impõe novas tarefas de controle para a FMT. Um exemplo pode ser apresentado na relação entre o BIM

e os CAFM, que ainda é criticada pela limitação de interoperabilidade, restringindo as condições para a transferência de dados semânticos (GU et al., 2007).

A incongruência entre a oferta e a procura de informação também se revelou o principal obstáculo à integração do BIM-FM. Shen *et al.* (2010) comentam que, embora o BIM permita uma maior integração de dados, esses dados não são necessariamente apresentados em um formato semântico relevante para o FM. Já para Liu; Issa (2014), o envolvimento da FMT na fase de projeto e construção pode melhorar a interoperabilidade de dados semânticos e, portanto, a entrega de O&M. O COBie também foi criticado por sua falha em garantir dados semânticos completos para FM e por fornecer orientação à equipe do projeto na obtenção de dados semânticos operacionais adicionais para FM. O Quadro 2 fornece uma crítica e avaliação resumida dos benefícios da integração do BIM e FM, além das correspondentes barreiras relatadas na literatura.

Quadro 2 – Resumo de críticas e avaliações da integração BIM x FM

Benefícios	Resultados	Limitações
Maior utilidade e velocidade para recuperação de dados	As informações são mais facilmente compartilhadas, podem agregar valor e ser reutilizadas.	Dificuldades, na fase de planejamento, da identificação de quais dados são relevantes e precisam ser compartilhado com a área de FM.
Colaboração aprimorada em processos BIM	As propostas de ativos construídos podem ser rigorosamente analisadas em todas as disciplinas e organizações.	Grande limitação entre os projetistas e os proprietários, no que tange as necessidades de FM, como, por exemplo, a acessibilidade para manutenção de sistemas.
Dados de construção incorporados em modelo centralizado	Requisitos, projeto, construção e informações operacionais podem ser usadas no FM, resultando em melhor gerenciamento de ativos.	Ainda existem muitas limitações com a integração do BIM nos sistemas CAFM existentes. Há também uma falta de ferramentas e processos padronizados.

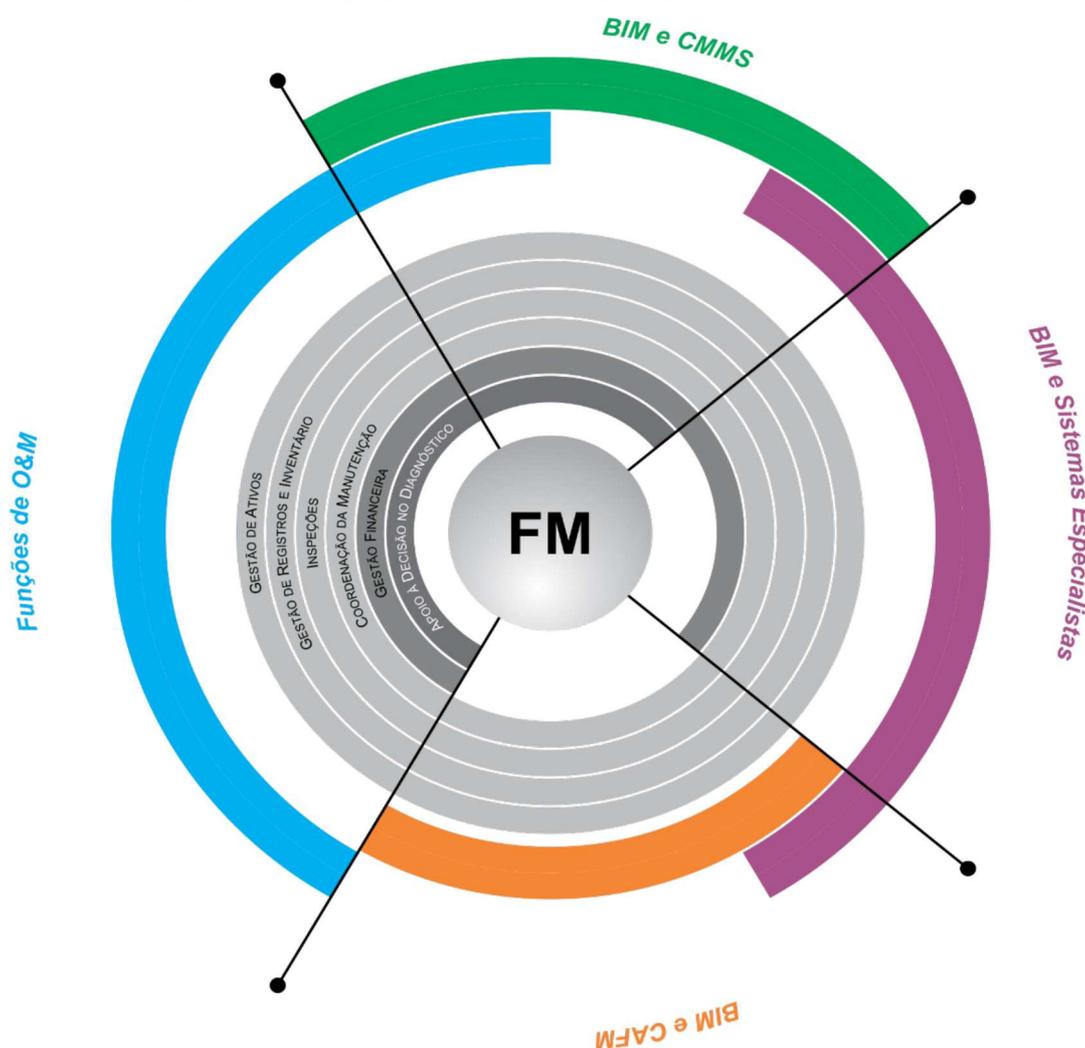
Fonte: Adaptado de (LINDKVIST, 2015)

As decisões na fase de O&M influenciam diretamente as despesas da construção, no entanto, uma escolha precisa não necessita ser complicada considerando a possibilidade da prospecção de diferentes bases de dados Roper; Payant (2014). As decisões geralmente são fundamentadas em dados extraídos de várias fontes de informação (ou seja, dados históricos, desenhos de projeto, registros de inspeção e dados de sensores) que geralmente residem em planilhas de texto separadas. As decisões baseadas em grandes conjuntos de dados textuais são pouco intuitivas, demoradas e propensas a erros humanos (CHAPMAN *et al.*, 2007).

Além disso, o FM está intimamente ligado às operações de um edifício, que podem variar de uma planta para outra. Surge então a necessidade de atendimento mais customizado. O desafio do BIM é proporcionar a tomada de decisões estratégicas para melhorar o desempenho da manutenção - geralmente medido em termos de custo, clima, saúde e segurança, funcionalidade e manutenção (TALEBI, 2014).

Os sistemas CAFM e BIM quando integrados com sucesso fornecem uma fonte inestimável de captura de conhecimento para instalações existentes. A Figura 15 mostra como as funções dos processos de manutenção existentes foram integradas via BIM e CMMS, BIM e CAFM e em sistemas especializados BIM; também ilustra que o suporte à decisão e o diagnóstico ainda não foram alcançados com sistemas BIM ou com sistemas BIM e CAFM.

Figura 15: Integração de tipos de aplicações e funcionalidades



Fonte: Adaptado de (PÄRN; EDWARDS; SING, 2017)

A captura de conhecimento torna-se benéfica para a manutenção preditiva e preventiva, onde os dados operacionais são acumulados e transformados em informações de FM. O

Quadro 3 apresenta um resumo de alguns estudos que fornecem uma base para o gerenciamento de manutenção preditiva cunhada em BIM. Hassanain; Froese; Vanier (2001) foram os primeiros a propor um modelo de dados baseado em IFC para um sistema integrado de gerenciamento de manutenção, posteriormente, foi proposto um método orientado a objetos para apoiar a troca de informações entre diferentes domínios em um projeto de FM que permite que aplicativos de computador usados por todos os participantes do projeto compartilhem e troquem informações do projeto. Por exemplo, usando o conceito de realidade virtual, Chen; Wang (2009) desenvolveram uma abordagem visual 3D para gerenciamento de manutenção que fornece informações de componentes e manutenção para o FMT.

Quadro 3 – Resumo de ferramentas de apoio à decisão para FM

Funcionalidade	Método	Limitações
Abordagem visual 3D	Utilização de BD OpenGL,	Requer grande quantidade de dados manuais.
Método orientado a objetos	Suporte a troca de informações entre diferentes plataformas.	Não consegue mostrar toda a quantidade de informações necessárias. Apenas dados geométricos do terreno.
Building Medical Record (BMR)	Método usado na medicina, usado para avaliar e sugerir manutenções	Em primeira análise, não utiliza dados BIM.
Framework para mapeamento de instalações	Mapeamento de Informações BIM	Ainda carece de estudos de como estruturar as informações BIM para utilização.
Building Diagnosis Navigation System (BDMS)	Complemento do BMR, usado pelos intervenores durante o diagnóstico e alternativas de tratamento	Em primeira análise, não utiliza dados BIM.
Algoritmo de navegação p/ Sistema de análise visual para FM para identificação de falhas	Captura de informações para detecção de falha de causa raiz em FM (Árvore de Falhas)	Limitado em mostrar a captura de informações

Fonte: Adaptado de (PÄRN; EDWARDS; SING, 2017)

Uma aplicação que permite o gerenciamento de manutenção de instalações baseado em BIM foi desenvolvida por Lin; Su (2013) com objetivo de permitir a operação das informações na fase de O&M, onde o FMT possa acessar e revisar modelos tridimensionais para atualizar registros de manutenção. O estudo provou que a

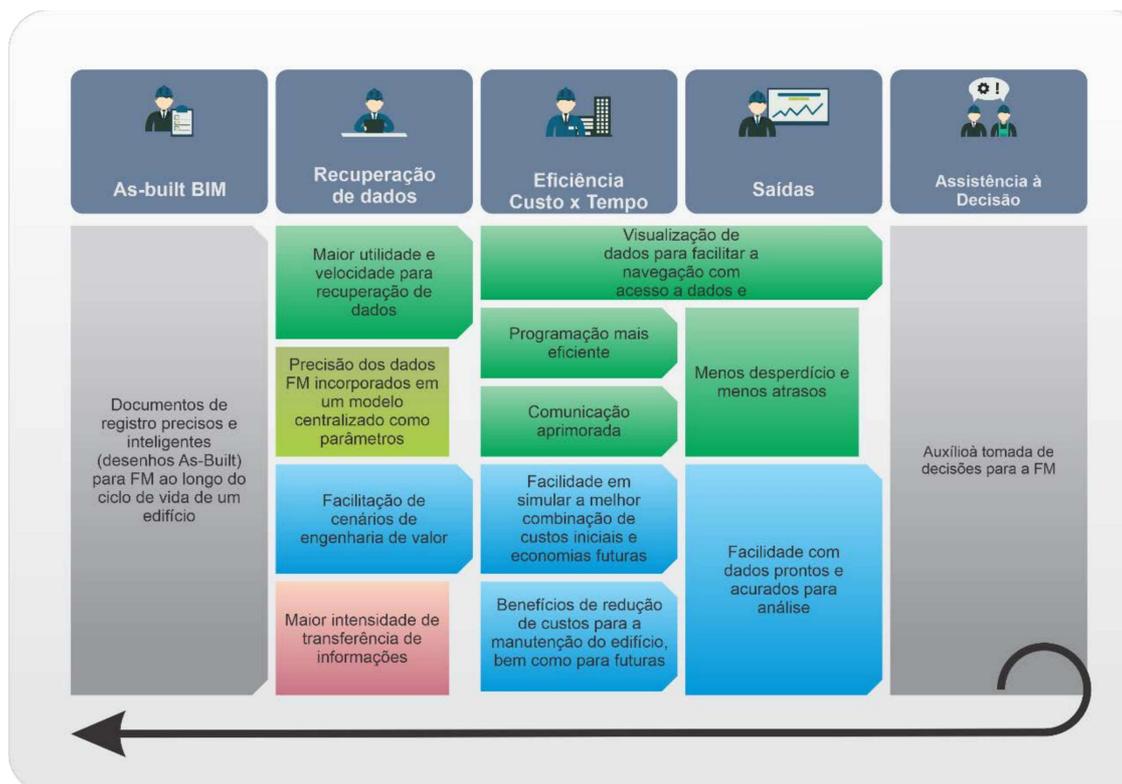
disponibilização estruturada de informação é fundamental para a implementação do BIM para FM.

Charlesraj (2014) ressalta que os IFCs – e as definições de visualização do modelo (MVDs) incorporados a eles, eram até sua publicação, suportados por aproximadamente 150 aplicativos de software em todo o mundo e usados em toda a indústria. A interoperabilidade do formato IFC permite que projetistas, empreiteiros e FMT usem softwares diferentes ao longo do ciclo de vida do edifício e melhorem a capacidade de manutenção da planta. Já Motawa e Almarshad (2015) desenvolveram a modelagem de informações de construção baseada em conhecimento (K-BIM), que tem sido fortemente defendida no campo de gerenciamento de instalações. Ao contrário do aplicativo BIM tradicional, o KBIM visa capturar o padrão de falha-causa-efeito do componente e, em seguida, vinculá-lo aos elementos BIM correspondentes.

Para Pärn; Edwards e Sing (2017), embora a chegada de ferramentas inovadoras e de última geração demonstre a obtenção de conhecimento, há pouca evidência para apoiar a presença de um ciclo de feedback sistemático da informação por parte do time de facilidades – relatando o desempenho real versus o desempenho esperado – para outros interessados envolvidos. O BIM é anunciado como um novo catalisador para a colaboração, no entanto, os principais beneficiários pelo desempenho na construção não devem se limitar ao à gestão de *facilities* na fase pós-ocupação. Para facilitar a eficiência na elaboração de novos projetos, esse conhecimento é mais valioso quando repassado aos *stakeholders* durante as fases de planejamento e projetos. Maximizar a eficácia do conhecimento adquirido exigirá que as gerações atuais e futuras de pessoal sejam totalmente capacitadas em sistemas de computação, aplicativos e desenvolvimentos de softwares.

A Figura 16 apresenta uma representação esquemática do potencial para um ciclo de *feedback* baseado em conhecimento de integração de dados BIM e FM. Essa evolução pode melhorar a interoperabilidade em várias áreas importantes. Em primeiro lugar, os dados relativos ao desempenho operacional de um edifício durante a fase de O&M permitem que os clientes desenvolvam planos estratégicos de manutenção otimizados. Em segundo lugar, comparar o desempenho real e previsto do edifício permitirá que projetistas e empreiteiros melhorem o desempenho de futuros desenvolvimentos de edifícios.

Figura 16: Ciclo de feedback em conhecimento de integração BIM/FM



Fonte: Adaptado de (PÄRN; EDWARDS; SING, 2017)

2.6. Manifestações Patológicas

Gomide *et al.* (2021) discorrem em sua obra que as manifestações patológicas podem possuir uma série muito variada de causas em naturezas diversas que, neste trabalho seria impossível de analisar e dirimir cada uma, no entanto, o Anexo II apresenta um quadro resumo das principais anomalias, seus referidos sistemas construtivos e suas causas mais prováveis. Entretanto, de forma sucinta, tais origens podem ter fonte no ato construtivo em si, em falhas de manutenções já executadas ou em irregularidades de uso. A Figura 17 ilustra os elementos fundamentais para início da degradação.

A forma de se classificar as anomalias é uma atividade de alta complexidade que exige bastante conhecimento do profissional, isso porque o procedimento de diagnose depende da interação dos diversos tipos de sistemas e destes com o ambiente interno e externo da construção. Além disso, a quantidade das variantes de análise pode ser multiplicada, uma vez que um mesmo sistema pode possuir materiais diferentes em locais distintos.

Figura 17: Causadores de manifestações patológicas



Fonte: Autor

Para Madureira *et al.* (2017) a ausência de procedimentos específicos à manutenção de edificações, sejam de quaisquer natureza, tem levado a redução do tempo de vida útil das mesmas. Este envelhecimento prematuro pode ser observado, em maior ou menor frequência, em todos os elementos construtivos. Como já mostrado no Gráfico 2, os custos podem ocorrer em algumas etapas do ciclo de vida de uma edificação, porém é na etapa de uso e ocupação que 75 a 80% destas despesas ocorrem, considerando um projeto com VU¹³ estrutural mínima de 50 anos, recebendo todas as intervenções necessárias.

O impacto econômico comprova a importância da manutenção predial. Se os planos de manutenção fossem implementados desde a fase de projeto com níveis de desempenho predefinidos, otimizariam os custos globais e satisfariam os usuários ao conhecerem o comportamento dos edifícios em serviço, os seus mecanismos e agentes de degradação, bem como o tipo e as principais causas das anomalias.

Apesar de palco pacificado, o fato de que manutenções preventivas e preditivas serem menos custosas no ponto de vista financeiro, vale destacar a visão de Grossi (2021) para uma manutenção de cunho intervencionista como solução para situações não programadas. No entanto é importante salientar aqui a importância real de capacidade do BIM em conseguir abranger os registros de ambas as formas de atuação.

¹³ VU: Vida útil de uma edificação. Sendo relativizada de acordo com o sistema construtivo e padrão de execução/manutenção

As fachadas se destacam por conseguirem alcançar uma grande lista de objetivos, aumentando a sensação de conforto e estética de uma construção e exercendo um papel de barreira contra as agressões externas além de comunicação entre interior e exterior.

Para Silva; Flores-Colen; Coelho (2015), as fachadas podem ser constituídas por vários elementos de vários sistemas, por isso, uma identificação precisa dos seus componentes torna-se imprescindível para a execução adequada de uma manutenção, seja esta preventiva ou corretiva. A umidade é apontada como a principal causadora de anomalias em fachadas, porém tais manifestações podem se conjugadas com outros fatores que merecem atenção como tensões, radiação, sujidades, sais e micro-organismos. Tais agentes podem gerar trincas, perda de coesão, manchas e outros defeitos de fixação.

Um levantamento de Rodrigues (2013) realizado em 10 edificações, de dimensões e disposições diferentes, demonstrou uma relação direta entre o número de ocorrências e a área construída. Outro aspecto observado foi a idade das construções, apontando, curiosamente, que as construções com mais anomalias não possuem mais que dois anos de uso e ocupação. O registro dos eventos denota ocorrências entre os meses de junho a agosto, sabidamente mais chuvosos na região de Porto Alegre e demonstram ainda falhas estruturais, elétricas e hidráulicas respondem por cerca de 66% das amostras, fato que, qualitativamente é afirmado por Júnior (2015).

Quanto às esquadrias, Rodrigues (2013) registra ainda como anomalias mais frequentemente encontradas: a falta de estanqueidade dos elementos; o desprendimento das ferragens e fixação inadequada, podendo desencadear uma série de outras consequências em fachadas e espaços internos. Foram observadas ainda a recorrência da umidade descendente ao longo da vedação vertical com causa atribuída às falhas de assentamento de soleiras e esquadrias com consequente deterioração e destacamento da pintura da edificação.

Em trabalho de Soares *apud* Vasconcelos *et al.* (2021) lançou-se mão de um método focado no usuário com objetivo de identificar manifestações patológicas. Foi aplicada uma pesquisa de campo com 15 questões de múltipla escolha onde pode-se constatar que 90% dos entrevistados receberam o manual de usuário, porém apenas 25% deles o leram, destacando-se ainda que 83% dessa parcela, não soube diferenciar o conceito de manutenção preventiva e corretiva e, mesmo identificando vários problemas nas construções, não souberam se posicionar. A esta causa, pode ser atribuída várias manifestações de uso que poderiam ser evitadas com visitas e orientações por parte das

equipes de FM. Ainda assim, das principais intercorrências relatadas puderam ser observados aquelas relacionadas a instalações hidráulicas e elétricas. Quanto aos achados, importa-se em atentar para a corresponsabilização, tanto de profissionais no que diz respeito a execução da obra, quanto de usuários para a leitura e o correto uso dos equipamentos e estruturas além da rotina atualizada de manutenções preventivas.

Vasconcelos *et al.* (2021) citaram um estudo de fachadas em 12 construções de um conjunto habitacional em Alegrete (RS). Durante a vistoria foram realizadas visitas aos locais e elaborados mapas de localização das falhas identificadas. O mapeamento de rachaduras foi bem aderido aos resultados observados, assim como por várias trincas e fissuras (horizontais, verticais, angulares).

Tais ocorrências servem de adendo para mencionar a imensa variação dos métodos para se registrar a ocorrência de manifestações patológicas, Innocencio *et al.* (2021) utilizam em seu trabalho técnicas de avaliação visual seguida de análise termográfica, porém vale a relato prescrito por Ferreira (2010) onde outras metodologias são apresentadas. Acrescenta-se a observação de Vasconcelos *et al.* (2021), que concluíram sobre a recorrência do padrão de anomalias e suas causas, serem similares independentemente de sua finalidade uni ou multifamiliar.

A umidade é uma das principais causadoras de manifestações em projetos civil, afetando uma gama considerável de sistemas como estrutural, vedação, esquadrias, hidráulico e elétrico, tanto que, o estudo protagonizado por Barbosa; Rosse; Laurindo (2021) reitera a importância fundamental, para a correta identificação e priorização dos fatos causadores de diversas patologias originadas devido à presença de água. De ante mão é importante enumerar como a umidade pode influenciar os sistemas, e em particular, os de fachada, como segue:

i) Umidade acidental

Ocasionada por falhas nos sistemas de abastecimento de água fria/quente, sistemas coletores de efluentes e sistemas de captação pluvial. Este primeiro caso denota interesse de estudo mais aprofundado devido os defeitos surgirem a demasiada vida útil dos elementos, sem as devidas manutenções.

ii) Umidade de condensação

Umidade ocorrida normalmente quando o ar, carregado de umidade, entra em contato com uma superfície mais fria, normalmente em temperatura compatível com a de orvalho. Desta forma, o ar resfriado, perde a capacidade de absorver água,

condensando-a sobre uma superfície. Esse fenômeno pode ser frequentemente observado em banheiro e saunas, mas pode ocorrer em diversas outras situações e lugares.

iii) Umidade de construção

Caracterizada pela água presente nos materiais construtivos, quando no momento da execução da tarefa que, no decorrer do tempo alcança a superfície do elemento construtivo buscando equilibrar o material com o meio. Outra ocorrência da mesma variante é atribuída a deficiências nos sistemas de vedação e impermeabilização, que passam a permitir a entrada de umidade na região avariada.

iv) Umidade de percolação

Caracterizada pela infiltração da água, de ambientes externos para os internos, através de pequenas fissuras ou materiais altamente absorventes que não possuem estanqueidades adequadas.

v) Umidade ascensional

Acontece devido graças ao arranjo molecular da água, que permite a geração de uma tensão superficial, na qual a umidade ascende do solo úmido e saturado até elementos secos sobrepostos ao mesmo se instalando predominantemente em pisos e paredes.

No intuito de contribuir com o elenco de informações parametrizáveis, Barbosa; Rosse; Laurindo (2021) apresentam uma metodologia baseada em uma matriz de priorização que foi desenvolvida para resolução de problemas gerenciais, não obstante, se tornou uma ferramenta muito difundida no meio da engenharia diagnóstica. A metodologia utiliza características não geométricas parametrizáveis de Gravidade, Urgência e Tendência com o objetivo final de elencar os processos patológicos facilitando o processo gerencial da manutenção. Essa ferramenta, conhecida no meio técnico como matriz GUT, é originária do aprimoramento das pesquisas em Administração da Produção, muito bem adaptada aos estudos de diagnose e que podem fornecer dados complementares ao perfil da manifestação.

Reportando-se à umidade de fachadas Elchishcheva *et al.* (2021) complementam sobre as consequências secundárias que a presença de água pode trazer. A existência de sais em materiais argamassados das fachadas propicia o acúmulo de umidade que por sua vez favorece o desenvolvimento dos esporos de vários tipos de fungos filamentosos, o que

poderá ser tratado com a administração de argamassas, primers ou tintas com composto fungicida em sua base de aplicação.

Pacheco; Vieira (2017) observam a umidade provinda do interior das edificações citando como exemplo as áreas molhadas de banheiros ou molháveis de cozinhas e áreas de serviço, que possam ser concordantes às vedações verticais das fachadas. Os autores ainda apresentam manifestações que incluem eflorescências e a presença de micro-organismos sendo o primeiro por sais oriundos do concreto e os segundos devido à transposição eólica associada ao acúmulo de água, no entanto ressaltam ainda que a presença das cerâmicas limitou consideravelmente este tipo de anomalias que, em sua maioria, ficou representada mais por fissuras e descolamento de origem térmica.

De uma maneira geral, esta explanação sobre manifestações patológicas oriundas de umidade, longe de cobrir todas as anomalias, objetivou demonstrar, de maneira sucinta, a forma como tais intercorrências podem se apresentar com mais recorrência e também discorrer sobre de que forma a metodologia desta pesquisa é estruturada, facilitando o trabalho do leitor em entender e buscar uma imersão maior no assunto principal como forma de cercar, da melhor forma possível, todas as características que sejam convenientes e viáveis de serem parametrizadas.

Procurou-se com esta seção, demonstrar que a responsabilidade pela causa de problemas construtivos não está ligada apenas aos executores, mas também a projetistas e usuários. Além disso, visou-se também, justificar e demonstrar a importância que um modelo parametrizado de FM pode ter para a identificação, mensuração e controle dos diversos tipos de manifestações patológicas.

3 Metodologia

Para o desenvolvimento da metodologia optou-se por adotar como objeto de estudo um prédio histórico localizado na cidade de Juiz de Fora, estado de Minas Gerais. Trata-se do Palacete Santa Mafalda, edifício que abriga até esta data, os grupos centrais, representado pela Escola Estadual Delfim Moreira (PJF, 2023).

A construção, datada no final da década de 1850, foi escolhida pela facilidade de prospecção dos dados de construção através de pesquisas elaboradas entre os anos de 2020 e 2023 e pela acessibilidade, já que localizada na região central da cidade, na esquina da rua Braz Bernardino com Avenida Barão do Rio Branco, vide Figura 18.

Figura 18: Fachadas do Palacete Santa Mafalda – Antes da restauração, 2020.



Fonte: Autor

Figura 19: Fachadas do Palacete Santa Mafalda – Após restauração, 2023.



Fonte: Maria Teresa Barbosa

No objeto deste estudo são frequentes as manifestações de umidade, além de outras, ocorridas, segundo os autores, por falta de manutenção, erros de execução ou uso de materiais inadequados, ressaltando-se aqui a necessidade de levar em considerações que, à época da execução, ainda não se existia normas técnicas que pudessem corroborar para

um aumento considerável da vida útil e que, não se existiam, também à época, materiais “adequados” disponíveis para uso.

Para o desenvolvimento do estudo foram utilizados resultados pesquisados por Barbosa; Rosse; Laurindo (2021) que detalha fisicamente a construção, assim como a específica, de forma minuciosa, em um mapa, as manifestações decorrente, da presença de umidade nas fachadas da edificação, conforme se verifica nas Figura 20 e Figura 21.

O estudo conta com a vantagem de prover informações como localização, tipo, área de interesse, entre outras informações relevantes para a elaboração do modelo e auxiliaram no povoamento de dados para exemplificação de como a estrutura dos dados poderia ser usada para gerar valor de informação.

Figura 20: Mapa de anomalias do Palácio Santa Mafalda



Fonte: (BARBOSA; ROSSE; LAURINDO, 2021)

Com o arcabouço de manifestações já pronto para a análise a etapa seguinte foi o levantamento de informações parametrizáveis. Para isso, lançou-se mão da investigação

de documentos legais, em particular, laudos de engenharia, livros e apostilas técnicas além da observação e registro de manifestações em casos práticos de ocorrências.

Tal procedimento se faz necessário para o levantamento de todas as características necessárias à correta identificação das anomalias. Uma vez elencado todos os caracteres, especificamente para esta pesquisa, ligados à unidade de fachadas, será realizado o levantamento de todas as variantes (registros de dados) ligadas a cada respectivo caractere.

Como exemplo pode-se citar o caractere “tipo de umidade” que poderá ser parametrizado em cinco classes: acidental, condensação, construção, percolação e ascensional. Tal ilustração demonstra a necessidade de serem criadas outras classes, que servirão como auxiliares ao processo de parametrização do modelo de dados.

Paralelas a esta pesquisa foram realizadas mais duas resenhas, uma ligada ao tipo de ferramenta a ser utilizado no processo de modelagem, ressalta-se que, inicialmente optou-se por dois tipos: o modelo de Entidade-Relacionamento (MER) de Chen usando a variante IDEFIX e a *Unified Modeling Language* (UML) apresentados na obra de Teorey; Lightstone; Nadeau (2007), o primeiro pelo empirismo praticado pelos profissionais das áreas de TI e o segundo por se tratar de uma linguagem que possui abarca muitos recursos para sua implementação. Optou-se pelo MER visto que o formato IFC funciona de forma similar, mas não idêntica a uma tabela de dados além de que suas classes esboçadas são apresentadas com natureza lógica e conceitual e não física, portanto, concluiu-se que uma ilustração mais simplificada facilitaria muito o entendimento. Para o design foram utilizados o Microsoft Visio, Visual Paradigm e Navicat DataModeler 3.

A outra etapa paralela foi um levantamento junto ao arcabouço informativo da *Building Smart International* (bSI), organização mundial que padroniza e instancia as funções geradas para IFC. Não é objetivo desta pesquisa gerar um método prontamente implementável, visto que, é passo essencial, o crivo da BSI para que o mesmo possa ser colocado em execução, sendo assim, o produto será um modelo virtualmente acessível para uso futuro em softwares BIM de FM.

Uma vez apresentado o esquema visual disponibilizado das classes principais, a tarefa seguinte foi a de elencar todos as características importantes para a elaboração de relatórios operacionais, qualitativos e financeiros tanto no que se refere a uma possível etapa de pós-obra (para construções novas) quanto para etapas de uso propriamente ditas voltadas a manutenção dos elementos.

Diante disso procurou-se criar grupos de parâmetros usando como critério a natureza da informação. Porém é preciso observar que as nomenclaturas da tecnologia da Informação (TI) divergem um pouco na modelagem dos dados quando se referem a Programação Orientada à Objetos (POO) e ao IFC respectivamente. Desta maneira é interessante esclarecer alguns termos similares entre si.

O primeiro termo que necessita conceituar é a ideia de Atributo. Os atributos são considerados as características de uma determinada classe que, mais adiante, serão usados em um objeto. Neste caso, a Figura 8: Exemplo de estrutura básica de objeto, consegue descrever quais atributos são importantes no tema construtivo ligado às patologias, porém estes mesmos ainda são apresentados em escopo geral.

Para Teorey; Lightstone; Nadeau (2007) o profissional que modela a informação necessita, entre outros quesitos, possuir conhecimento na área específica à qual se deseja modela além, do próprio saber em gestão da informação. O gerenciamento errado dos dados pode não só tornar uma análise de projeto sem efeito, como levar a decisões estratégicas desastrosas.

Os atributos são reunidos em grupos utilizando critérios específicos. As nomenclaturas deste quesito são diferentes, tanto para IFC quando para POO, porém, significam a mesma coisa. Enquanto na POO são chamados de Classe, no IFC são chamados de Instância.

No modelo de dados foi utilizado um método indutivo partindo-se da premissa que a estrutura de instancias deve ser gerada com atributos “universalizados”, ou seja, que permitam sua parametrização para qualquer caso de anomalia. No entanto, é importante lembrar, que para efeitos deste trabalho, somente as anomalias de umidade em fachadas serão mencionadas e estruturadas.

Outro conceito que merece atenção é o de Entidade. Uma entidade é considerada como um Objeto instanciado, e outra concepção, pode ser considerado como o “jogador” de futebol que foi descrito com os atributos exemplificados anteriormente. O quadro 4 apresenta as relações iniciais entre IFC e POO.

Quadro 4 – Comparativo dos conceitos fundamentais

POO	x	IFC
Atributo	=	Atributo
Classe	=	Entidade
Objeto	=	Instancia

Fonte: Autor

É necessário também apresentar e entender o conceito de relacionamento. Na modelagem de dados uma classe pode se referir a outra classe de algumas formas diferentes, basicamente de três maneiras, a saber: um para um (1x1), um para muitos (1xN) ou muitos para muitos (NxN).

Continuando no exemplo anterior, o JOGADOR DE FUTEBOL pode pertencer a apenas uma EQUIPE denotando um relacionamento 1x1, porém uma EQUIPE precisa de ter mais de um jogador de futebol apresentando assim um relacionamento 1xN. Este conceito é muito importante para a geração de instancias que permitam parâmetros genuínos sem a chance de serem duplicados ou truncados.

O critério utilizado para a elaboração das tabelas (Instâncias) foi de um método conhecido na administração de serviços como 5W2H (*When, What, Who, Where, Why, How, How much*) que em livre tradução significa: Quando será feito? O que será feito? Quem fará? Quando fará? Por que fará? Como será feito? Quanto custará? As perguntas geradas pelo método serão respondidas pelos dados oriundos das três instâncias apresentadas a seguir.

Uma vez explicado os conceitos básicos de modelagem e de relacionamento, apresenta-se a seguir a primeira instância criada, chamada apenas de forma ilustrativa de CONSTRUÇÃO.

3.1. Estrutura Prevista da Informação

Quando do início desta pesquisa, trabalhou-se uma estrutura de informação em todos os dados que, no cotidiano da manutenção, poderia trazer elementos de suporte às decisões de níveis gerenciais e operacionais. Não obstante à diferença entre modelo paramétrico e modelo de dados, optou-se por inicialmente definir três classes principais com seus parâmetros mais importantes e elencar seus parâmetros. Em seguida, esquadrinhou-se um esquema simplificado e resumido de como os dados dentro da relação iria se comportar.

É importante lembrar aqui a ideia de classe como sendo um conjunto de parâmetros do qual um elemento orientado usará para ser instanciado. Assim tem-se:

3.1.1. Classe CONSTRUCAO

A classe CONSTRUÇÃO representa o conjunto de atributos acerca da unidade onde a manutenção será realizada. A importância de seu registro é muito relevante visto que é

através dela que profissionais poderão ter acesso aos registros mais gerais da planta a ser analisada. Os atributos constantes nela são elencados da seguinte forma:

ID_Construcao: Número inicial, exclusivo e sequenciado que permite um registro único daquele imóvel dentro do sistema geral de registro. Vale lembrar aqui que, a princípio, o arquivo IFC não se relaciona com arquivos IFC de outras plantas, porém, como se trata de um modelo “universal” é necessário levantar a possibilidade que todas as informações das diferentes plantas de uma empresa gestora de manutenção possam ser importadas e “tabuladas” em um único repositório de um sistema de informações gerenciais (SIG) desta forma, o referido atributo funciona como um “CPF interno” para qualquer base de dados fundamentada em arquivos IFC.

Área Construída: Área total destinada a construção da planta. Entre outras funções, esse dado auxilia na geração de informações relacionadas ao porte da obra e a origem de patologias.

Coordenadas geodésicas: importante no relacionamento entre os locais, anomalias e manifestações. Fornece dados para o mapeamento de ocorrências de anomalias frequentes em regiões determinadas.

Orientação Fachada Principal: Indica para qual ponto cardinal está orientada a fachada principal da construção de forma a permitir a identificação de áreas de sombra no decorrer no dia

Endereço: Fornece a informação textual para relatórios mais simples. É importante destacar aqui a preocupação em se criar uma base de dados secundária, com o objetivo de auxiliar o usuário na inserção de dados que, de forma geral são digitados. Pompilho, (2021) frisa que sistemas computacionais, por mais desenvolvidos que possam ser ainda carecem de capacidade cognitiva e por muito poder de processamento que possam ter não conseguem assimilar semelhanças de palavras como tendo o mesmo valor informacional. Desta forma, torna-se interessantes restringir as entradas de endereço ao CEP e ao número do logradouro, constituindo uma base de informações mais concisa, confiável e consideravelmente menor.

Clima: Este atributo também permite gerar a relação entre o tipo de clima e a manifestação de anomalias. As opções deste atributo devem ser restritas ao usuário de forma que não permitam possibilidade de inserção fora dos padrões. Em particular, o

clima exerce grande influência sobre as anomalias de umidade devido a variação no processo de evaporação de água nos elementos.

Temperatura Média: As temperaturas também contribuem muito para o aparecimento de certos tipos de anomalias. Em regiões com o mesmo clima, a temperatura poderá oscilar por outros fatores como, por exemplo, as ilhas de calor devido a densidade de concreto no perímetro estudado, como em áreas urbanas.

Umidade relativa: Segundo Greven; Seele (2022) este atributo auxilia na indicação de anomalias causada, umidade de condensação superficial. Os autores ainda ilustram o desenvolvimento de micro-organismos em áreas de fachada devido à transposição eólica associada a umidade atmosférica.

Pluviosidade média: Influencia diretamente no nível de água do solo. Regiões de alta pluviosidade média e baixo índice de drenagem tendem a gerar uma quantidade maior anomalias por infiltração nos poros dos materiais. O registro desse dado auxilia na criação de um índice de referência entre pluviosidade e tipo de solo por exemplo.

Idade da Construção: O tempo de construção pode indicar o tipo de material e processo construtivo usado à época da execução. Além disso o dado permite apontar para possíveis causas originadas no projeto, na própria execução, pela falta de manutenção ou uso inadequado do elemento.

Quantidade de Pavimentos: A quantidade de pavimentos influencia fortemente nas manifestações. Particularmente em fachadas, superfícies maiores possuem maior probabilidade de possuírem elementos com alguma manifestação de umidade. Além disso, painéis verticais maiores são mais sujeitos ao aparecimento de trincas que permitem a percolação de água.

Valor Médio do Imóvel: O valor médio do imóvel não influencia diretamente no estudo das patologias, porém, permite a construção da hipótese de que obras de alto padrão deverão possuir um número menor de manifestações devido à qualidade de seu processo construtivo, materiais empregados e pessoal capacitado.

Tipo de Construção: A finalidade da construção não gera impacto direto, porém indiretamente pode nortear, por exemplo a frequência de suas manutenções. O atributo pode direcionar se um imóvel comercial apresenta menos anomalias do que um industrial que, por sua vez está em ambiente normalmente mais agressivo.

Topografia do terreno: Uma topografia mais plana pode apresentar alguns benefícios sobre alguns tipos de anomalias em detrimento de outras. Declives mais acentuados tendem a drenar melhor e mais rapidamente umidade, mitigando a possibilidade de infiltrações por capilaridade, no entanto são mais suscetíveis a anomalias de fundação merecendo mais atenção neste aspecto, por outro lado, terrenos mais naturalmente mais aplanados possuem em geral, solo mais sedimentar, indicando um local mais propício ao acúmulo de umidade subterrânea.

Altitude: Locais mais altos tendem a ser mais frios e sofrerem mais a influência de fatores eólicos pela ausência de anteparos como montanhas. Estes fatores induzem, ou não, o aparecimento de micro-organismos.

Nível de Cota Piezométrica: representa o nível em que a pressão hidrostática subterrânea se equipara à pressão atmosférica. Não é uma medida essencial, mas ajuda a entender a persistência de infiltração por capilaridade em sistemas previamente impermeabilizados com métodos tradicionais e que, eventualmente, necessitam da conjunção de mais um ou dois métodos coadjuvantes. O atributo de cota piezométrica pode ser complementado com outro atributo de função similar: o **Nível do lençol freático**.

RT do Projeto e RT da Execução: Servem para ratificar a relação entre a ocorrência de anomalias e a existência de um profissional responsável tanto pela execução quanto pelo projeto. Esse dado servirá para o acompanhamento e mensuração de obras, sobretudo aquelas executadas por pequenos empreiteiros, das quais muitas não possuem engenheiros responsáveis por projeto e execução.

3.1.2. Classe VISTORIA

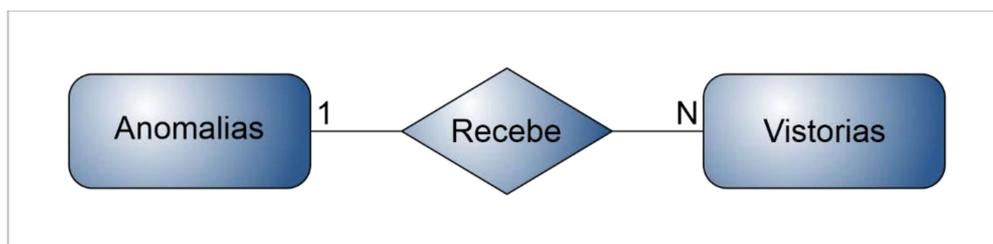
A próxima classe a ser descrita, chamada de VISTORIA, pretende registrar os dados da visita para a posterior instauração das anomalias registradas. Lembrando que o nome é apenas sugestivo, inspirado no processo mais simples da engenharia diagnóstica, mas que poderá ser alterado sem quaisquer problemas.

ID_Vistoria: O identificador de vistoria se constitui com o atributo chave da classe, criado de forma exclusiva, sequencial e única, servirá de referência para todas as manifestações geradas a partir da visita técnica.

ID_Construção: Este atributo marca a primeira implementação do conceito de relacionamento mencionado neste trabalho. Para entendê-lo parte-se do pressuposto de

que uma construção pode ter, no decorrer de sua vida, várias visitas de diagnose, o que é esperado para a correta execução da prevenção. Sendo assim, uma única construção terá N vistorias. Esse atributo marca a qual construção (ID_Construção) essa vistoria pertence. A Figura 21 representa um relacionamento 1/N de acordo com o modelo Entidade-Relacionamento de Chen (ER Chen).

Figura 21: Modelo simplificado ER de Chen para Relação 1/N



Fonte: O Autor

A figura mostra o relacionamento entre as instancias, porém apenas um atributo da classe Anomalia, neste caso o campo chave [IDD_UM], se relaciona com outro atributo indexado da segunda instancia, que será visto adiante. Chamado de VISTORIA[IDD_AN]. Usou aqui uma notação de classe seguida de atributo entre colchetes. Para facilitar a identificação dos relacionamentos.

ART_Vistoria: Este quesito guarda a informação relacionada ao responsável técnico pela vistoria, através de um número de ART, que por sua vez possui um número de CREA. Essa relação, do tipo 1/1 guarda uma característica importante. Apesar de notório o relacionamento de uma vistoria para um ART, essa ligação não é feita por indexação da segunda tabela visto que seria necessário um consumo enorme de recursos para replicar uma base de dados de um CREA ou mesmo seria complexo criar uma validação de dados com um servidor independente. Por isso, este atributo seria destinado ao preenchimento simples do número da ART com o intuito de rastrear o responsável por aquela vistoria e garantia que a mesma foi feita por profissional capacitado para tarefa.

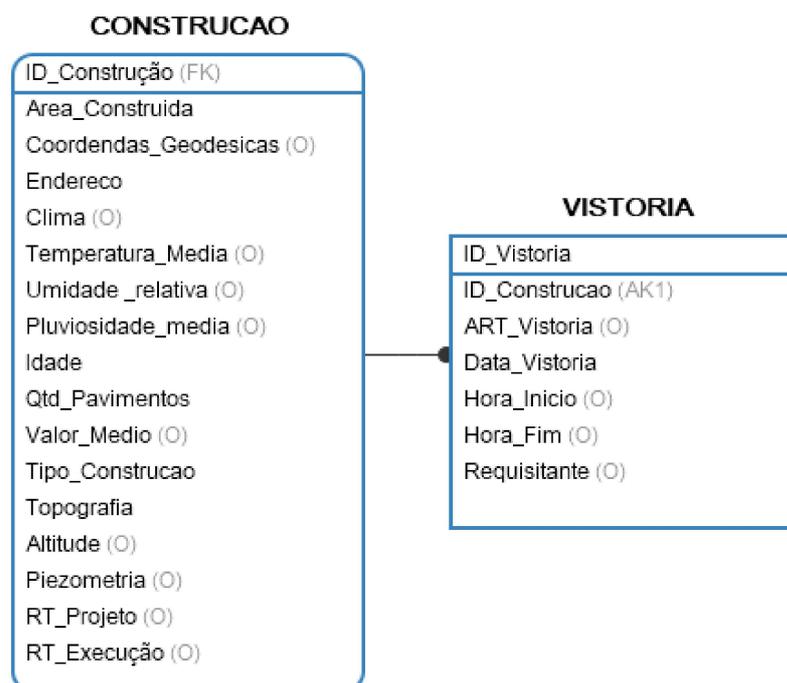
Data Vistoria: Dado importante para várias informações operacionais e de gestão o atributo de data permite processar informações da época em que uma vistoria foi realizada, deixa ainda avaliar o espaço de tempo entre vistorias, gerando um índice de vistoria por período.

Hora Inicial e Hora Final: Traz o dado de tempo destinado à vistoria, permitindo a avaliação da eficiência e eficácia dos profissionais em relação à área a ser analisada.

Requisitante: Com relação similar ao atributo de ART, serve para identificar quem solicitou a vistoria, se uma pessoa jurídica, física ou órgão público. Entende-se aqui a aquisição de mais um atributo para refinamento do processo como CNPJ/CPF.

A identificação parcial das relações, segundo o diagrama Entidade-Relacionamento de Chen usando o modificador poder ser ilustrado pela figura seguinte.

Figura 22: Modelo IDEFIX 1/N da relação CONSTRUCAO-VISTORIA



Fonte: O Autor

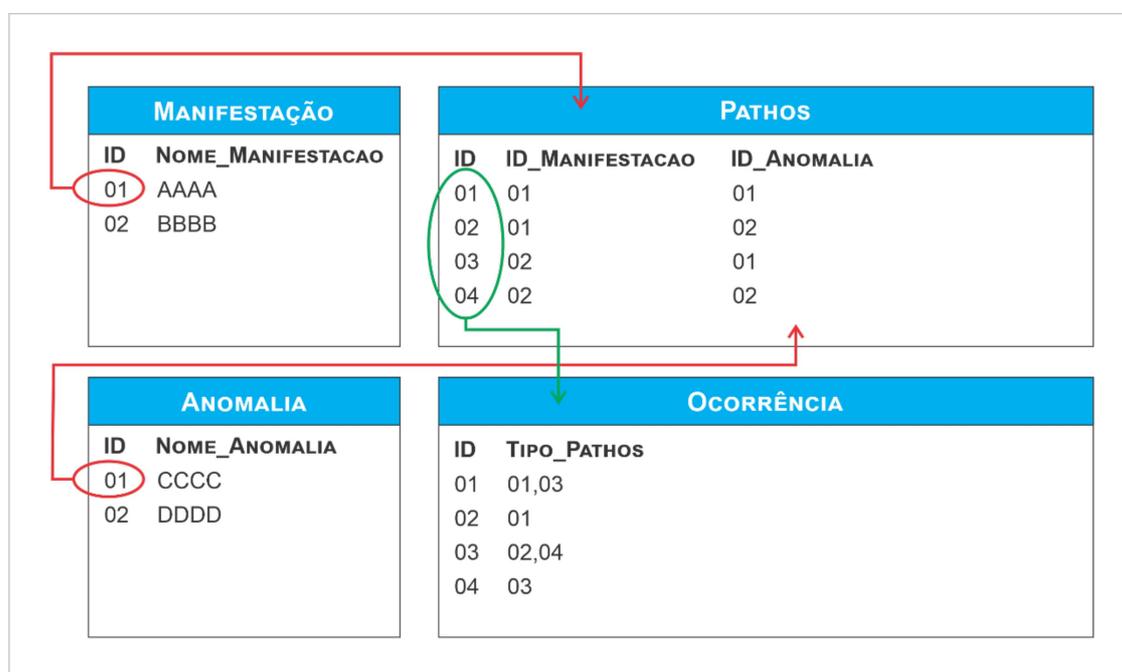
3.1.3. Classe OCORRENCIA

A classe OCORRENCIA pode ser considerada o cerne desse trabalho. Ela reúne toda a informação catalisada até aqui de forma a fundamentar os dados que necessitam serem registrados e processados.

O trabalho de registro de anomalias para a gestão da manutenção é bem amplo e complexo. Ele exige senso apurado, competência e capacidade de investigação por parte do engenheiro responsável, isso sem mencionar uma boa intuição. Isto ocorre porque a uma manifestação pode ocorrer por um ou mais tipos de anomalias e uma anomalia pode levar a um ou mais tipo de manifestações. Gerando, dentro do modelo de dados, uma relação de um para muitos. Essa relação, dentro do conceito de análise essencial

apresentada por Pompilho (1995) é representada por uma tabela acessória e registra a relação entre tipos de manifestações e anomalias sendo uma das melhores formas de registrar e indexar dados de uma relação de classes. No entanto, administradores de dados podem lançar mão de um vetor de dados para armazenar todas as anomalias em um único atributo e, em outro armazenar todas as manifestações, fazendo isso para cada ocorrência encontrada. A segunda forma, pode ser mais implementável para ao IFC, porém em se tratando de gestão de informação, a recuperação e processamento destes dados é mais complicada e volátil, aumentando o volume de código. A Figura 23 apresenta o esquema de como os valores do atributo Manifestação podem ser apresentados.

Figura 23: Modelo IDEFIX N/N



Fonte: O Autor

Greven; Seele (2022) relatam em sua obra que na observação de anomalias provenientes de umidade, deve-se também analisar a presença de sais solúveis. Isto porque na absorção de água pelos elementos constituintes da alvenaria pode ocorrer também a absorção e/ou dissolução de sais presentes. A presença de sais como cloretos, sulfatos e nitratos contribuem fortemente para a maior parte dos danos em ornamentos, rebocos e alvenarias das fachadas.

O modelo de dados poderá se aperfeiçoar para que toda a estrutura gere sinergia. Um bom exemplo dentro do trabalho é a presença frequente de sais solúveis cristalizados junto às manifestações de umidade. *O fato da existência costumeira não significa que seja*

permanente! – por isso, entende-se a necessidade de uma “classe-filha” para o devido registro das variações dentro da anomalia. A complexidade das ligações vai aumentando e se intensificando à medida que o arcabouço cresce. A seguir é apresentado uma relação resumida e simplificada de atributos que podem estar presentes em uma classe desta natureza.

ID da Ocorrência: Apresenta um número de controle da ocorrência que servirá de identificação dela em planejamentos futuros.

Dimensão V: A dimensão vertical também pode ser considerada como a altura da família quando anexada na face do elemento hospedeiro.

Dimensão H: A dimensão horizontal também pode ser considerada como a largura da família quando anexada na face do elemento hospedeiro.

Incidência Solar: Indica qual o grau de incidência solar no local da manifestação

Tipo de Manifestação: Indica o tipo de manifestação, em especial para este estudo, unidades de: percolação, capilaridade, acidental, de construção ou de condensação.

Sais Presentes: Campo lógico que indica a presença ou não de sais junto à unidade

Micro-organismos: Campo lógico para a presença de micro-organismos.

Recidiva: Campo lógico para a indicação de uma manifestação já ocorrida no mesmo local com o mesmo diagnóstico.

GUT: Índice de Gravidade, Urgência e Tendência

3.2. Elaboração da família de anomalias de umidade

Para avaliar a estruturação das informações BIM utilizando modelo de dados de tradução IFC foi elaborado um modelo digital de família de anomalias oriundas de umidade e, em seguida, aplicado em uma estrutura de fachada simulada ao do prédio usado como estudo de caso.

Dentro destas perspectivas e respeitando as limitações de pesquisas anteriores e da atual, no que tange a elaboração do modelo 3D genuíno da edificação objeto de estudo, optou-se por criar uma fachada simplificada com as mesmas dimensões e anomalias originais.

3.2.1. Reconstrução digital

No estudo de caso do Palacete Santa Mafalda verificou-se que os modelos digitais 3D feitos em plataformas BIM estavam indisponíveis, por isso, optou-se por desenvolver um esboço digital simplificado em três dimensões das fachadas voltadas à Avenida Rio Branco e à Rua Braz Bernardino.

Como a intenção inicial é avaliar a criação da família de anomalias e sua “aderência” ao modelo, julgou ser desnecessário um detalhamento minucioso da fachada. Por isso, o esboço utilizado, além das respectivas alvenarias de vedação possui as aberturas de janelas além de marcos arquitetônicos simples para facilitar a visualização e localização do posicionamento dos objetos relativos às manifestações. Não houve preocupação em se constituir os materiais das alvenarias uma vez que não se pretende aqui criar uma relação entre a anomalia x materiais, mas apenas criar um elemento hospedeiros para alocação das famílias de umidade.

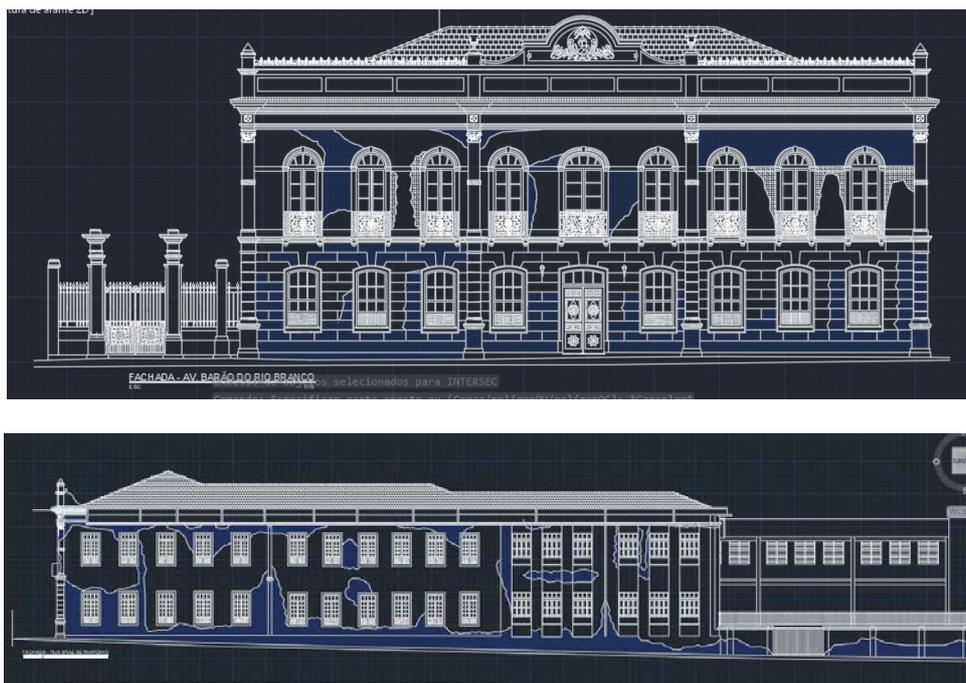
A aplicação para a elaboração do modelo foi o Autodesk REVIT (AR) em sua versão estudantil. Apesar de algumas características da versão, o software foi escolhido, dentre muitos critérios, por ser bem difundido no meio BIM e já possuir um extenso desenvolvimento em seu algoritmo, que permite a criação de famílias de objetos bem definidas além de um gerador de código IFC confiável no ponto de vista da interoperação. Além disso, o mesmo é o sucessor natural do Autocad, programa da mesma empresa, que ganhou notoriedade nas décadas anteriores de 1990, 2000 e 2010.

Sendo meta principal desta seção a de descrever, na melhor forma, todo o processo para obtenção do objetivo desta pesquisa, optou também por detalhar o passo a passo da construção digital do modelo. De partida, com a obtenção do esquema 2D, apresentado na Figura 24, construído em DWG¹⁴.

Foram gerados SPOTS detalhados e cotados dos pilares de fachada, para a elaboração de um modelo 3D e, também, para servirem de referência à identidade do projeto e à inserção das famílias de anomalias. A Figura 25 apresenta os prints de tela do esquema de pilares assim como o seu detalhamento bidimensional, já a Figura 26 a seguir apresenta a reconstrução tridimensional do mesmo elemento.

¹⁴ DWG é a extensão padrão de arquivos criados do Autodesk Autocad

Figura 24: Prints de tela de projeto executado em 2D

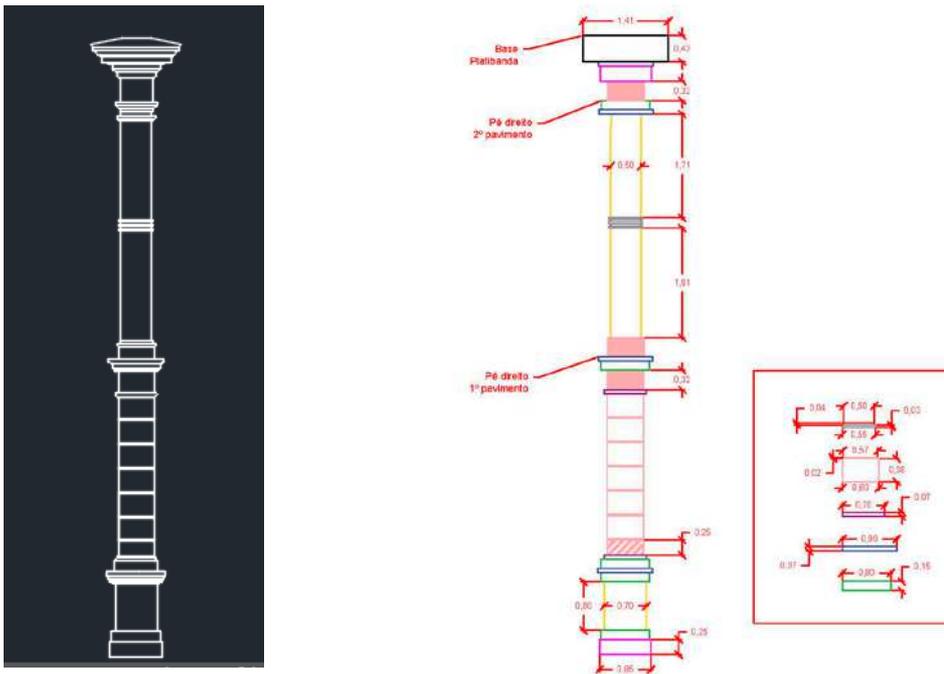


Fonte: Adaptado pelo autor

No desenvolvimento de novos componentes no AR, inicialmente partiu-se da premissa de que elementos usados exclusivamente uma vez deveriam ser tratados como componente propriamente ditos, já aqueles elementos que poderiam ser utilizados mais de uma vez dentro do projeto, teriam tratativa diferente, como família de elementos.

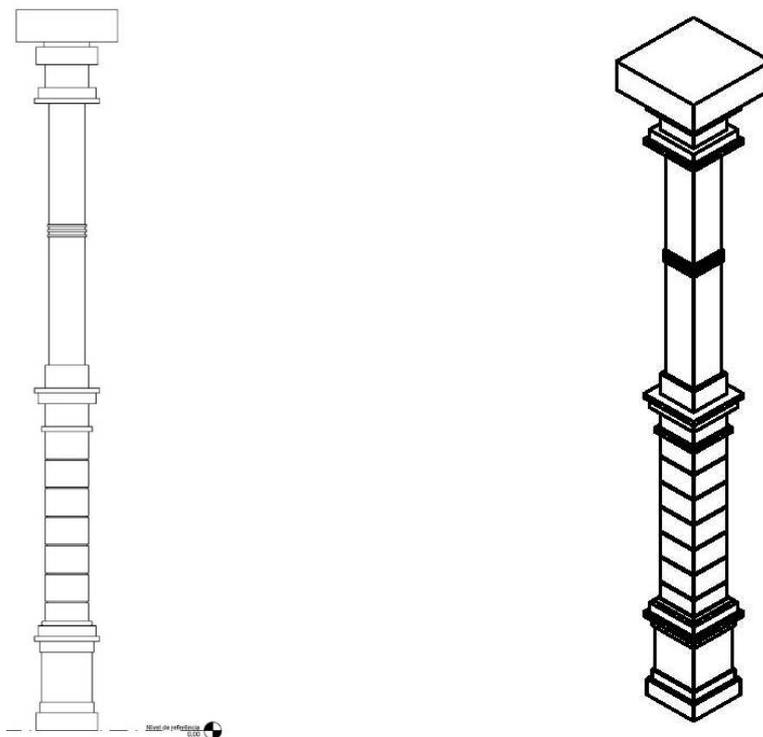
Para facilitar o entendimento, recorre-se ao conceito de família apresentado por Netto (2014) como sendo um conjunto de objetos do mesmo tipo, com parâmetros e comportamentos idênticos. A criação de famílias não exige conhecimento em linguagem de programação, porém é necessário um conhecimento básico de modelagem e parametria.

Figura 25: Apresentação dos pilares arquitetônicos da fachada frontal



Fonte: o autor

Figura 26: Modelo tridimensional e em corte e em perspectiva



Fonte: o autor

Para que se possa entender, vale-se da explicação oriunda do dicionário Oxford, onde parâmetro significa: “padrão, regra, princípio etc. por intermédio do qual se estabelece uma relação ou comparação entre termos”. Na prática, a ideia de parametrização serve para preencher uma limitação de qualquer sistema informatizado, em outras palavras, a incapacidade cognitiva. O Quadro 5 procura apresentar uma comparação entre as diferentes entradas de dados e a relação interpretativa do cérebro humano e da máquina.

Quadro 5 – Comparações interpretativas dos parâmetros de entrada

Dado: Cidade	Máquina	Ser Humano
Juiz de Fora	Juiz de Fora	Juiz de Fora
JDF	JDF	Juiz de Fora
J Fora	J Fora	Juiz de Fora
JF	JF	Juiz de Fora
Manchester Mineira	Manchester Mineira	Juiz de Fora

Fonte: o autor

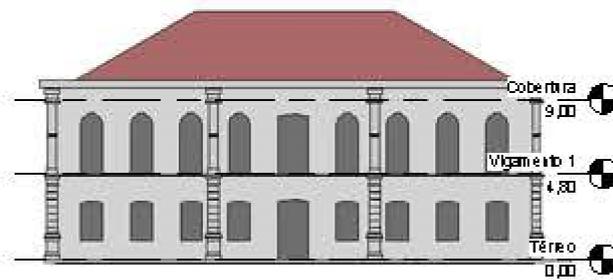
O exemplo anterior é essencial para o entendimento da importância das famílias paramétricas. Até este ponto, a família de pilares recém criada não necessitou de parâmetros de entrada, isto ocorreu pelo fato que os objetos criados foram desenvolvidos exclusivamente para o projeto em questão e também por não serem o foco do estudo. Apesar de terem sido usados em vários pontos do design, características de altura, largura e posição não são necessariamente relevantes para essa pesquisa.

Outras famílias como a de abertura de portas e abertura de janelas também foram criadas. Os objetivos destas, apesar de similar a dos pilares, se diferenciaram pelo fato de servirem também como referências visuais a alocação da futura família de anomalias.

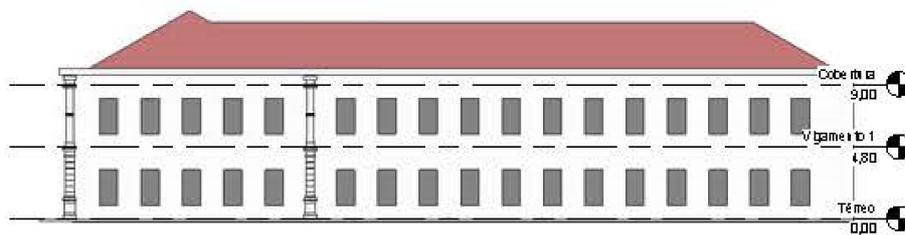
A Figura 27 (A - D) apresentam a fachada frontal, lateral e a perspectiva do palacete, respectivamente. Já modeladas em volume.

Uma vez criada e representação básica do estudo de casos, torna-se possível a implementação do próximo passo. Apesar processo de criação das famílias acontecer de maneira independente de projeto, neste estudo torna-se imprescindível a criação dos elementos hospedeiros para que a apresentação se torne mais fiel à prática cotidiana.

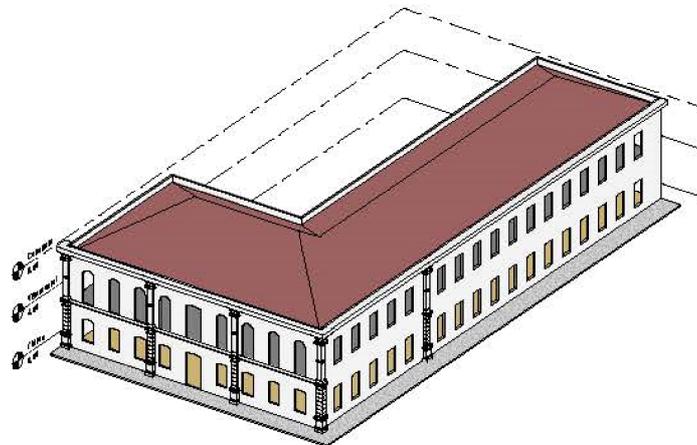
Figura 27: identificação da fachada do palacete



(A) Fachada Frontal do Palacete



(B) Fachada da Rua Braz Bernardino



(C) Vista 3d do modelo simplificado



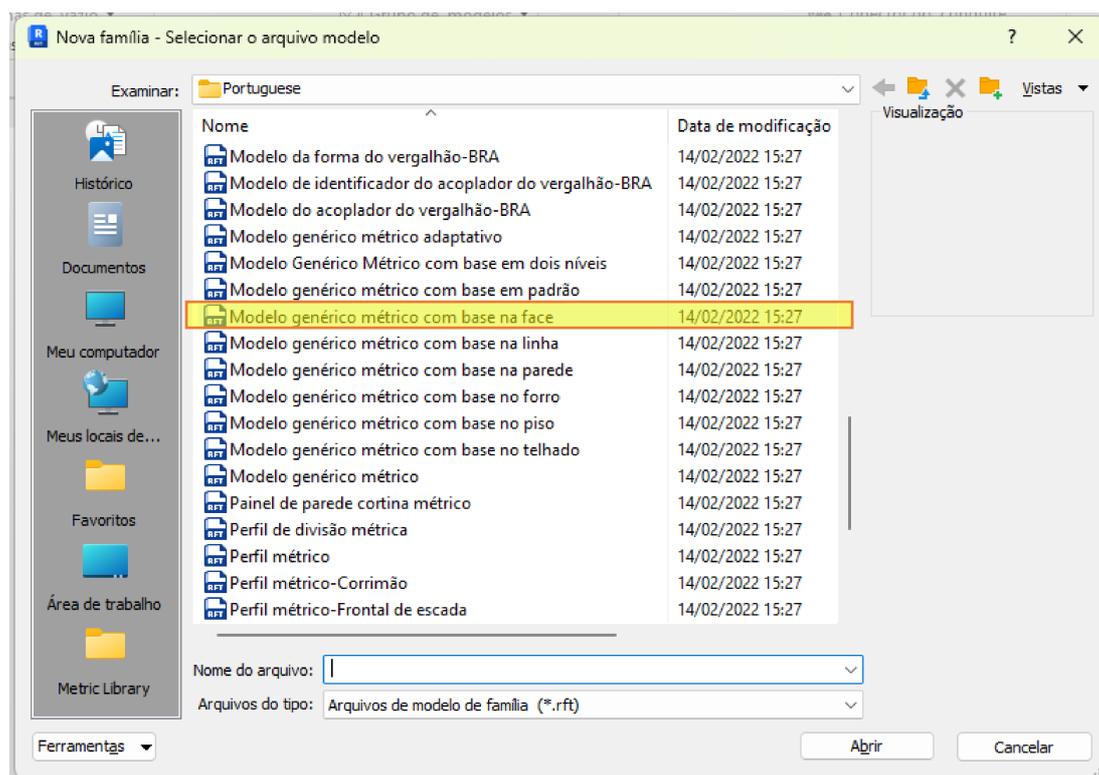
(D) Imagem com renderização simplificada

3.2.2. Criação da Família de Anomalias

A criação da família de anomalias, o ponto central deste trabalho, foi rodeado de cuidados, dos quais sabe-se, que ainda foram mínimos perante todos os procedimentos, critérios e requisitos que a padronização de uma versão oficial precisar passar. Vale lembrar ainda que no transcurso da elaboração das famílias percebeu-se que alguns parâmetros apontados na seção 3.1, seriam mais bem alocados na estrutura dos parâmetros de projeto e não em uma família usada em tipos ou instâncias.

Lançando mão de recursos do AR, desta vez no ambiente de criação de famílias a primeira questão é apresentada acerca da forma à qual tal classe necessitará ser hospedada. O AR apresenta ao usuário um elenco considerável de formas de aderência das famílias. A Figura 28 apresenta algumas delas através da janela “Nova Família”. Este momento define a forma que o objeto vai se comportar quando atrelado ao seu hospedeiro.

Figura 28: Janela de escolha de famílias



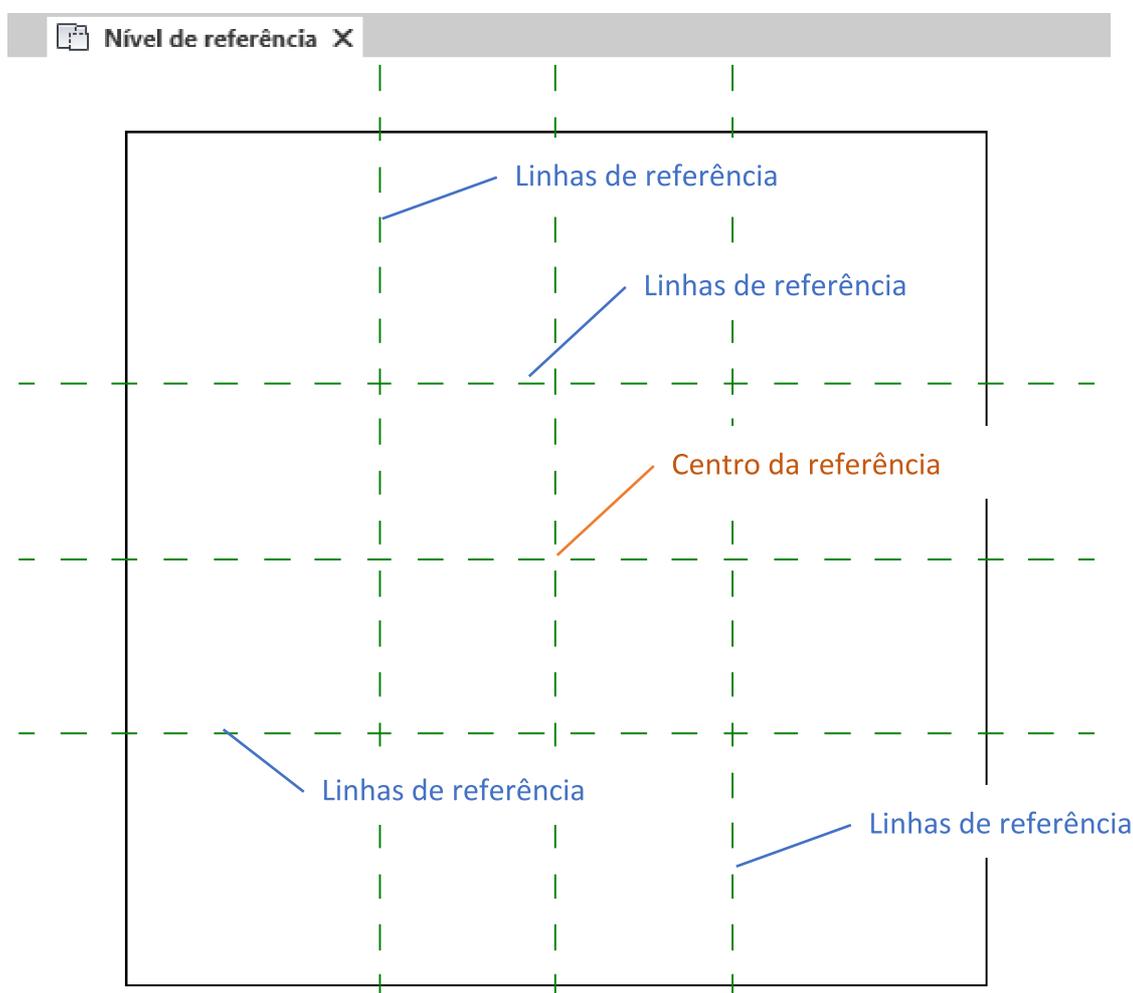
Fonte: reprodução adaptada pelo autor

Considerações iniciais realizadas faz importante uma releitura do tipo de anomalias estudada – Umidade e seu local-foco desta pesquisa – Fachadas. Acredita-se que seja pacificada a questão de que a manifestação estudada se apresente nas superfícies dos acabamentos, sejam eles internos, externos, pintados ao apenas emboçados.

Partindo desta premissa optou-se um tipo de modelo fixado pela face do hospedeiro. Tal modelo permite que a família seja alocada não só em objetos verticais – vedações verticais como também em pisos como em tetos. Claramente a melhor opção considerando que unidades percoladas e condensadas, por exemplo, podem facilmente se estender perifericamente e alcançar os elementos próximos ao seu foco inicial tanto em planos horizontais, verticais quanto oblíquos.

O ambiente de trabalho inicial para elaboração de família aderida à faces é, como de praxe, gráfico com a apresentação de um hospedeiro “face”, vide Figura 29. Tal ambiente permite modelar os parâmetros gráficos assim como os parâmetros os não geométricos.

Figura 29: Ambiente de elaboração da família baseado em face



Fonte: adaptada pelo autor

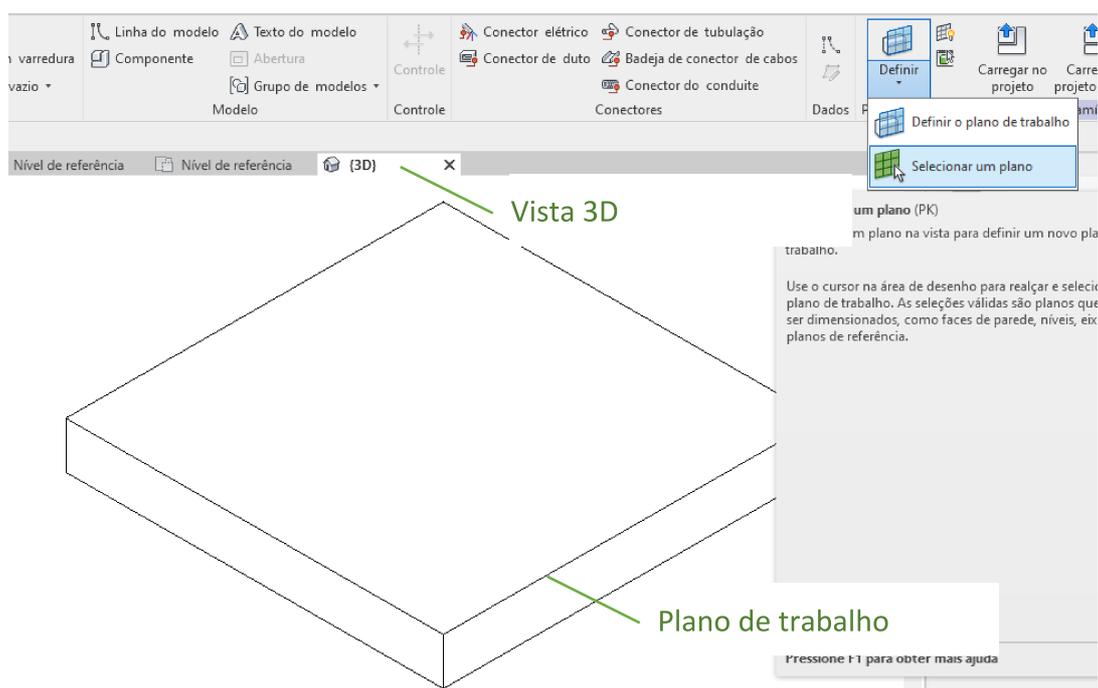
Intuitivamente o ambiente concomitante com suas ferramentas induz o usuário aos parâmetros essenciais a maioria dos objetos, ou seja, suas dimensões. O AR disponibiliza uma gama considerável de vistas de projeto, porém a primeira disponibilizada é a vista

do nível de referência. Essa vista considera o observador em frente ao hospedeiro e permite o traçado geométrico da largura e altura do objeto.

As linhas de chamadas apresentadas na Figura 29 necessitam ser colocadas devido ao fato da família possuir dimensões parametrizadas com valores impostos pelo usuário. Para que este recurso se torne disponível ainda é indispensável a inclusão das cotas paramétricas. As medidas apresentadas por estas serão atreladas ao banco de parâmetros para que respondam simultaneamente quando do dimensionamento em planta.

Uma vez que as referências de largura e altura iniciais da família foram atribuídas, insere-se a forma quadrada usando a ferramenta de extrusão. Vale lembrar que o AR considera como padrão a origem central dos eixos X, Y e Z portando, da forma como configurado, o elemento criado a partir desta família será instanciado “dentro” do hospedeiro e não em sua face como desejado, para ultrapassar este obstáculo necessitou-se alterar o plano de trabalho para a face do hospedeiro usando a ferramenta homônima na vista 3D, vide Figura 30.

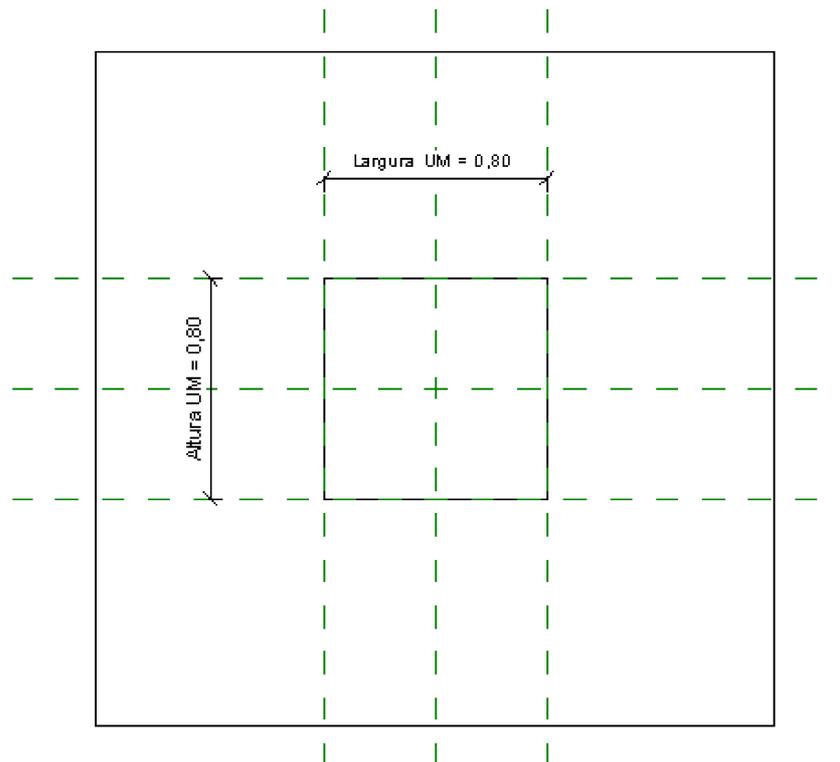
Figura 30: Vista 3D e alteração do plano de trabalho



Fonte: adaptada pelo autor

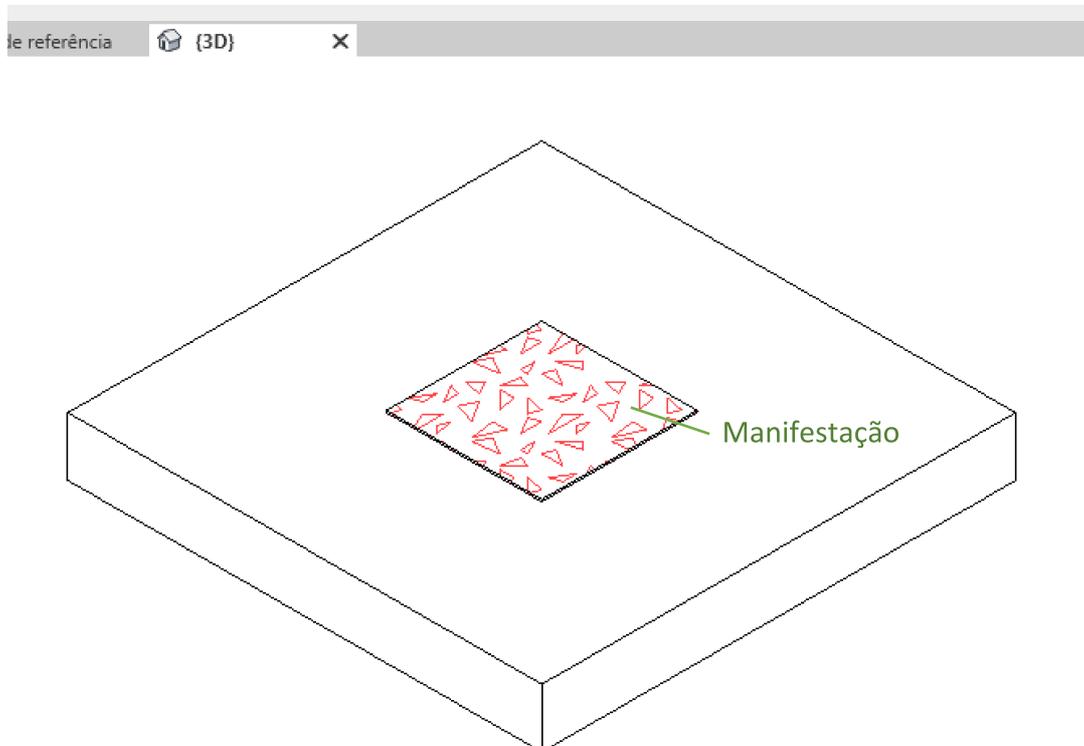
Os resultados podem ser vistos nas Figuras 31 e 32. Faz-se necessário ainda o ajuste a espessura da extrusão de forma a compatibilizá-la com a estrutura tridimensional. Como a intenção é criar uma medida que simplifique sua alocação, mas que ao mesmo tempo não traga problemas no processamento do modelo, opta-se por trabalhar com uma espessura padrão de 1mm (0,01m).

Figura 31: Instalação de cotas paramétricas de largura e altura



Fonte: adaptada pelo autor

Figura 32: Representação 3D da anomalia



Fonte: adaptada pelo autor

Neste ponto do desenvolvimento nota-se uma limitação que não poderia ser deixada de lado sem uma observação. Durante o desenvolvimento geométrico notou-se que os limites geométricos dos objetos que são instanciados necessitam serem regulares, ou seja, poderão possuir largura e altura definidas pelo usuário, mas dependentes de um formato regular, fato que vai de encontro ao que se constata em vistorias, onde as manifestações possuem formatos peculiares únicos. A solução para este caso é a sobreposição do objeto em dimensões regulares aproximadas.

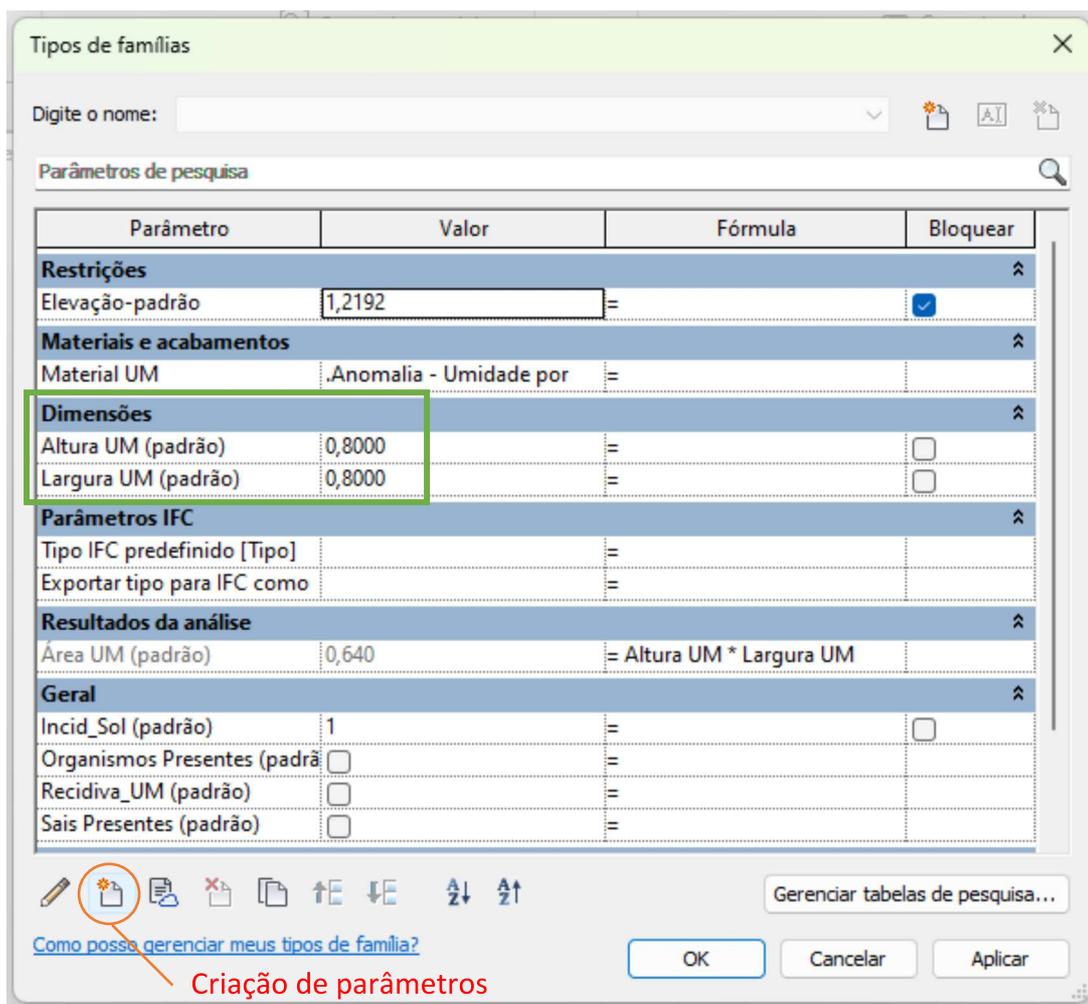
Para a inserção e ajuste dos primeiros parâmetros (largura e altura) da manifestação é necessário alguns cuidados especiais um dos primeiros é a necessidade de se criar um parâmetro compartilhado e não apenas um parâmetro de família. Isto porque parâmetros de família não podem ser utilizados em tabelas de dados. Apesar de não ter sido comentado até aqui, as tabelas de dados (TD) são o cerne de todo o processo. Uma tabela de dados reúne todas as informações básica para a geração de valor gerencial, por isso é de boa praxe, organizar uma TD com todos os dados já processados ou, ao menos, que facilitem um refinamento futuro.

Diante do exposto, um parâmetro compartilhado é criado com o auxílio de um arquivo de parâmetros compartilhados (Anexo III - Esquema simplificado do diagrama de classes). Tal recurso suprime a limitação existente nos parâmetros de família e passa a permitir a inclusão de parâmetros de largura e altura nas TD. Como já se pode deduzir, esses dois dados, por si só, já poderão permitir definir informações importantes como a extensão superficial de danos e nortear as equipes quanto custos de materiais básicos de recuperação, como tintas e argamassas.

Presumidamente é boa prática organizar todos os parâmetros personalizados com um método particular e bem-organizado. Não existe para esta situação um manual ou norma formalmente definida, desta forma, procurou-se aqui trabalhar com o nome do parâmetro seguido do sufixo “_UM” orientando para informações ligadas à umidade, assim “Largura_UM” e “Altura_UM” foram inicialmente delineados.

A ferramenta apropriada para a criação de parâmetros localização na guia Criar > Propriedades > Tipos de família as figuras a seguir ilustram como o caminho percorrido para o procedimento (Figura 33).

Figura 33: Janela de apresentação de parâmetros



Fonte: adaptada pelo autor

A Figura 33 apresenta as dimensões de largura e altura já incluídas, ratificando que elas figuram como parâmetros compartilhado e não simplesmente parâmetros de família. A seguir é apresentado registro da janela de criação de um parâmetro, Figura 34.

Por se tratar de dados que serão usados para a geração de informações, ou seja, serão usados em tabelas, necessita-se que sejam classificados como parâmetros compartilhados. Já os botões de opção de “tipo” e “instância” possuem outro propósito, servem para orientar o sistema sobre o comportamento do parâmetro sobre todos os elementos de um determinado tipo ou isoladamente em um único elemento (instância). Mais à frente será demonstrada a eficiência desta questão e seus resultados dentro da TD.

Buscando-se ainda outras informações que são particulares de uma manifestação outro parâmetro de família foi criado para indicar a incidência solar sobre o mesmo. Criou-se uma escala ponderada com fatores de 1-3 para a incidência solar, sendo 1 “fraca” e 3 “Intensa”. Infelizmente o ambiente de trabalho do AR ainda é bem limitado para uma

programação visual ou procedural mais detalhada, por isso a forma de se classificar foi registrada em um campo de dicas para auxiliar usuários. Adiante, deixou-se registrada a importância da existência de uma ferramenta de formulário tipo Combo-box. Tal ferramenta limitaria a escolha do usuário apenas a valores assimiláveis pelo programador ou sistema ao passo que uma escolha fechada reduziria consideravelmente entropias de processamento.

Figura 34: Configuração de parâmetros

Propriedades de parâmetros

Tipo de parâmetro

Parâmetro de família
(Não pode aparecer em tabelas ou identificadores)

Parâmetros compartilhados
(Pode ser compartilhado por múltiplos projetos e famílias, exportado para ODBC, e aparecer em tabelas e identificadores)

Selecionar... Exportar...

Dados de parâmetro

Nome:

Disciplina:

Tipo de parâmetro:

Parâmetro de grupo em:

Descrição da dica de ferramenta:
<Nenhuma descrição de dica de ferramenta. Edite este parâmetro para gravar

Tipo

Instância

Parâmetro do relatório
(Pode ser utilizado para extrair o valor de uma condição geométrica e incluir em uma fórmula, ou como um parâmetro de tabela)

[Como posso criar os parâmetros de família?](#)

OK Cancelar

Fonte: adaptada pelo autor

Adicionalmente foram adotados mais três parâmetros de SIM/NÃO (booleanos). O primeiro para indicar a presença de micro-organismos, o segundo para a presença de sais minerais junto à manifestação e outro para indicar se ela é recidiva.

Importante lembrar que a plataforma de uso permite lista quase inumerável de parâmetros que podem ser criados. No entanto, para efeito desta pesquisa, apresentou-se um resumo dos mesmos apenas para indicar algumas limitações técnicas e a forma como, com poucos dados inseridos, poderão ser geradas informações essenciais ao projeto.

3.2.3. Criação da Família de Vistorias

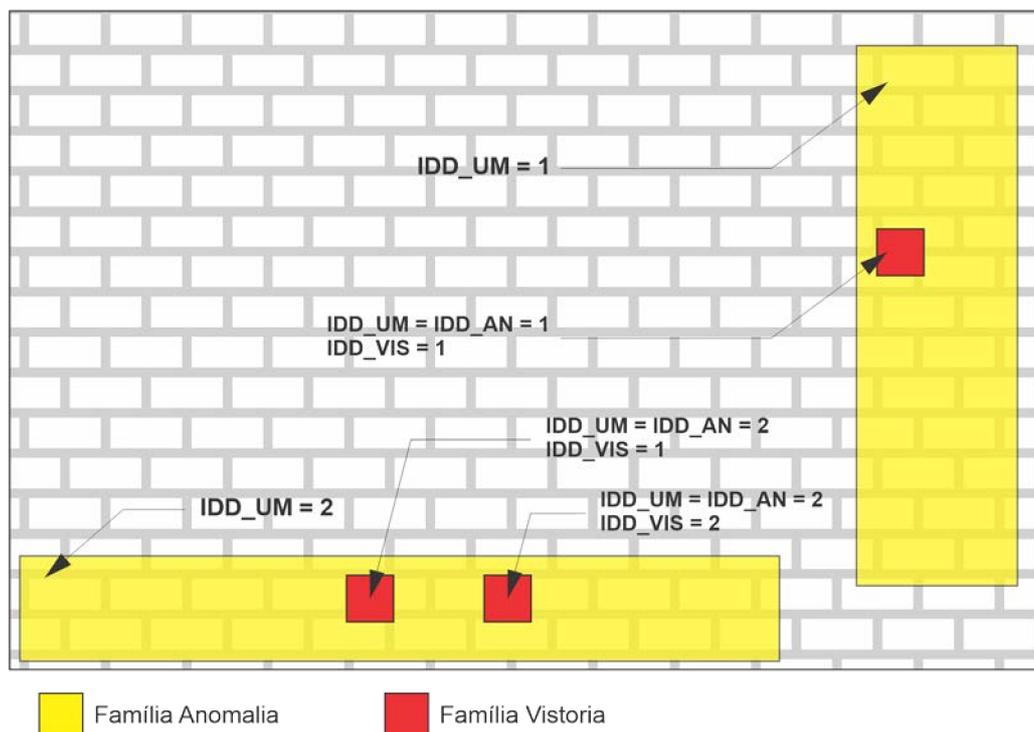
A criação da família de anomalias, por si apenas, já permite a identificação e a análise de algumas informações fundamentais. Porém, complementarmente, partiu-se da ideia de família de vistoria que permitisse o controle de cada manifestação encontrada. O objetivo principal na criação desta família é o de observar e controlar a evolução de cada manifestação de forma a constatar recidivas, diagnósticos ou tratamentos errôneos ou sem efeito.

Embora exaustivamente procurado, não foi encontrado um parâmetro que permitisse a identificação da família hospedeira (Anomalia) de um elemento (Vistoria), portanto, alternativamente, criou-se um parâmetro chamado de `IDD_UM` com a missão de ser um campo chave, exclusivo e incremental. De passagem, vale lembrar que o AR não possui ferramenta nativa para auto incrementação de parâmetros, existem sim complementos que podem fazer um papel similar de forma grosseira, porém como o escopo deste trabalho é de utilizar o ambiente nativo de modelagem, optou-se por não se valer deste recurso.

É importante relembrar aqui a natureza de relação “um para muitos”, figurado neste problema como “uma manifestação para muitas vistorias”. Essa ligação é importante para apontar na TD a quais anomalias pertencem cada vistoria. Longe do ideal, essa “chave” foi inserida de forma manual em cada elemento “anomalia” e exposto por legendas personalizadas retiradas do banco de dados do AR apenas para efeito mais didático.

A Figura 35 ilustra a situação ideal trabalhada, também apresentada no modelo geral da Figura 21.

Figura 35: Alocação das famílias de anomalia e vistoria



Fonte: O autor

Como forma de facilitar a interpretação dos dados que devem ser extraídos do esquema desenhado na ilustração acima, foi elaborada as tabelas de dados das duas classes, apenas com os campos-chave necessários para gerar o vínculo de informação necessário, ignorando outros dados complementares.

Tabela 1 – Campos chave da classe Anomalia

Nome do Campo	Aponta para...	Características
IDD_UM	-	Número, exclusivo, incrementável, primária

Na classe vistoria podem ser identificados dois campos sendo um deles o próprio identificador e outro, relativo ao vínculo entre as classes ()

Tabela 2 – Campos chave da classe Vistoria

Nome do Campo	Aponta para...	Características
IDD_VIS	-	Número, exclusivo, incrementável, primário
IDD_AN	Anomalia > IDD_UM	Número, secundária

Desta forma, depois de adicionados os elementos de anomalias e suas respectivas vistorias, será possível gerar uma TD semelhante à abaixo, baseada na Figura 35.

Tabela 3 – Classe Anomalia

IDD_UM	Outros Campos Registrados
1	XXX
2	XXX

Tabela 4 – Classe Vistoria

SEQ	IDD_VIS	IDD_AN	Outros Campos Registrados
1	1	1	XXX
2	1	2	XXX
3	2	2	XXX

Uma vez explicado a importância de um parâmetro de identificação dos elementos além da necessidade de um recurso de autoincremento e decremento. Procede-se com a elaboração da nova família com características e básicas ao controle da manutenção.

Inicialmente levantaram-se como essenciais: identificação da vistoria, data da vistoria, CREA-Vistoria, Número da vistoria na manifestação, Hora de início, Hora de Fim ocorrência, além de campos lógicos para resolução completa, recidiva, entre outros parâmetros que se fizerem necessários. A implementação dela foi realizada da mesma forma que da primeira família.

O resultado da criação da segunda família foi apresentado conjuntamente com a primeira em um protótipo digital registrado nas Figuras 36 e 37, adiante também são apresentadas as tabelas de dados da família de anomalias com seus respectivos tipos e da família de vistoria com seus relacionamentos.

Figura 36: Vista 2D, em elevação, das anomalias e Vistorias em protótipo

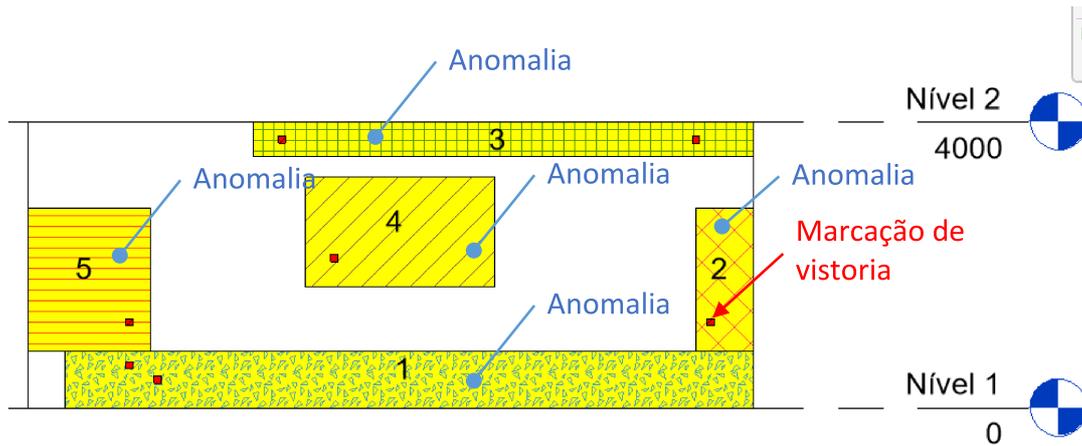
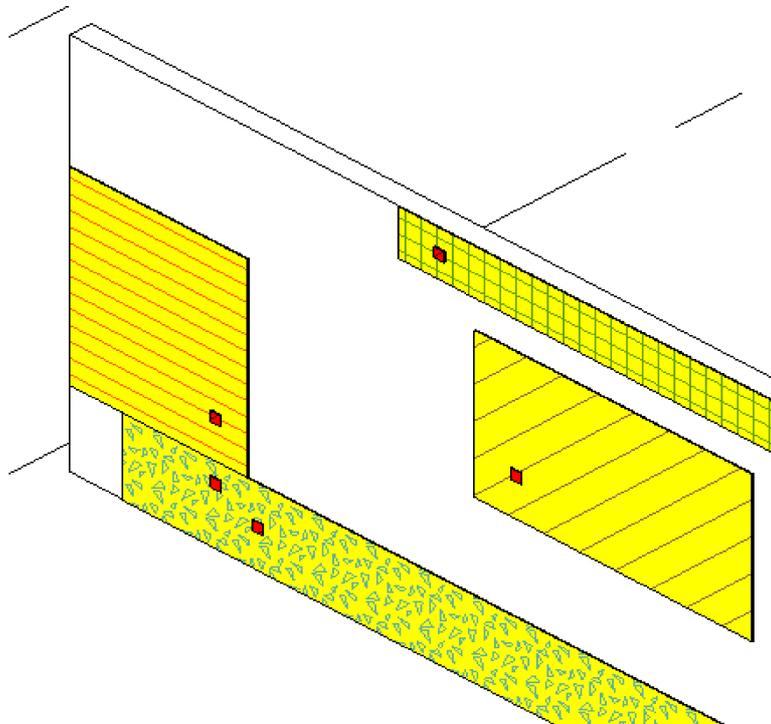


Figura 37: Vista 3D parcial de anomalias e vistorias em protótipo



Fonte: O autor

A seguir são apresentadas as tabelas de dados ainda sem tratamento para os relatórios. Estas TD são apresentadas em formato de imagem por se tratarem de impressões de tela dentro do ambiente do AR.

Tabela 5: Tabela de Manifestações do Protótipo

<Tabela de Manifestações>										
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
IDD_UM	Familia	Tipo	IfcGUID	Altura UM	Largura UM	Incid_Sol	Área UM	Organismos Prese	Recidiva_UM	Sais Presentes
3	Anomalias	Acidental	3ukKcD6iz7	474	6968	1	3 m²	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
2	Anomalias	Percolada	3ukKcD6iz7	2000	800	1	2 m²	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	Anomalias	Construtiva	3ukKcD6iz7	1532	2644	1	4 m²	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5	Anomalias	Condensada	3ukKcD6iz7	2000	1700	3	3 m²	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1	Anomalias	Capilarizada	3ukKcD6iz7	800	9594	1	8 m²	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Tabela 6: Tabela de Vistorias do Protótipo

<Tabela de Vistorias>										
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	
Familia	SEQ_VIS	IDD_VIS	IDD_AN	DT_VIS	HR_IN_VIS	HR_FN_VIS	CREA_VIS	REC_VIS	RES_VIS	
Vistoria	1	1	1	06062022	0915h	1127h	456872	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Vistoria	2	1	2	06062022	0915h	1127h	456872	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Vistoria	4	1	3	06062022	0915h	1127h	456872	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Vistoria	3	1	4	06062022	0915h	1127h	456872	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Vistoria	5	1	5	06062022	0915h	1127h	456872	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Vistoria	6	2	1	17052023	1300h	1320h	87965	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Vistoria	7	2	3	17052023	1300h	1320h	87965	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	

Fonte: O autor

Nas próximas seções é apresentado um dos possíveis tratamentos dos dados retirados das tabelas, de forma especial, das tabelas oriundas deste estudo de casos.

3.3. Implementação dentro do Estudo de Casos

A verificação prática do objeto da pesquisa é o estudo de caso. É com esse objetivo, que esta seção foi dedicada. A implementação de um modelo paramétrico não teria muito sentido se não pudesse ser antes experimentado e colocado à apreciação de sua eficácia.

Passa-se se então à apresentação de *prints* do projeto arquitetônico do Palacete Santa Mafalda, com os implantes de manifestações já inseridos e com detalhamento do *modus operandi*.

A ilustração a seguir é uma atualização da Figura 27 já com ambas as famílias de manifestações e vistoria carregadas embora até aqui, ainda não tenha sido inserida qualquer vistoria, no entanto, uma vistoria de fachada, sem cunho legal, tenha sido realizada em 12/12/23, apenas para constatar alterações nos elementos e trazer um recurso mais imersivo à implementação.

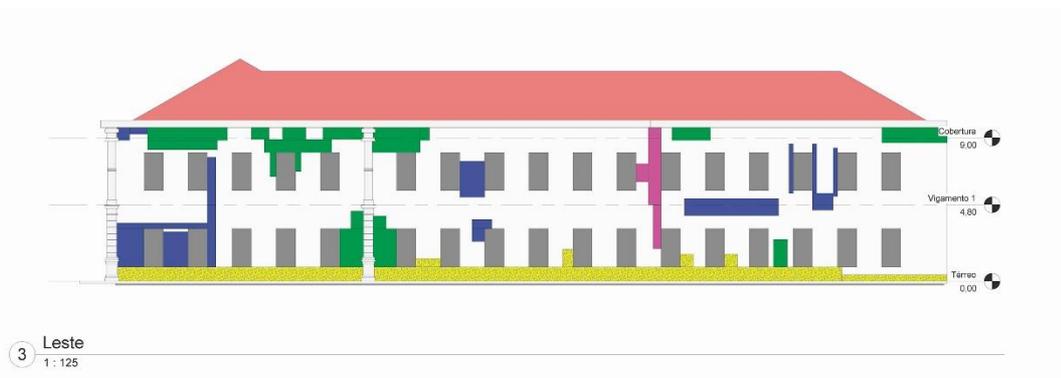
Figura 38: Representação 2D e 3D das manifestações nas fachadas



Fonte: O autor



Fonte: O autor



- Umidade Ascensional
- Umidade Percolada
- Umidade Acidental
- Umidade Percolada de Obra

Fonte: O autor

Na Figura 38-2 notam-se legendas numeradas em cada uma das representações de anomalia. Infelizmente, devido às limitações dimensionais deste documento não foi possível apresentar as mesmas legendas na Figura 38-3. Porém as mesmas são manualmente inseridas de forma sequencial para facilitar sua identificação.

Com o sucesso na aderência da família de anomalias, o segundo passo era identificar locais posteriores à reforma que pudessem apresentar recidivas, desta forma, procedeu-se com visita técnica ao edifício para constatação de quaisquer recorrências. A Figura 39 apresenta as imagens atuais (dezembro/ 2023) após os serviços de reparo e restauro.

Figura 39: Fotos das anomalias presentes após reparo e restauro

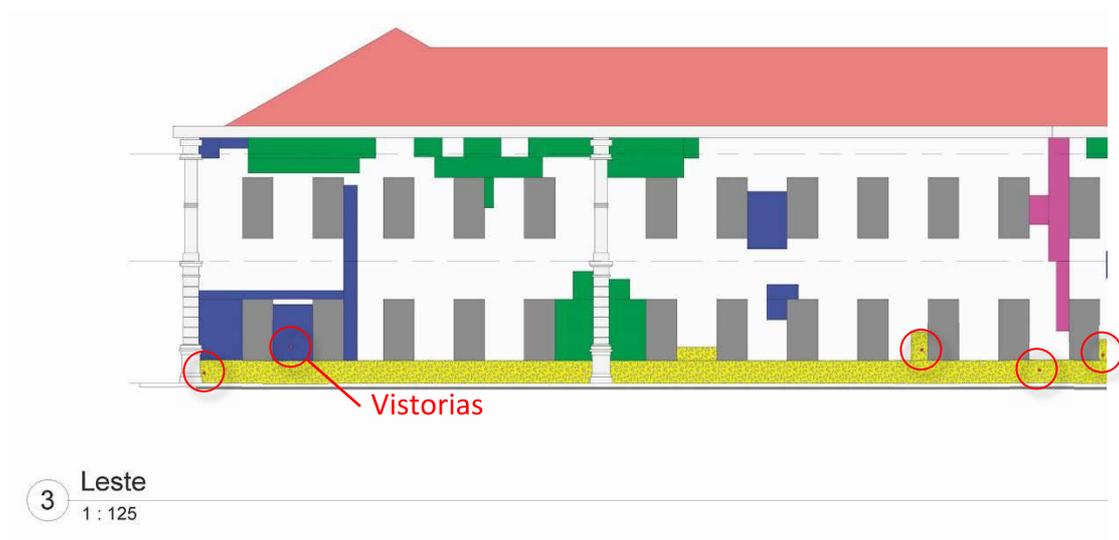


Fonte: O autor

Conforme verificado *in loco*, alguns locais sujeitos à reforma de 2021 apresentaram recidiva de infiltrações (presença de umidade), em sua maior parte por capilaridade. O que pode ser ratificado nas imagens de ajuste da vistoria, agora no modelo.

Uma vez realizada a vistoria pós-reforma (restauro) e constatadas as intercorrências, procedeu-se com os registros, agora definidos pela família vistoria. Vale ressaltar que o AR permite o carregamento de múltiplas famílias simultaneamente. Este recurso foi utilizado para “subir” as famílias de anomalias e vistoria. A vistoria acusou recidivas apenas em elementos da fachada leste, assim sendo, a nova atualização do projeto será conferida apenas nesta vista.

Figura 40: Inserção de vistorias



Fonte: O autor

Com as famílias já posicionadas tornou-se possível a geração das tabelas de dados. É importante notar que todos os parâmetros compartilhados estão disponíveis para a criação de qualquer tabela personalizada. Dentre as opções escolheu-se os campos de família e tipo para facilitar a filtragem de elementos específicos destas.

A criação de uma tabela de dados pode ser feita de forma bem simples, porém, como as famílias criadas, e seus respectivos parâmetros são modelos genéricos, é necessário selecionar a opção de “modelos genéricos” para sua modelagem”.

Foram criadas duas tabelas, a primeira relativa os dados de manifestações e a segunda com informações de vistoria. Nesta última uma coluna de chave primária para a ligação com a primeira.

A seguir são apresentadas as duas janelas de configuração das tabelas de dados (Figuras 41 e 42).

Figura 41: Geração de tabelas

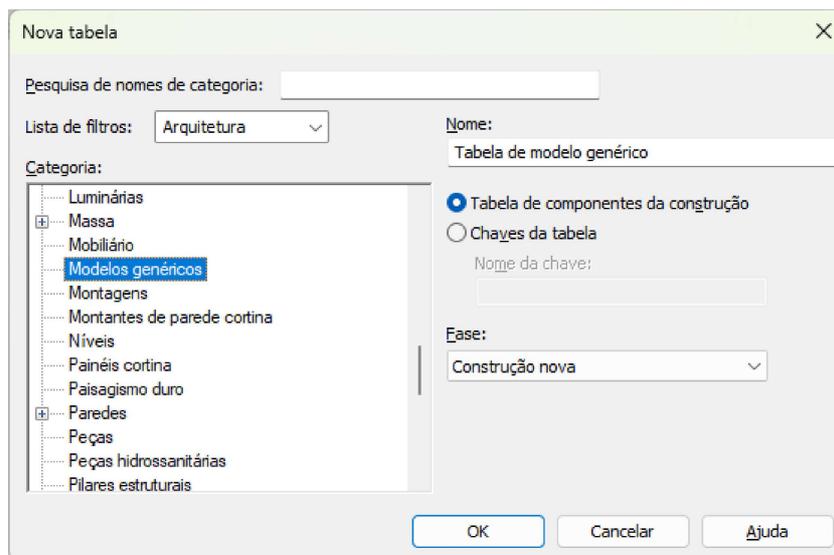
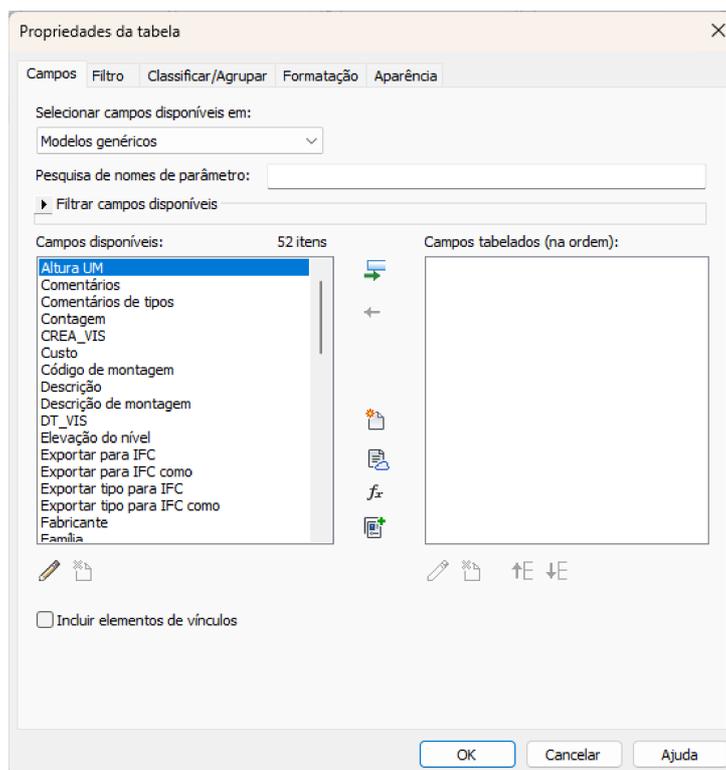


Figura 42: Escolha dos parâmetros de uma tabela



Fonte: Adaptado pelo autor

As tabelas de dados geradas são apresentadas sob a forma de imagens nas Figuras 43 e 44.

Figura 43: Tabela de Manifestações

<Tabela de Manifestações>									
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
Família	Tipo	IDD_UM	Altura UM	Largura UM	Área UM	Incid_Sol	Organismos Presentes	Sais Presentes	Recidiva_UM
Anomalias_UM	Capilarizada	1	0,38	8,30	3 m²	2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Anomalias_UM	Percolada	1	3,90	0,53	2 m²	1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Anomalias_UM	Capilarizada	2	0,38	3,27	1 m²	2	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Anomalias_UM	Capilarizada	3	0,38	3,37	1 m²	2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Anomalias_UM	Capilarizada	4	0,38	8,40	3 m²	3	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Anomalias_UM	Percolada	5	0,55	0,80	0 m²	2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Anomalias_UM	Percolada	6	1,54	1,30	2 m²	2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Anomalias_UM	Percolada	7	0,60	1,00	1 m²	2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Anomalias_UM	Percolada	8	0,35	0,80	0 m²	2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Figura 44: Tabela de vistorias

<Tabela de Vistorias>									
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
Família	SEQ_VIS	IDD_VIS	IDD_AN	CREA_VIS	DT_VIS	HR_IN_VIS	HR_FN_VIS	REC_VIS	RES_VIS
Vistoria	1	1	47	0	11122023	0800h	0815h	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Vistoria	4	1	72	0	11122023	0800h	0815h	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Vistoria	5	1	59	0	11122023	0800h	0815h	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Vistoria	2	1	46	0	11122023	0800h	0815h	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Vistoria	3	1	66	0	11122023	0800h	0815h	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Fonte: Adaptado pelo autor

3.3.1. Tratamento dos dados e da Informação

A partir da tabela de dados gerada no AR, pode intercambiar as informações para diversas aplicações. Vale ressaltar que a criação de tabelas de dados não é um pré-requisito para a criação de um arquivo IFC. Todas as informações criadas a partir do modelo já são suficientes para essa tarefa. No entanto, um dos objetivos do trabalho é o de demonstrar o “valor” da informação gerada. Por isso enfatizou-se a geração dos arquivos CSV que permitem, por exemplo, sua importação para o Microsoft Excel (MSE), uma ferramenta importantíssima para a tratamento, apuração e detalhamento das informações.

Um fragmento do arquivo CSV pode ser verificado junto ao Anexo V – Arquivo CSV da tabela de dados de vistoria.

4 Resultados e Análises

Este capítulo procura descrever de forma capitulada as dificuldades encontradas em cada etapa da fase de desenvolvimento e implementação do modelo parametrizado, em seguida, relata-se a experiência de uso desta “classe” dentro do estudo de caso apresentado anteriormente para, finalmente, apresentar alguns exemplos de relatórios gráficos e de tabelas de dados que podem ser geradas além do resultado de sua exportação para uma planilha eletrônica, de forma que suas informações possam ser ainda mais refinadas.

4.1. Dificuldades e limitações na implementação

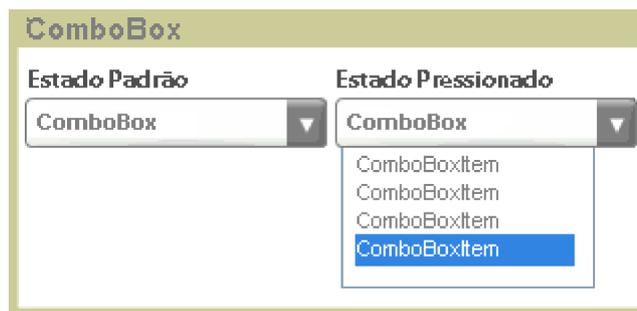
Infelizmente as limitações dentro das ferramentas existentes para se montar uma família de manifestação patológica ainda são muitas, como segue:

A primeira dificuldade encontrada foi na adaptação do modelo de dados das classes anteriormente mencionadas para um modelo de dados paramétrico, porém, antes de aprofundar nesta questão, vale a reflexão do “por quê” os modelos de classes foram apresentados.

Quando se trata de informação, em particular dentro desta pesquisa, considerou-se a ideia de um planejamento simplificado, da criação de uma relação de categorias que permitissem a alocação de informações com conteúdo também parametrizado. No entanto não foi possível implementar conteúdos parametrizados de maneira eficiente sob a ótica tradicional de abordagem. O primeiro embate é inexistência objetos de formulários, como um objeto tipo combo-box (Figura 45), no qual informações padronizadas, de escolha limitada do usuário, poderiam ser inseridas pelo programador. Este elemento de formulário facilitaria e permitiria um processamento seguro sobre, por exemplo, o tipo de anomalia que acomete determinadas áreas da construção.

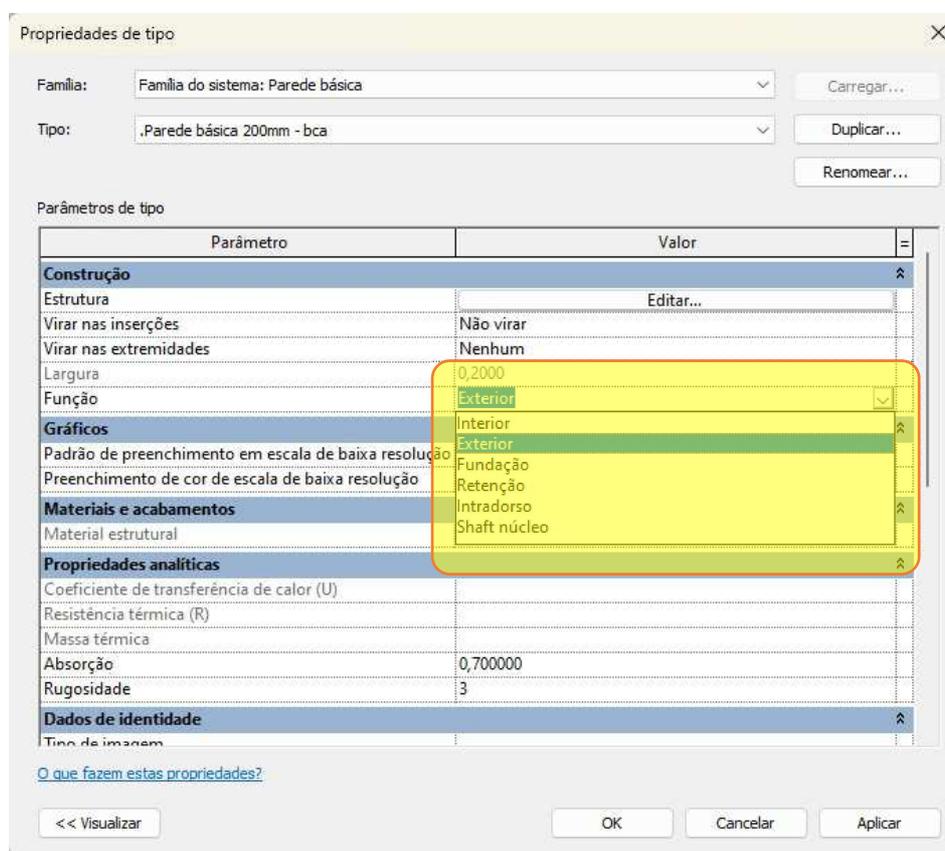
A interface do AR oferece o elemento dentro do algoritmo nativo, porém não dispõe tal funcionalidade na janela “Tipos de Família” para o programador, então trabalhou-se a alternativa de usar valores booleanos para certos parâmetros considerados essenciais na elaboração da família. Posteriormente alternou-se a técnica migrando para a abordagem de tipos múltiplos fazendo que os elementos pudessem se padronizar dentro da escolha do tipo e não da instância. A Figura 46 apresenta algumas das opções listadas quando da elaboração dos parâmetros.

Figura 45: Elemento de formulário tipo combo-box



Fonte: O Autor

Figura 46: Elemento Combo-box nativo - AR

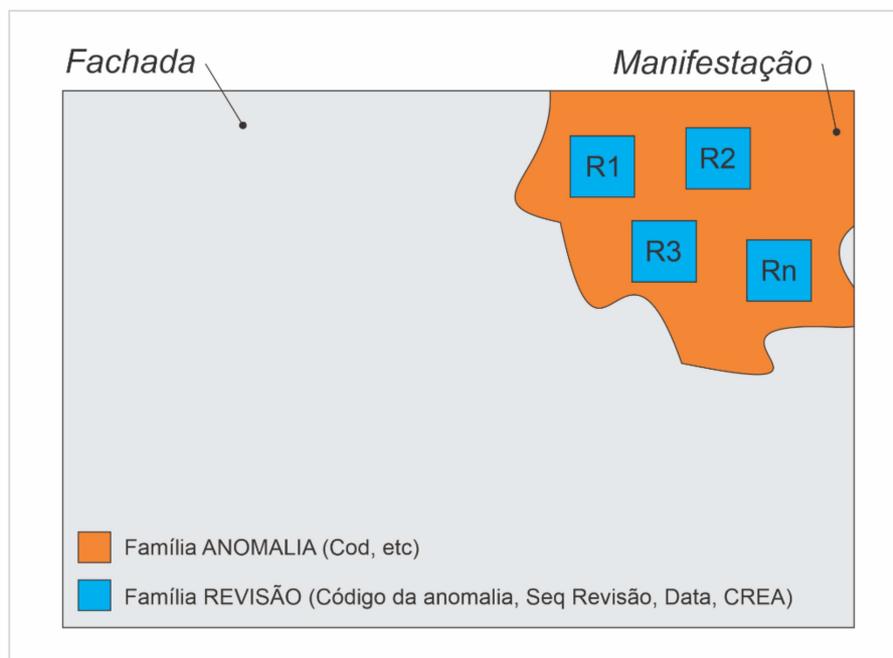


Fonte: Adaptado pelo autor

Diversas outras limitações também foram encontradas como a dificuldade de se criar um campo parametrizável auto incrementável. Esta opção é particularmente importante no processo de exportação, para outras aplicações de cálculos que não compartilham BIM, como o MSE por exemplo. Apesar de irrelevante em primeira análise, a identificação de múltiplos registro de uma mesma manifestação ocorrida em épocas diferentes seria muito facilitada através de um campo que pudesse ser incrementado à medida que a família “anomalia” fosse inserida. Uma solução grosseira e ainda extremamente manual é a

inserção da família “Revisão” ou “Vistoria” com parâmetros compartilhados para tabelas de dados com informações de data e número da revisão por exemplo. Estas últimas seriam sobrepostas às primeiras e poderiam ser identificadas através das tabelas gerando estatísticas de revisões. A Figura 47 apresenta um esboço de como poderia ser a solução.

Figura 47: Esboço Família de Anomalia x Família de Revisões



Fonte: Adaptado pelo autor

Na imagem anterior fica ilustrada a ideia de uma manifestação recidiva – com todos seus respectivos dados – além de três revisões realizadas em épocas diferentes. O objeto “R_n” apenas ilustra a possibilidade da inclusão de outras revisões.

Outra observação é a impossibilidade de se criar regras para todos os tipos de parâmetros. Diante da impossibilidade de criar um elemento combo-box para escolha optou-se por se criar um parâmetro condicional, no qual um determinado parâmetro deveria assumir um valor, caso determinado material fosse selecionado. Tal tentativa se mostrou improcedente visto que a interface do AR somente permite a programação de parâmetros com naturezas iguais às dos seus escopos e, além disso, somente com de tipos “texto” ou “lógico”. No entanto não se pode generalizar esta limitação para todos os programas, visto que outros softwares podem já oferecer tal recurso de forma nativa. Uma solução encontrada foi a criação de tipos para a mesma família com a variação do escopo de tipo de patologia e material empregado.

É importante assinalar ainda a dificuldade de criar uma classe (família) com geometria parametrizável irregular, em outras palavras, atualmente pode se criar uma infundável gama de objetos BIM, porém todos precisam ser calcados de geometrias euclidianas regulares como retângulos, círculos e triângulos. A ideia de se criar uma geometria irregular, não em um componente, mas em uma família parametrizável, ainda é complexa para implementação. Desta forma, famílias representadas por desenhos de formas livres (vide Figura 24) de uma aplicação 2D, como Autocad por exemplo, não conseguem ser representadas com fidelidade absoluta em famílias de geometria regular utilizadas no AR.

4.2. Geração de índices de Dados de Controle

Este trabalho foi coroado com um resultado que era esperado, apesar não eximido dos muitos pontos de melhoria, a pesquisa conseguiu apresentar um modo de como dos dados oriundos do controle de manifestações patológicas pode ser gerido visualmente e controlado analiticamente através da geração de dados concisos enriquecido pelos processamentos de planilhas relativamente simples de se produzir e manipular.

Algumas planilhas eletrônicas possuem um arsenal de recursos para facilitar a importação e a atualização de arquivos especiais de intercâmbio de dados. O MSE consegue fazer a importação de dados CSV com perfeição, usando recursos do *Power Query Editor* (PQE) e do *Visual Basic Applications* (VBA).

Entretanto, como não é objetivos delongar-se em técnicas de gerenciamento de dados dentro do MSE, optou-se por usar um recurso simples onde duas linhas de dados, dos arquivos CSV originais criados no AR, são suprimidas manualmente, o procedimento simples consegue eximir várias linhas de código VBA que, aqui, são desnecessárias de serem demonstradas. No entanto, em procedimentos de atualização mais frequentes e com carga maior de dados, passa a ser interessante a implementação do algoritmo de importação em VBA. A Figura 48 apresenta um arquivo CSV original aberta e a indicação das linhas a serem deletadas. Uma vez feito, o arquivo pode ser salvo e fechado.

Figura 50: Tabela de importação (colunas tratadas)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
	Família	SEQ_VIS	IDD_VIS	IDD_AN	CREA_VIS	DT_VIS	HR_IN_VIS	HR_FN_VIS	REC_VIS	RES_VIS	HI_TR	HE_TR	DIFHR_TR	DT_TR	Tipologia_TR	Area_atuar
2	Vistoria	1	1	47	0	11122023	0800h	0815h	Sim	Não	08:00	08:15	0:15:00	11/12/2023	Capilarizada	13,77
3	Vistoria	4	1	72	0	11122023	0800h	0815h	Sim	Não	08:00	08:15	FALSO	FALSO	Capilarizada	0,64
4	Vistoria	5	1	59	0	11122023	0800h	0815h	Sim	Não	08:00	08:15	FALSO	FALSO	Capilarizada	26,25
5	Vistoria	2	1	46	0	11122023	0800h	0815h	Sim	Não	08:00	08:15	FALSO	FALSO	Percolada	3,41
6	Vistoria	3	1	66	0	11122023	0800h	0815h	Sim	Não	08:00	08:15	FALSO	FALSO	Capilarizada	0,69

Fonte: O autor

Por fim, cabe apresentar alguns relatórios gráficos (vide Gráficos 3 - 7) que podem ser extraídos apenas com os poucos parâmetros que foram instaurados, lembrando que o potencial de geração de informação é imenso e que o objetivo inicial era a criação de uma família ainda elementar, base para famílias mais complexas e com um maior horizonte de produtividade. Além dos gráficos são apresentados outros títulos de relatórios que poderão ser elaborados com a implementação do VBA e com o passar do histórico de gerenciamento. Os gráficos 5 e 7 foram simulados, adicionando ocorrências anteriores que não existiram, apenas para gerar informações históricas nos relatórios que permitissem sua elaboração e apresentação.

Exemplos de gráficos gerenciais baseados nas famílias elaboradas

Gráfico 3: Áreas x Tipo de Umidade

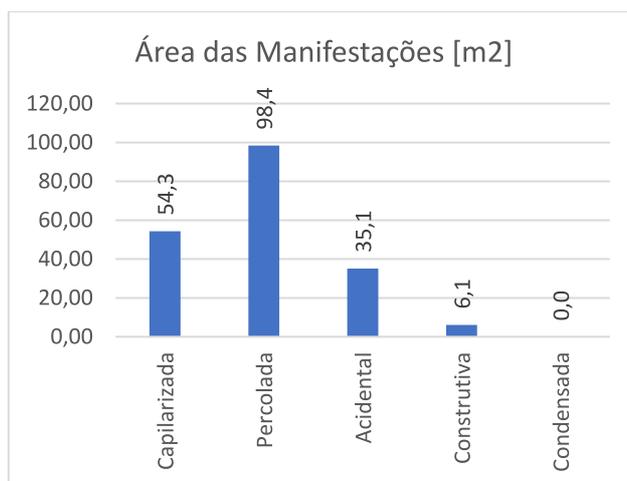


Gráfico 4: Qtd de umidade por tipo

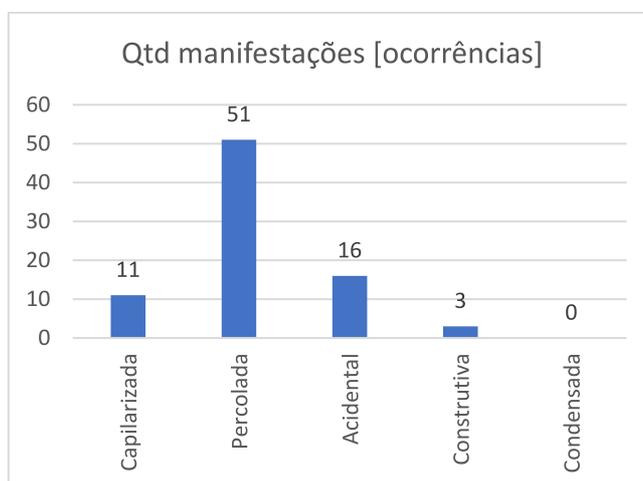


Gráfico 5: Registro das manifestações x Correções



Gráfico 6: Participação das anomalias recidivas no contexto

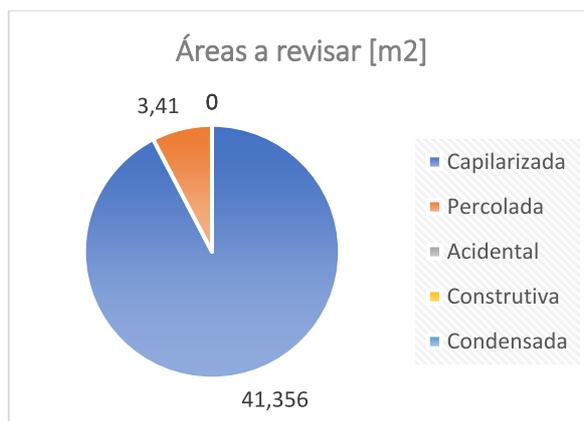


Gráfico 7: Intervalo de tempo entre vistorias



Fonte: O autor

Além dos relatórios gráficos que foram apresentados, outras relações podem ser feitas com o uso das rotinas automatizadas, como:

- Intervalo de vistorias / manutenções por manifestação
- Quantidade de vistorias x Quantidade de Reparos, por Manifestação, por Período
- Relação de profissionais envolvidos em uma determinada manifestação
- Materiais e mão de obra exigidos por manifestação
- Quantidade de recidivas por manifestação por período pré-determinado.
- Manifestações por pavimento por vista
- outras

De tão grande, é complexa a enumeração de todas as correlações. No entanto acredita-se que esteja pacificada a condição que o gerenciamento destas informações não só é possível, como também está no alcance de muitos profissionais do mercado.

5 Conclusões

Esta pesquisa procurou apresentar o advento do BIM e como se tornou um paradigma na indústria de AEC. Em especial, esta metodologia tem sido apontada como uma solução potencial para problemas no ciclo operacional das edificações visto à versatilidade e a amplitude no uso da tecnologia para resolutividade de obstáculos até então complexos de serem resolvidos com processos tradicionais.

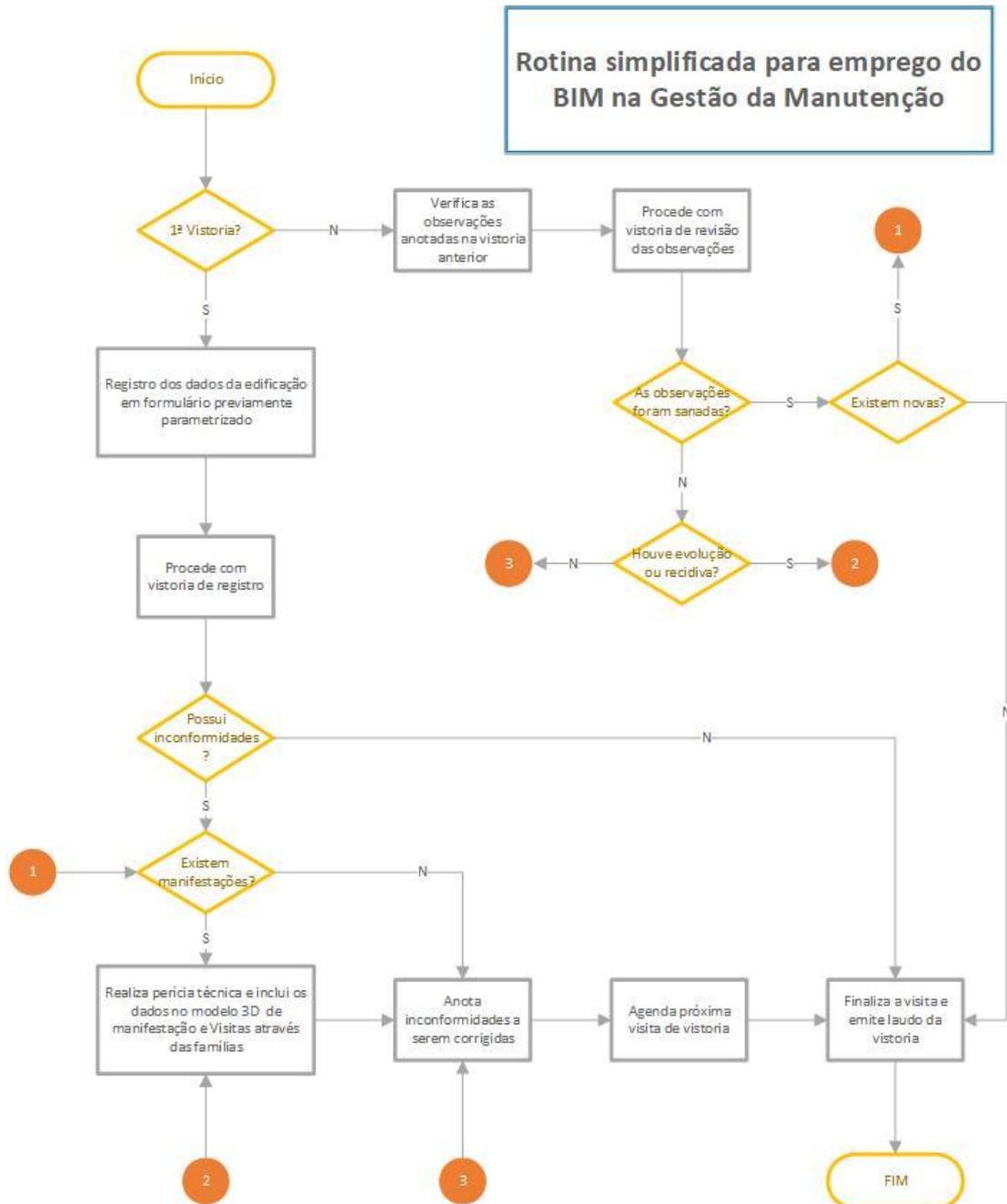
A discussão sobre benefícios e dificuldades do BIM recaem cada vez mais sob as comunidades científicas, que por sua vez, buscam agregar todos os recursos na exploração de limitações das ferramentas disponíveis e, simultaneamente, apresentar sugestões para o aprofundamento das áreas que ainda carecem de mais atenção.

No trabalho conseguiu ressaltar o papel de destaque do BIM nos processos diagnose e de gestão da manutenção e a sinergia gerada entre a metodologia e a etapa de ocupação do empreendimento assim como os desafios e benefícios da conjugação dessas áreas.

Reitera-se ainda a realidade brasileira com sua política de atualização tecnológica implementada através do Decreto 10.306/20 fixando um horizonte de adaptação do BIM até o fim da década de 2020, precisamente 2028, oferecendo uma “alavanca propulsora” para o setor público, aumentando assim a eficiência de obras estatais do setor de AEC. Embora muito tenha-se feito, há ainda muito a se fazer. Os repositórios científicos ainda apontam para números mínimos de pesquisa, demonstrando que, embora a realidade do BIM esteja presente, um “oceano azul” de informação e conhecimento ainda precisa ser desbravado.

Este documento procurou também mostrar que, mesmo perante as poucas ferramentas voltadas à gestão da manutenção, já é possível, ainda que de forma rudimentar, criar um controle de gestão que pode trazer ganho de valor ao projeto e à organização. De forma bem simplista e resumida, a Figura 51 apresenta um pequeno fluxograma de aplicação do BIM dentro de uma rotina de vistorias e perícias.

Figura 51: Fluxograma de aplicação do BIM em rotinas de manutenção



Fonte: O autor

Por fim é necessário ressaltar que a etapa de gerenciamento da manutenção apresenta desafios inéditos com variantes que instigam os pesquisadores ao desenvolvimento de novos processos gerenciais, construtivos e de tecnologia e que a análise e os debates sobre entre metodologias de integração BIM e FM podem ser travados sobre várias tipologias diferentes de edificações onde uma série considerável de soluções poderão ser apresentadas.

Ainda de forma muito incipiente, generalista e superficial, este trabalho pretendeu, desde seu início, apresentar um modelo de dados, que pudesse ser adaptado e implementado

dentro de um formato de dados IFC, ou qualquer outro compatível. A partir desta premissa, gestores poderão prospectar dados confiáveis acerca dos custos de intervenção, processos de tratamento, tempo de recidiva além de identificar falhas de planejamento, projeto ou execução em plantas. A variedade e qualidade criadas pelo cruzamento das informações será difícil de ser medida, assim como seu valor gerado para a organização. No entanto os desafios que ainda precisam ser vencidos são muitos: A escassez de padronização, de interoperabilidade entre sistemas de gestão de manutenção e de projetos, de diversidade de aplicações voltadas a gestão de manutenção predial, a carência de cases de uso do BIM junto à manutenção além dos altos investimentos para integração do BIM junto à FM.

Perante o exposto, espera-se ainda que esta pesquisa possa auxiliar o trabalho de futuros estudiosos na obtenção, desenvolvimento e implementação de um modelo de dados mais robusto e complexo, com capacidade de receber e armazenar uma vasta gama de tipologias de informações acerca da manutenção das construções a fim de que se possa contribuir como ferramenta essencial para boa gestão de edifícios residenciais, comerciais, industriais assim como obras de arte da arquitetura e engenharia.

Como sugestão de sequência, recomenda-se pesquisas e aprofundamento ligados às áreas confinantes como: i) Varredura à laser, IoT e drones para levantamento de volumes e acompanhamento de manifestações; ii) Uso de realidade virtual junto ao BIM e à manutenção; iii) Desenvolvimento de aplicações voltadas a integração BIM-FM; iv) Desenvolvimento de algoritmos voltados à auditoria de parametrização, padronização e compatibilização de atributos voltados à interoperabilidade de aplicações de manutenção predial.

6 Referências

- ABDI, A. B. DE D. I. **Estratégia BIMBR**.
 AIA. **Interoperability Position Statement**. Disponível em:
 <<http://www.aia.org/aiaucmp/groups/aia/documents/pdf/aiab082297.pdf>>.
- ALEXANDER, K. **Facilities management: theory and practice**. New York: Routledge, 2013.
- BARBOSA, M. T. G.; ROSSE, V. J.; LAURINDO, N. G. Thermography evaluation strategy proposal due moisture damage on building facades. **Journal of Building Engineering**, v. 43, n. March, p. 102555, nov. 2021.
- BECERIK-GERBER, B. et al. Application Areas and Data Requirements for BIM-Enabled Facilities Management. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 138, n. 3, p. 431–442, mar. 2012.
- CAMPESTRINI, T. F. et al. **Entendendo BIM**. 1ª Ed ed. Curitiba-PR: UFPR, 2015.
- CARDOSO, H. A. **Metodologia Bim Aplicada a Um Projeto Residencial**. [s.l.] Universidade Federal de Uberlândia, 2022.
- CATARINA, S. DE P. DE E. DE S. **Guia básico IFC**. 1º ed ed. Florianópolis: Governo do Estado de Santa Catarina, 2014. v. 1
- CBIC. **Pesquisa sobre BIM indica que 79 % das empresas já utilizam a ferramenta**.
- CHAPMAN, L. et al. **A 3-dimensional Visualized Approach for Maintenance and Management of Facilities**. 26th International Symposium on Automation and Robotics in Construction (ISARC 2009). **Anais...**2007.
- CHARLESRAJ, V. P. C. **Knowledge-Based Building Information Modeling (K-BIM) for Facilities Management**. 31st International Symposium on Automation and Robotics in Construction and Mining, ISARC 2014 - Proceedings. **Anais...**University of Technology Sydney, 8 jul. 2014. Disponível em:
 <http://www.iaarc.org/publications/2014_proceedings_of_the_31st_isarc_sydney_australia/knowledge_based_building_information_modeling_k_bim_for_facilities_management.html>. Acesso em: 29 abr. 2023
- CHEN, H.-M.; WANG, Y.-H. **A 3-Dimensional Visualized Approach for Maintenance and Management of Facilities**. 2009 26th International Symposium on Automation and Robotics in Construction, ISARC 2009. **Anais...**27 jun. 2009. Disponível em:
 <http://www.iaarc.org/publications/proceedings_of_the_26th_isarc/a_3_dimensional_visualized_approach_for_maintenance_and_management_of_facilities.html>
- CHOTIPANICH, S. Positioning facility management. **Facilities**, v. 22, n. 13, p. 364–372, 2004.
- CONNOR, A. C. O.; GILDAY, L. Cost Analysis of Inadequate Interoperability in the US Capital Facilities Industry Cost Analysis of Inadequate Interoperability in the U . S . Capital Facilities Industry. n. January, p. 211, 2004.
- DALL’OGLIO, P. **PHP - Programando com orientação a objetos**. 1º ed ed. São Paulo: Novatec, 2007.
- DAWOOD, N. et al. **BIM for facility management: a review and a case study investigating the value and challenges BIM Competency Qatar View project BIM Level 2 (SuperKTP) View project BIM FOR FACILITY MANAGEMENT: A REVIEW AND A CASE STUDY INVESTIGATING THE VALUE AND CHAL**the
13th International Conference on Construction Applications of Virtual Reality, 30-

31 October 2013, London, UK. [s.l.: s.n.]. Disponível em: <<https://www.researchgate.net/publication/312469604>>.

ELCHISHCHEVA, T. F. et al. Biostability of Facade Systems. **IOP Conference Series: Materials Science and Engineering**, v. 1079, n. 6, p. 062031, 1 mar. 2021.

FARIAS, J. C. **História do BIM**.

FARONI, M. C. C. **BIM nos processos de gestão de facilidades em uma universidade: estudo de caso e diretrizes preliminares**. [s.l.: s.n.].

FERREIRA, J. A. DE A. **Técnicas de Diagnóstico de Patologias em Edifícios**. [s.l.] Universidade do Porto, 2010.

FIID. **Pesquisa LATAM-BIM 2020**.

FILHO, C. F. **História da Computação: O caminho do pensamento e da tecnologia**. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2007.

FRANCK, K. M.; PEREIRA, R. F.; DANTAS FILHO, J. V. Diagrama Entidade-Relacionamento: uma ferramenta para modelagem de dados conceituais em Engenharia de Software. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 8, p. 12, 15 jul. 2021.

GOMIDE, T. L. F. et al. **Manual de Engenharia Diagnóstica**. 2ª ed ed. São Paulo: Leud, 2021.

GONZÁLEZ, M. P.; PAGÈS, J. B. **Información Y Noticias**. Disponível em: <<http://fiic.la/blog/2020/11/03/relevamiento-bim-latam-informes-interactivos/>>.

GREVEN, H.; SEELE, J. **Alvenarias afetadas por umidades e sais: mecanismos de degradação e recuperação**. 1ª ed ed. São Paulo: Leud, 2022.

GROSSI, M. V. F. Metodologia do diagnóstico. In: **Manual de Engenharia Diagnóstica**. 2ª Ed ed. São Paulo: Leud, 2021. p. 10.

GU, N. et al. **Adopting Building Information Modeling (BIM) as collaboration platform in the design industry**. CAADRIA 2008 : Beyond computer - aided design : proceedings of the 13th International Conference on Computer-Aided Architectural Design Research in Asia. **Anais...Chiang Mai, Thailand: Pimniyom Press/Faculty of Architecture, Chiang Mai University, 2007**. Disponível em: <<https://hdl.handle.net/10536/DRO/DU:30018299>>

HASSANAIN, M. .; FROESE, T. .; VANIER, D. . Development of a maintenance management model based on IAI standards. **Artificial Intelligence in Engineering**, v. 15, n. 2, p. 177–193, abr. 2001.

ILTER, D.; ERGEN, E. BIM for building refurbishment and maintenance: current status and research directions. **Structural Survey**, v. 33, n. 3, p. 228–256, 13 jul. 2015.

INNOCENCIO, C. DE R. et al. A termografia e o uso de veículo aéreo não tripulado como instrumentos de auxílio no diagnóstico de manifestações patológicas em patrimônio cultural edificado. **Gestão & Tecnologia de Projetos**, v. 16, n. 3, 23 ago. 2021.

JÚNIOR, R. DE C. **Patologias em sistemas prediais hidráulico-sanitários**. 2ª ed ed. São Paulo: Blucher, 2015.

LAAKSO, M.; KIVINIEMI, A. The IFC standard - A review of history, development, and standardization. **Electronic Journal of Information Technology in Construction**, v. 17, n. May, p. 134–161, 2012.

LACAZE, L. **Información Y Noticias**. Disponível em: <<https://fiic.la/blog/2020/11/03/relevamiento-bim-latam-informes-interactivos/>>.

LAQUIDARA-CARR, D.; JONES, S. A.; MORTON, B. **SmartMarket Report on Measuring the Impact of BIM on Complex Buildings Contributors**. Bedford/MA: Dodge Data & Analytics, 2015.

- LIN, Y.-C.; SU, Y.-C. Developing Mobile- and BIM-Based Integrated Visual Facility Maintenance Management System. **The Scientific World Journal**, v. 2013, p. 1–10, 2013.
- LINDKVIST, C. Contextualizing learning approaches which shape BIM for maintenance. **Built Environment Project and Asset Management**, v. 5, n. 3, p. 318–330, 6 jul. 2015.
- LIU, R.; ISSA, R. R. A. Design for maintenance accessibility using BIM tools. v. 32, n. 3, p. 153–159, 2014.
- MADUREIRA, S. et al. Maintenance planning of facades in current buildings. **Construction and Building Materials**, v. 147, p. 790–802, ago. 2017.
- MATARNEH, S. T. et al. Building information modeling for facilities management: A literature review and future research directions. **Journal of Building Engineering**, v. 24, p. 100755, 1 jul. 2019.
- MCARTHUR, J. J. A Building Information Management (BIM) Framework and Supporting Case Study for Existing Building Operations, Maintenance and Sustainability. **Procedia Engineering**, v. 118, p. 1104–1111, 2015.
- MCGREGOR, W.; DANNY, S.-S. **Facilities management and the business of space**. New York: Routledge, 1999.
- MDIC. Estratégia BIM BR. **20/08/2018**, p. 3, 2018.
- MEADATI, P.; IRIZARRY, J. **BIM and RFID Integration : A Pilot Study**. Cairo: Second International Conference on Construction in Developing Countries, 2010.
- MENEZES, G. L. B. B. et al. **Representação de dados públicos e não proprietários, desenvolvido para a AEC**. Natal/RNXII CONGIC | II SECITEX, , 2011.
- MOTAMEDI, A. et al. **Extending BIM to incorporate information of RFID tags attached to building assets**. Montreal: 4th Construction Speciality Conference, 2013.
- MOTAWA, I.; ALMARSHAD, A. Case-based reasoning and BIM systems for asset management. **Built Environment Project and Asset Management**, v. 5, n. 3, p. 233–247, 6 jul. 2015.
- NETTO, C. C. **Autodesk Revit Architecture 2015 - Conceitos e Aplicações**. 1ª Edição ed. São Paulo: Érica, 2014.
- NUTT, B. Infrastructure resources: forging alignments between supply and demand. **Facilities**, v. 22, n. 13/14, p. 335–343, 1 nov. 2004.
- PACHECO, C. P.; VIEIRA, G. L. Análise quantitativa e qualitativa da degradação das fachadas com revestimento cerâmico. **Cerâmica**, v. 63, n. 368, p. 432–445, dez. 2017.
- PÄRN, E. A.; EDWARDS, D. J.; SING, M. C. P. The building information modelling trajectory in facilities management: A review. **Automation in Construction**, v. 75, p. 45–55, 2017.
- PEÑA, M. D.; FRANCO, L. S. Método para elaboração de projetos para produção de vedações verticais em alvenaria. **Gestão & Tecnologia de Projetos**, v. 1, n. 1, 29 set. 2006.
- PEREIRA, D. M.; FIGUEIREDO, K. O impacto da metodologia BIM na elaboração de orçamentos em projetos de obras civis. **Revista Boletim do Gerenciamento**, v. 14, p. 10–19, 2020.
- PINHO, S. M. F. DE. **O modelo IFC como agente de interoperabilidade**. [s.l.] Universidade do Porto, 2013.
- PJF, P. M. DE J. DE F. **Bens Tombados - Grupos Centrais (Palacete Santa Mafalda)**. Disponível em:
<https://www.pjf.mg.gov.br/administracao_indireta/funalfa/patrimonio/historico/grupos

_centrais.php>. Acesso em: 24 jul. 2023.

POMPILHO, S. **Análise Essencial**. 7ª ed. Rio de Janeiro: IBPI Press, 1995.

REINALDO, F.; SIQUEIRA, M. Considerações sobre Projeto Orientado a Objetos: Manipulação Formal das Técnicas. **Revista Eletrônica de Sistemas de Informação**, v. 5, n. 2, p. 1–5, 31 ago. 2006.

RODRIGUES, A. C. Levantamento Das Principais Manifestações Patológicas Em Edificações Residenciais De Uma Construtora De Porto Alegre. p. 102, 2013.

ROPER, K.; PAYANT, R. **The facility management handbook**. [s.l: s.n.].

SACKS, R. et al. **BIM Handbook: A guide building information modelinf for owners, designers, engineers, contractors and facility managers**. third edit ed. New Jersey: [s.n.].

SAEPRO. **Breve Histórico do BIM**. Disponível em: <<https://www.ufrgs.br/saepro/saepro-2/conheca-o-projeto/breve-historico-do-bim/>>. Acesso em: 21 ago. 2022.

SCHEVERS, H.; DROGEMULLER, R. **Converting the Industry Foundation Classes to the Web Ontology Language**. 2005 First International Conference on Semantics, Knowledge and Grid. **Anais...IEEE**, 2005. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/document/4125861/>>

SCRA. STEP Application Handbook - ISO 10303 - Version 3. n. June, p. 175, 2006.

SHEN, W. et al. Systems integration and collaboration in architecture, engineering, construction, and facilities management: A review. **Advanced Engineering Informatics**, v. 24, n. 2, p. 196–207, abr. 2010.

SILVA, C. M.; FLORES-COLEN, I.; COELHO, A. Green roofs in Mediterranean areas – Survey and maintenance planning. **Building and Environment**, v. 94, n. P1, p. 131–143, dez. 2015.

SUTHERLAND, I. E. **Sketchpad: A man-machine graphical communication system**. [s.l.] Massachusetts Institute of Technology, 1963.

SUZUKI, R. T. **Gestão da informação em Modelos da Informação da Construção (BIM) para uso em Facilities Management (FM) suportado por Sistema Integrado de Gerenciamento de Ambiente de Trabalho (IWMS)**. [s.l.] Universidade do Estado de São Paulo, 2020.

TALEBI, S. **Exploring Advantages and Challenges of Adaptation and Implementation of Bim**. 2nd BIM International Conference on Challenges to Overcome. **Anais...2014**.

TEOREY, T.; LIGHTSTONE, S.; NADEAU, T. **Projeto de Modelagem de Banco de Dados**. 2ª ed ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007.

VASCONCELOS, Y. L. E S. et al. **Análises de causas de manifestações patológicas em áreas comuns e fachadas de condomínios residenciais verticais: uma revisão**. Congresso Internacional sobre Patologia e Reabilitação das Construções. **Anais...Universidade Federal do Ceará**, 2021. Disponível em: <<http://doi.editoracubo.com.br/10.4322/CINPAR.2021.083>>

WATSON, A. Advanced Engineering Informatics Digital buildings – Challenges and opportunities. **Advanced Engineering Informatics**, v. 25, n. 4, p. 573–581, 2011.

YOUNG, N. W.; JONES, S. A.; BERNSTEIN, H. M. Interoperability in the Construction Industry. **McGraw Hill Construction**, v. 1, p. 36, 2007.

7 Anexos

7.1. Anexo I – Pesquisa sobre BIM, FM e modelagem paramétrica

Consultas sobre “BIM” e “facility management”

The screenshot shows a ScienceDirect search results page for the query "bim facility management". The search bar contains the text "bim facility management" and a search icon. Below the search bar, there are options for "Advanced search" and "Download selected articles". The results are sorted by relevance and date. The first three results are:

- BIM-based big data analytic system for healthcare facility management**
Journal of Building Engineering, 7 December 2022
Gökhan Demirdöğen, Zeynep İşik, Yusuf Arayıcı
Abstract Export
- Change component identification of BIM models for facility management based on time-variant BIMs or point clouds**
Automation in Construction, 28 December 2022
Tzu-Yi Chuang, Min-Jung Yang
Abstract Export
- Barriers to the implementation of Building Information Modelling (BIM) for facility management**

On the left side, there is a "Refine by:" section with a "Years" filter. The years listed are from 2015 to 2024, with the number of results for each year: 2024 (38), 2023 (387), 2022 (354), 2021 (285), 2020 (231), 2019 (197), 2018 (166), 2017 (213), 2016 (152), and 2015 (123).

Consulta sobre “modelos paramétricos” e “FM”

The screenshot shows a ScienceDirect search results page for the query "Bim parametric model FM". The search bar contains the text "Bim parametric model FM" and a search icon. Below the search bar, there are options for "Advanced search" and "Download selected articles". The results are sorted by relevance and date. The first three results are:

- Planning and developing facility management-enabled building information model (FM-enabled BIM)**
Automation in Construction, March 2018
Pardis Pishdad-Bozorgi, Xinghua Gao, ... Alonzo Patrick Self
Abstract Export
- Semi-automated generation of parametric BIM for steel structures based on terrestrial laser scanning data**
Automation in Construction, 15 January 2020
Liu Yang, Jack C. P. Cheng, Qian Wang
Abstract Export
- Development of quality improvement procedures and tools for facility management BIM**

On the left side, there is a "Refine by:" section with a "Years" filter. The years listed are from 2015 to 2024, with the number of results for each year: 2024 (1), 2023 (15), 2022 (21), 2021 (19), 2020 (12), 2019 (18), 2018 (13), 2017 (13), 2016 (12), and 2015 (14).

Fonte: o Autor

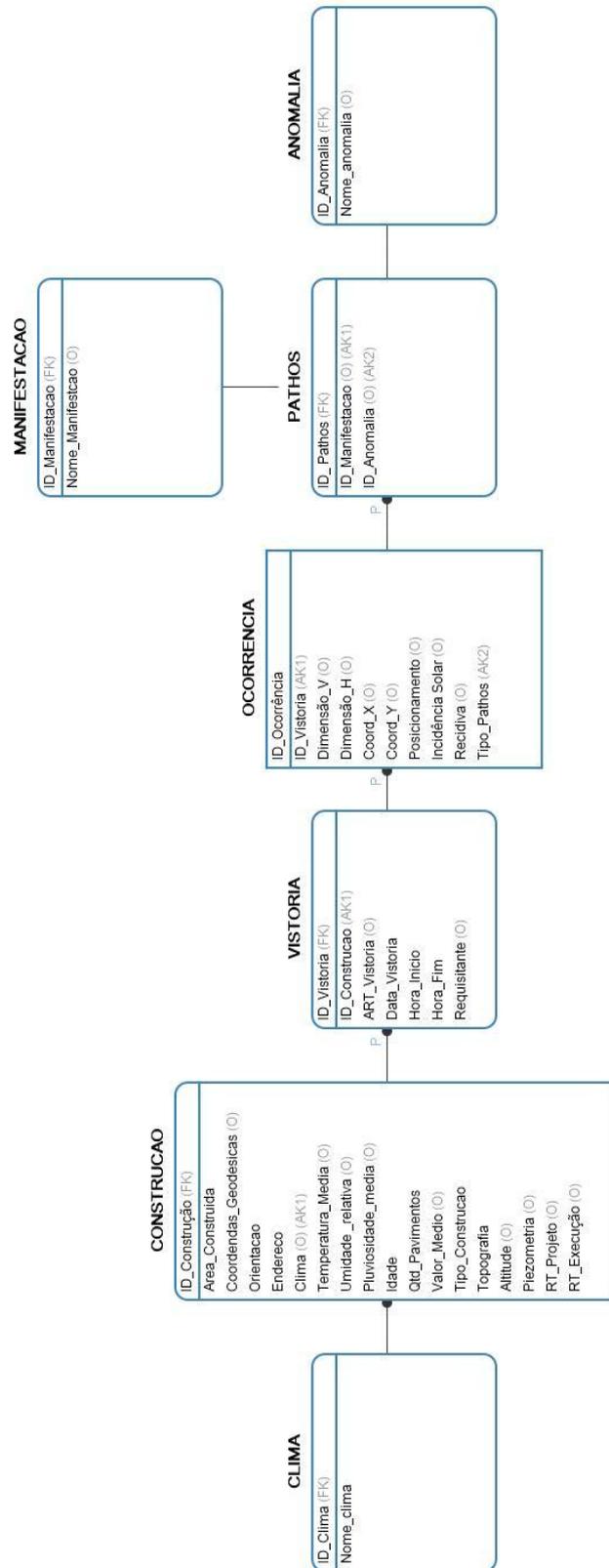
7.2. Anexo II – Principais tipos de manifestações

Resumo dos principais tipos de manifestações patológicas			
Resumo de Anomalias	Sistema	Resumo de Anomalias	Sistema
Ação de sulfatos	Alvenaria	Fissuras	Concreto
Destacamentos	Alvenaria	Fissuras de assentamento	Concreto
Eflorescência	Alvenaria	Fissuras de banzo superior	Concreto
Fissuras verticais	Alvenaria	Fissuras de flexão	Concreto
Trincas de 45°	Alvenaria	Fissuras de pega	Concreto
Biodegradação	Argamassa	Fissuras de recalque	Concreto
Desagregação	Argamassa	Fissuras em extremos de laje	Concreto
Descolamento c/ empolas	Argamassa	Fissuras higrotérmicas	Concreto
Descolamento c/ placas	Argamassa	Juntas frias	Concreto
Descolamento c/ pulverulência	Argamassa	Manchas	Concreto
Eflorescência	Argamassa	Ninhos de agregados	Concreto
Falta de aderência	Argamassa	Porosidade superficial	Concreto
Fissurações e fendilhamentos	Argamassa	Pulverulência	Concreto
Fissuras horizontais	Argamassa	Aquecimento de fiação	Elétrica
Fissuras mapeadas	Argamassa	Curto-circuitos	Elétrica
Vesículas	Argamassa	Desligamentos de repentinos	Elétrica
Desplacamentos	Cerâmicas	Fissuras e espanamento	Hidráulica
Deterioração mecânica	Cerâmicas	Rompimentos de tubulação	Hidráulica
Deterioração química	Cerâmicas	Ruídos nas instalações	Hidráulica
Eflorescência	Cerâmicas	Bolhas	Pintura
Quebra (Fratura)	Cerâmicas	Descolamento	Pintura
Trincas	Cerâmicas	Eflorescências	Pintura
Bolhas	Concreto	Fissurações	Pintura
Delaminações	Concreto	Ponta de agulha	Pintura
Descamação	Concreto	Pulverulência	Pintura
Esmagamento do concreto	Concreto	Rugas	Pintura
Estrias	Concreto	Saponificação	Pintura

Fonte: O autor. Adaptado de (GOMIDE *et al.*, 2021)

7.3. Anexo III - Esquema simplificado do diagrama de classes

Diagrama de classes - Tipo IDEFIX



Fonte: O Autor

7.4. Anexo IV – Arquivo dos parâmetros compartilhados

Print-Screen do arquivo de registro de parâmetros compartilhados

```

# This is a Revit shared parameter file.
# Do not edit manually.
*META VERSION MINVERSION
META 2 1
*GROUP ID NAME
GROUP 1 Umidade
*PARAM GUID NAME DATATYPE DATACATEGORY GROUP VISIBLE DESCRIPTION USERMODIFIABLE HIDEWHENNOVALUE
PARAM 5bf4653c-7e10-4544-94c8-746077dd3a24 GUT_UM INTEGER 1 1 Classificação GUT de Gravidade
Urgencia e Tendência. Use notas de 1-9 para cada uma das modalidades e junte-as em um número único. Exemplo:&#xD&#xAGravidade =
7&#xD&#xAUrgência = 4&#xD&#xAAtendencia = 8&#xD&#xAAGUT= 748 1 0
PARAM 8da8e53c-4377-406a-88ff-ebb06dfeff00 Tipo Umidade TEXT 1 1 Apresenta o tipo de umidade do
elemento 1 0
PARAM 11a0646a-dba1-4b78-9f2f-fd16142df9f8 Recidiva_UM YESNO 1 1 É uma manifestação recidiva de
mesmo diagnóstico? 1 0
PARAM 611e0c8e-be4a-4d5d-9828-4a5e6ebd3c8c Organismos Presentes YESNO 1 1 Indica a presença de
micro-organismos junto à manifestação 1 0
PARAM f8863594-95bc-4342-aec7-aeffb1db7550d Sais Presentes YESNO 1 1 Indica a presença de sais
junto à manifestação 1 0
PARAM 52dd8099-bc89-4abc-bce1-0ac4022a0cac Altura UM LENGTH 1 1 Indique a altura aproximada da
área afetada pela manifestação 1 0
PARAM 2dea49bc-7b94-4f49-a523-15d47a509644 Incid_Sol INTEGER 1 1 Indica a incidência de luz
solar sobre a manifestação.&#xD&#xA1 - Pouca&#xD&#xA2 - Razoável&#xD&#xA3 - Intensa 1 0
PARAM 3b7f29dc-a91d-4072-9055-c5d5319aebae Langura UM LENGTH 1 1 Indique aqui a largura
aproximada da área da manifestação 1 0
PARAM 2be3e5e2-d1a1-4ba2-97bd-95da6ddfe060 IDD_UM INTEGER 1 1 Identificador de anomalia 1
  
```

Fonte: O Autor

7.5. Anexo V – Arquivo CSV da tabela de dados de vistoria

Print-Screen do arquivo de CSV da tabela de dados

```
Tabela de Vistorias;;;;;;;;;;
Família;SEQ_VIS;IDD_VIS;IDD_AN;CREA_VIS;DT_VIS;HR_IN_VIS;HR_FN_VIS;REC_VIS;RES_VIS|
;;;;;;;;;;
Vistoria;1;1;47;0;11122023;0800h;0815h;Sim;Não
Vistoria;4;1;72;0;11122023;0800h;0815h;Sim;Não
Vistoria;5;1;59;0;11122023;0800h;0815h;Sim;Não
Vistoria;2;1;46;0;11122023;0800h;0815h;Sim;Não
Vistoria;3;1;66;0;11122023;0800h;0815h;Sim;Não
```

Fonte: O Autor

