

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA E
URBANISMO

MANUTENÇÃO PREDIAL UTILIZANDO A METODOLOGIA BIM
COM ÊNFASE NA VIDA ÚTIL DOS COMPONENTES
CONSTRUTIVOS

KEILA NISSAHE TAKAGI FRAZÃO

ORIENTADOR: NEANDER FURTADO SILVA

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM ARQUITETURA E
URBANISMO

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA E
URBANISMO

MANUTENÇÃO PREDIAL UTILIZANDO A METODOLOGIA BIM
COM ÊNFASE NA VIDA ÚTIL DOS COMPONENTES
CONSTRUTIVOS

KEILA NISSAHE TAKAGI FRAZÃO

ORIENTADOR: NEANDER FURTADO SILVA

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM ARQUITETURA E
URBANISMO

BRASÍLIA/DF: MARÇO – 2020

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA E
URBANISMO

MANUTENÇÃO PREDIAL UTILIZANDO A METODOLOGIA BIM
COM ÊNFASE NA VIDA ÚTIL DOS COMPONENTES
CONSTRUTIVOS

ARQ.^a KEILA NISSAHE TAKAGI FRAZÃO

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO SUBMETIDA AO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA E URBANISMO DA FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA, COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM ARQUITETURA E URBANISMO.

APROVADA POR:

Prof. Neander Furtado Silva, Dr. (PPG-FAU/UnB)

(Orientador)

Prof. Félix Alves da Silva Júnior, Dr. (FT/UnB)

(Examinador Externo)

Prof. Francisco Leite Aviani, Dr. (PPG-FAU/UnB)

(Examinador Interno)

BRASÍLIA/DF, 16 DE MARÇO DE 2020

FICHA CATALOGRÁFICA

FRAZÃO, KEILA NISSAHE TAKAGI

Manutenção predial utilizando a metodologia BIM com ênfase na vida útil dos componentes construtivos.

[Distrito Federal] 2020.

xvii, 105p., 210 x 297 mm (PPG-FAU/UnB, Mestre, Arquitetura e Urbanismo, 2020).

Dissertação de Mestrado – Universidade de Brasília. Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo.

Faculdade de Arquitetura e Urbanismo.

1. Gerenciamento de Manutenção

2. BIM

3. Vida Útil Estimada

4.

I. FAU/UnB

II. Título (série)

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

FRAZÃO, KEILA N. TAKAGI. (2020). Título do trabalho. Dissertação de Mestrado em Arquitetura e Urbanismo. Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 105p.

CESSÃO DE DIREITOS

AUTOR: Keila Nissahe Takagi Frazão

TÍTULO: Manutenção Predial utilizando a metodologia BIM com ênfase na vida útil dos componentes construtivos.

GRAU: Mestre ANO: 2020

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta dissertação de mestrado e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte dessa dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem autorização por escrito do autor.

Keila Nissahe Takagi Frazão

SQN 314, Bloco A, Apt. 316 – Asa Norte

70.767-010 Brasília – DF - Brasil

e-mail: keilatakagi@gmail.com

Dedico esse trabalho à minha família.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus, por ser a minha base de vida onde constantemente me inspira a ser um ser melhor em todas as áreas da minha vida. Agradeço em memória ao meu pai que levo, dia após dia, nas principais decisões sendo a minha referência e a base do meu carácter, além de ter sido o influenciador em me formar em arquitetura.

Ao meu orientador Neander Furtado Silva, pela paciência, por ter me acolhido antes mesmo de entrar no processo de pós-graduação, pelas experiências em salas de aula com seus diálogos memoráveis, sendo que em cada orientação aprendi não somente os assuntos da pesquisa como assuntos da vida.

Agradeço minha mãe, Missahe de Fátima T. Frazão, que mesmo não atuando diretamente no processo da pesquisa, sempre me incentivou e me concedeu apoio psicológico para não desistir dos meus compromissos. Agradeço aos meus colegas que criei durante o curso em especial à Marcele Ariane Garbini, que conheci durante as disciplinas e que aprendi muito como pessoa, onde me concedeu vários momentos seus em conselhos e como ouvinte de assuntos pessoais e profissionais.

Aos professores do PPG-FAU que tive a oportunidade de aprender através das disciplinas, sendo que em especial a professora Vanda Zanoni, com a disciplina Conservação do Patrimônio Moderno, que se dispôs em ajudar, extra curricular, nas dúvidas e conselhos para o encaminhamento desta dissertação.

À Universidade de Brasília por ter me concedido a oportunidade de realizar o mestrado. Onde pude desfrutar de todas as instalações necessárias para a realização dessa pesquisa. A todas aquelas pessoas que direta ou indiretamente colaboraram com a realização desta dissertação.

RESUMO

Esta pesquisa apresenta uma breve discussão sobre a temática do controle de manutenção da edificação com o objetivo de instigar os profissionais do setor da Arquitetura, Engenharia e Construção a utilizarem e produzirem edificações contendo dados de seus componentes, a fim de estimar a vida útil para evitar patologias e obter um controle ativo de manutenção preventiva no edifício. A pesquisa foi desenvolvida para aplicar um método presente na ISO 15686-8, a fim de estimar a vida útil dos componentes e com os dados obter de uma gestão de manutenção preventiva, regular e ligada diretamente ao modelo que foi gerado com a metodologia BIM. Diante os diversos conceitos que abrange o campo de manutenção, busca-se tratar, por meio de uma abordagem objetiva, os assuntos de estimar vida útil dos componentes, inserção de parâmetros na plataforma BIM e especificação de requisitos de software para futura produção de um software. Ao longo do tempo as edificações sofrem com alterações e o seu envelhecimento natural, com o processo de envelhecimento, é necessário que os responsáveis atuem no sentido de manter o desempenho da edificação. A existência de falhas na gestão de manutenção predial em grande parte ocorre devido à falta de sistemas interativos que registrem e advirtam o responsável pela manutenção do edifício, dessa forma, o controle dessas características por todo o tempo de vida ativa da edificação é uma gestão de tamanha dificuldade, uma vez, que percorre ao longo de décadas. Por meio dessa pesquisa, as contribuições técnicas como a busca e adaptação de uma metodologia de vida útil estimada para os componentes, a criação dos parâmetros no software Revit para obter os dados que posteriormente foram usados para a extração de dados e por fim a criação de requisitos de software para criação de um software de gestão de manutenção, serviram para apresentar um metodologia de preservação do patrimônio edificável com ênfase nos componentes construtivos.

PALAVRAS-CHAVE: Vida útil dos componentes, Manutenção, Metodologia BIM, Ciclo de Vida.

ABSTRACT

This research presents a brief discussion on the theme of building maintenance control in order to encourage professionals in the Architecture, Engineering and Construction sector to use and produce buildings containing data on their components, in order to estimate the useful life to avoid pathologies and obtain an active control of preventive maintenance in the patrimony. The research was developed to apply a method present in ISO 15686-8, in order to estimate the useful life of the components and with the data to obtain from a preventive maintenance management, regular and directly linked to the model that was generated with the BIM methodology. In view of the various concepts that the maintenance field covers, we seek to address, through an objective approach, the issues of estimating component life, insertion of parameters in the BIM platform and specification of software requirements for future software production. Over time, buildings suffer changes and their natural aging, with the aging process, it is necessary that those responsible act to maintain the performance of the building. The existence of flaws in the management of building maintenance is largely due to the lack of interactive systems that register and warn the person responsible for the maintenance of the building, thus, the control of these characteristics throughout the active life of the building is a management of such difficulty, once, that goes through decades. Through this research, technical contributions such as the search and adaptation of a methodology of estimated useful life for the components, the creation of parameters in the Revit software to obtain the data that were later used for data extraction and finally the creation of software requirements for the creation of maintenance management software, served to present a methodology for the preservation of buildable heritage with an emphasis on construction components.

KEYWORDS: Component Life, Maintenance, BIM Methodology, Life Cycle.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
1.1. PROBLEMÁTICA	3
1.2. JUSTIFICATIVA	5
1.3. HIPÓTESE	6
1.4. OBJETIVOS	6
1.5. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	7
1.6. ESTRUTURA DO TRABALHO	9
2. CONSIDERAÇÕES PARA A GESTÃO DE MANUTENÇÃO	10
2.1. VIDA ÚTIL	10
2.2. DURABILIDADE	12
2.3. DESEMPENHO	13
2.4. MANUTENÇÃO	15
2.4.1. TIPOS DE MANUTENÇÃO	17
2.5. GESTÃO DE FACILITIES	18
2.6. SISTEMA, ELEMENTO, COMPONENTE E MATERIAL	19
2.7. NORMA INTERNACIONAL ISO 15686	20
2.8. CONSIDERAÇÕES SOBRE BIM	25
2.9. CONSIDERAÇÕES	26
3. MÉTODOS DE PREVISÃO DE VIDA ÚTIL	27
3.1. MÉTODO PROBABILÍSTICO	30
3.2. MÉTODO DE ENGENHARIA	31
3.3. MÉTODO DETERMINÍSTICO (FATORIAL)	31
4. EDIFICAÇÃO ESCOLHIDA	34
4.1. PALÁCIO DO PLANALTO	37
5. PROCEDIMENTOS PROPOSTOS (aplicação da metodologia)	39
5.1. ESCOLHA DO MÉTODO DA VUE DOS COMPONENTES	40
5.2. DETERMINAÇÃO DOS VALORES AOS FATORES	41
5.3. MODELO BIM DESENVOLVIDO PARA O ESTUDO	46
5.4. ESCOLHA DO COMPONENTE CONSTRUTIVO	48
5.5. CRIAÇÃO DOS PARÂMETROS	58
5.6. APLICAÇÃO DO MÉTODO NA EDIFICAÇÃO	61
5.7. EXTRAÇÃO DOS DADOS	65
5.8. CRIAÇÃO DOS REQUISITOS DE SOFTWARE PARA FUTURA GESTÃO DE MANUTENÇÃO	68
5.9. ANÁLISE DOS RESULTADOS OBTIDOS	73
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	77

6.1.	<i>CONCLUSÃO E DESENVOLVIMENTOS FUTUROS</i>	78
7.	BIBLIOGRAFIA	80
	APÊNDICE A – Especificação de Requisitos de Software	84

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Ciclo de Vida das Edificações. Fonte: <http://www.acef-consultoria.com.br/beneficios.php>. Acesso e Adaptação em out. 2017.	3
Figura 2 - Etapas a serem seguidas para cumprimento do objetivo. Fonte: Autor (2018).	9
Figura 3 - Conhecimento de métodos de previsão de vida útil da construção e seus componentes. Fonte: Brisch e Englund (2005). Adaptada.	16
Figura 4 - Importância da previsão da vida útil da construção e seus componentes. Fonte: Brisch e Englund (2005). Adaptada.	16
Figura 5 - Transferência de informações após construção para gestão de manutenção. Fonte: Autor (2019).	17
Figura 6 - Tipos de manutenção. Fonte: ABNT NBR 5674 (2012). Adaptado.	18
Figura 7 - Sequência de composição de uma estrutura na construção civil. Fonte: Autor (2019).	20
Figura 8 – Parte 8 da ISO 15676 - <i>Reference service life and service-life estimation</i>. Fonte: Acervo Autor (2019).	21
Figura 9 - Influências sobre o Planejamento de vida útil em edifícios construídos. Fonte: Jernberg (2005) Traduzida.	23
Figura 10 - Relação entre os métodos de previsão de vida útil. Fonte: Hovde (2004) Adaptado.	28
Figura 11 - O Processo de dados para a previsão de Vida Útil de Referência. Fonte: ISO 15686-8 (2008).	30
Figura 12 - Plantas dos pavimentos do Palácio Planalto, na segunda versão de projeto. Fonte: Os Palácios Originais de Brasília (2014).	36
Figura 13 - Cronologia do Palácio do Planalto. Projeto e Execução da obra. Fonte: Os Palácios Originais de Brasília (2014).	38
Figura 14 - Fluxograma da metodologia adotada neste estudo. Fonte: Autor (2019).	40
Figura 15 – Simulação do método para VUE de um mesmo componente em diferentes circuntâncias. Fonte: Autor (abril, 2019).	46
Figura 16 - Ciclo de Vida BIM. Fonte: Adaptado de Rozenfeld e outros (2006), Librelotto (2009) e The Noum Project (2017).	47

Figura 17 - Palácio do Planalto modelado com o Revit. Fonte: Autor (junho, 2019).	48
Figura 18 - Parte do Caderno de Especificações (2007) de Serviços que foram propostos na Restauração do Palácio do Planalto. Fonte: Acervo Técnico COENGE (2019).	49
Figura 19 - Fases construtivas do Sistema de Proteção da Cobertura do Palácio do Planalto. Fonte: Autor (2019).	50
Figura 20 - Imagem Superior da Cobertura do Palácio do Planalto. Fonte: Google Earth adaptado (junho, 2019).	51
Figura 21 - Levantamento de áreas da Cobertura do Palácio do Planalto. Fonte: COENGE (2017).	51
Figura 22 - Camadas dos elementos proteção mecânica, lona, isopor, geocomposto e manta asfáltica, atuais na cobertura do Palácio do Planalto. Fonte: Autor (2019).	53
Figura 23 - Camadas dos Elemento de Impermeabilização da Cobertura do Palácio do Planalto. Fonte: Autor (2019).	53
Figura 24 - Calhas interna da Cobertura do Palácio do Planalto. Fonte: Autor (2019).	55
Figura 25 - Cobertura do Palácio do Planalto, sentido Congresso Nacional. Fonte: Autor (2019).	54
Figura 26 - Camadas dos Elementos atuais de Impermeabilização da Cobertura. Fonte: Autor (2019).	56
Figura 27 - Modelagem da Cobertura do Palácio do Planalto e Sistema Água Pluvial. Fonte: COENGE (2018).	57
Figura 28 - Compatibilização do projeto arquitetônico com o projeto de Cobertura do Palácio do Planalto. Fonte: Autor (2019).	57
Figura 29 - Camadas do piso de acordo com o levantamento. Fonte: Autor (2019).	58
Figura 30 - Criação de Parâmetros Compartilhados em todos os elementos do projeto. Fonte: Autor (abril, 2019).	59
Figura 31 - Criação de Parâmetros do Local Instalado e Vida Útil de Referência. Fonte: Autor (2019).	60
Figura 32 - Inserção dos parâmetros de instância nos tipos de piso em todo o modelo. Fonte: Autor (2019).	61

Figura 33 - Para cada tipo de piso foi inserido os parâmetros que indicam cada fator necessário à fórmula de VUE. Fonte: Autor (2019).	62
Figura 34 - Tabela preenchida por cada componente do sistema de Impermeabilização com seus índices atribuídos de acordo com cada descrição. Fonte: Autor (2019).	62
Figura 35 - Fornecedor de manta asfáltica com descrição do produto e validade indicada. Fonte: VEDACIT (julho, 2019).	63
Figura 36 - Uso da ferramenta no REVIT, para inserir a fórmula e calcular a VUE de cada componente. Fonte: Autor (2019).	64
Figura 37 – Percurso de dados entre modelos. Fonte: Autor (2019).	65
Figura 38 - Uso do DB Link no Revit, para exportar banco de dados do modelo. Fonte: Autor (2019).	66
Figura 39 - Intercafe do Access com os dados do modelo exportado do Revit. Fonte: Autor (2019).	67
Figura 40 - Manipulação de dados no Access usando o filtro para busca dos componentes usados na pesquisa. Fonte: Autor (2019).	68
Figura 41 - Diagrama resumido do processo para elaboração dos Requisitos de Software. Fonte: Autor (2020).	70
Figura 42 - Processo de Engenharia de Requisito. Fonte: Adaptado de Turine e Masiero (1996).	71
Figura 43 – Resumo do Processo metodológico para continuidade da pesquisa. Fonte: Autor (2020).	72

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Vida Útil de Projeto mínima e superior. Fonte: NBR 15575-1 (2016). ...	12
Tabela 2: Agentes que afetam a vida útil dos materiais e componentes edificados. Fonte: ISO 15686-1, p.11. (2011) Traduzida.	24
Tabela 3: Descrição do conjunto de normas da ISO 15686. Fonte: Souza (2016) Adaptada.	28
Tabela 4: Fórmula para Vida Útil Estimada dos componentes. Fonte: Autor (2019).	32
Tabela 5: Fatores considerados para a fórmula. Fonte: ISO 15686-8 (2008) Traduzida.	32
Tabela 6: Referências justificáveis do método fatorial. Fonte: Nicollela; Pascale (2005).	33
Tabela 7: Principais características dos fatores. Fonte: Adaptado da ISO 15686 (2008).	42
Tabela 8: Resumo analítico dos resultados em cada procedimento proposto no estudo. Fonte: Autor (2020).	73

LISTA DE ABREVIACÕES

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas
AEC – Arquitetura, Engenharia e Construção
BIM – Building Information Modeling
CIB - Conselho Internacional da Construção
CVU - Ciclo de Vida Útil
COENGE – Coordenação-Geral de Engenharia
DERS - Documento de Especificação de Requisito de Software
ER - Engenharia de Requisitos
FM – Facility Management
IPHAN – Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional
ISO – International Organization for Standardization
NBR – Norma Brasileira Registrada no INMETRO
Ubel – Universo de Informações
VU – Vida Útil
VUE – Vida Útil Estimada
VUR – Vida Útil de Referência

LISTA DE SÍMBOLOS

m² - metro quadrado
mm - medida em milímetro
% - porcentagem

1. INTRODUÇÃO

A edificação pode proporcionar diversos usos e bens intangíveis essenciais para a criação de um patrimônio físico e cultural, para que todas suas funções sejam preservadas é necessário que ele receba as devidas intervenções ao longo do ciclo de vida. Portanto, o cuidado com o patrimônio físico é a base para que todas as outras sejam preservadas.

Os edifícios e o patrimônio construído constituem uma parte importante do valor real de um país. O planejamento, construção, utilização, gestão e demolição dos edifícios e patrimônio construído desempenham, portanto, um papel determinante no desenvolvimento de sociedades mais sustentáveis. Uma parte importante desse desenvolvimento são os esforços para obter uma adequada vida útil das construções. (HOVDE, 2002).

Uma boa ação de manutenção passa pela correta caracterização do edifício e por uma detalhada análise das anomalias que possam ser identificadas numa inspeção ao local, de modo a poderem ser estudadas as soluções de intervenção adequadas. O estabelecimento de um plano de inspeções constitui um método recomendado para manter o edifício num bom estado de conservação. Desta forma, são detectadas regularmente as anomalias, fornecendo as alertas necessárias para definir soluções de reparação a tempo e, portanto, mais econômicas, já que o custo tende a aumentar com o tempo, pois, as situações anómalas podem agravar-se. Na maioria dos casos, os trabalhos de diagnóstico iniciam-se com uma observação visual das anomalias, complementada com uma análise *in-situ*, usando preferencialmente métodos não destrutivos ou semidestrutivos. (SIMÕES, 2013). Com o avanço da tecnologia BIM (*Building Information Modeling*) na área da construção civil, novas preocupações e formas de projetar surgem, com a geração de procedimentos de trabalho de acordo com a demanda do usuário. Sendo assim, a partir da fase de desenvolvimento do projeto, podem ser inseridas informações que levam o seu modelo a alcançar os objetivos de uso que foram estabelecidos.

O fato do objeto de projeto, no processo BIM, ser denominado modelo é devido, a identificação dos elementos associados à representação tridimensional (3D) aos parâmetros que possibilitam a extração e utilização de informação sobre os mesmos. Para que o modelo possa gerar orçamento, cronograma, suporte ao processo de gestão, suporte a manutenção, é necessário que o projetista insira as informações que possibilitarão a aplicação destas funcionalidades

“Os modelos BIM têm-se revelado como uma excelente ferramenta não só durante a fase de planejamento e de construção, mas também na fase de manutenção, essencialmente devido à sua grande capacidade de armazenar

informação, associada à representação tridimensional (3D).” (GOEDERT; MEADATI, 2008).

Segundo Simões (2013), um modelo BIM é um modelo rico em informação. A informação arquitetônica, estrutural e de serviços para efeitos de análise estética, energética, cálculo ou orçamentação é frequentemente usada, reutilizada e atualizada num processo baseado em BIM. Contudo, a etapa da manutenção de um edifício, pode considerar-se como uma informação adicional, devendo ser inserida no modelo BIM do edifício, servindo assim como um auxílio importante para um melhor conhecimento do mesmo. Esta preocupação da informação ser inserida no modelo BIM e posteriormente ser utilizável e acessível aos usuários é o que será abordada nesta pesquisa.

Nesse sentido, a vida útil do edifício está relacionada à fase de manutenção e operação, devem ser inseridas, no ato de projetar, informações de desempenho dos elementos construtivos. Por meio de um indicador de durabilidade é possível mensurar a variação de degradação no desempenho de um elemento. A durabilidade é uma função do desempenho, onde o mesmo material pode apresentar desempenhos diferentes se forem tratadas de maneiras diferentes.

Esta durabilidade deve ser levada em conta, logo a partir da fase de projeto, uma vez que é nesta etapa que se escolhem os produtos a aplicar na construção, sendo de extrema importância a seleção adequada da solução construtiva e o conhecimento exaustivo do desempenho dos seus componentes para **um projeto de durabilidade**. (SANTOS, 2010).

De acordo com a NBR 5674 (ABNT, 1999), estudos realizados em diversos países, para diferentes tipos de edificações, demonstram que os custos anuais envolvidos na operação e manutenção das edificações em uso, variam entre 1% e 2% do seu custo inicial. Este valor pode parecer pequeno, porém acumulado ao longo da vida útil das edificações chega a ser equivalente ou até superior ao seu custo de construção. A NBR 5674, ainda estabelece, na versão mais recente (ABNT, 2012), que a elaboração e a implantação de um programa de manutenção corretiva e preventiva nas edificações, além de serem importantes para a segurança e qualidade de vida dos usuários, são essenciais para a manutenção dos níveis de desempenho ao longo da vida útil.

Os benefícios econômicos de planejar, segundo Fukushima (2014), são comparados utilizando as fases do ciclo de vida de uma edificação e suas porcentagens de custo e possibilidades de intervenção. A fase de operação e manutenção possui os valores mais altos na duração, onde são gastos em média 80% dos custos com a edificação e apenas 5% de possibilidades de intervenção na mesma. Isto pode ser percebido na Figura 1.

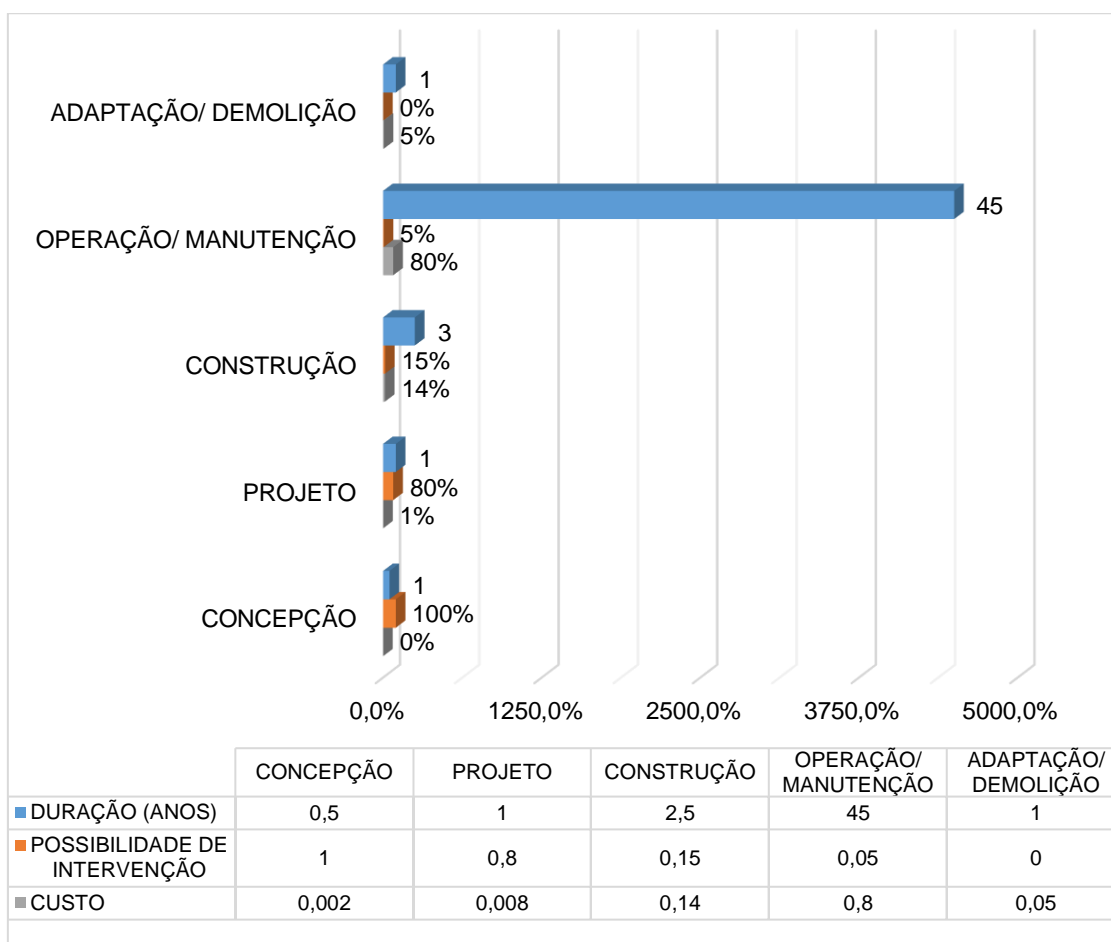


Figura 1 - Ciclo de Vida das Edificações. Disponível em: <<http://www.acef-consultoria.com.br/beneficios.php>>. Acesso e Adaptação em out. 2017.

A degradação prematura das edificações ou suas partes, e a consequente redução de desempenho, é um problema frequente em todo o mundo. Esta deterioração decorre, sobretudo, do envelhecimento precoce das mesmas, o qual geralmente é desencadeado pela baixa qualidade dos materiais de construção empregados, por problemas de projeto e execução e falta de manutenção (POSSAN; DEMOLINER, 2013).

Portanto, a modelagem de um edifício, com o uso de um software BIM, acompanhada da inserção de informações para o controle da vida útil dos componentes, por meio de um sistema digital inteligente, poderia ser um procedimento importante para a realização de manutenção preventiva e preditiva.

1.1. PROBLEMÁTICA

Utilizar um plano de gestão de manutenção, que possua uma interface objetiva e automática para os usuários é um desafio a ser vencido. A NBR 14037 (2014) responsável

pelas diretrizes de elaboração de manuais de uso, operação e manutenção das edificações, aborda os requisitos necessários para a criação desses manuais, que tem como principal função, a utilização dos mesmos na manutenção ao longo do Ciclo de Vida Útil (CVU) da edificação. No entanto, apesar da exigência e da rotina que o mercado da Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC) possui em elaborar e entregar para o proprietário esses manuais, a frequência de utilização desses materiais confeccionados, perde a importância no decorrer do tempo, devido a metodologia de monitorar rotineiramente as informações por meio de materiais impressos, além do fato, de não serem atualizados periodicamente. Cada vez mais a tecnologia da informação ganha espaço em diversas áreas da vida cotidiana, e esse fato, tem sido implantado na rotina de manutenção e operação dos edifícios. Portanto, a necessidade de utilizar um sistema inteligente de informações e até mesmo com alertas de avisos de vistorias, de manutenção e de operação, é uma alternativa para o processo de gestão da manutenção das edificações.

Quando resolvemos fazer o uso da tecnologia BIM, por meio das informações inseridas no modelo projetado, a fim de realizar o controle de manutenção de todos os elementos do edifício, surgem obstáculos de como inserir e manter o controle de todos os dados, durante a fase de projeto e *as built*. Pois, pensar neste processo de obter dados de manutenção, já na fase de projeto é uma nova rotina de trabalho, com o qual, parte do mercado não está habituado. Neste sentido, a dificuldade do uso da tecnologia BIM para abranger a gestão de manutenção, já inicia nessa fase de elaboração de projeto e se estende ao usuário técnico que não está acostumado a rotinas de vistorias e manutenções preventivas. Ou seja, estamos sujeitos a um costume segregado, onde cada fase do ciclo de construção trabalha separadamente, em que os problemas que surgem vão sendo reparados de acordo com a fase em que se encontra a concepção e o uso da edificação.

Um dos processos que mais ocorre durante o uso da edificação, é a manutenção corretiva após o surgimento de anomalias, ao invés da manutenção preventiva. É de suma importância a predominância de realização rotineira das manutenções preventivas, ao longo dos anos, de forma que o edifício consiga cumprir seu desempenho por meio da durabilidade dos sistemas construtivos.

O recorte temático deste estudo é a obtenção de dados de vida útil estimada dos componentes da edificação a fim de realizar a gestão de manutenção preventiva do edifício utilizando a metodologia BIM. Em seguida, a especificação de requisitos de software servirá para criar um programa, com interface mais dinâmica, que fará a gestão da vida útil dos componentes por meio de alertas e criação de dados ligadas ao modelo BIM.

No livro de SILVA; BRITO; GASPAR (2016) relatam que a previsão de vida útil dos edifícios e seus componentes é fundamental e importante para o conceito de ambiente sustentável, possibilitando um uso racional de recursos. Em particular, os edifícios podem apresentar um melhor desempenho durante seu ciclo de vida, reduzindo assim, seus custos financeiros e ambientais. O conhecimento da durabilidade e da vida útil dos componentes de construção também é crucial para políticas de manutenção, pois permite planejar de maneira tecnicamente as informações das possíveis ocorrências futuras de manutenção.

As manifestações patológicas podem ser oriundas de diversos fatores¹, uma delas ocorre pela falha dos procedimentos e técnicas utilizadas com os componentes, como também, na falta de preocupação quanto ao desempenho e durabilidade dos mesmos. Assim sendo, estes fatores são variáveis para a determinação do desempenho do edifício.

Dessa forma, é proposta a seguinte questão de pesquisa: Como utilizar a metodologia BIM no processo de manutenção das edificações a partir da especificação de vida útil estimada de seus componentes e criar requisitos de software para a interoperabilidade entre o modelo BIM. Uma vez que, o processo BIM produz um modelo tridimensional pode conter informações relevantes da edificação.

Portanto, como gerenciar a realização de manutenção, no sentido de vida útil estimada dos componentes, com as informações provenientes da metodologia BIM, por meio de uma plataforma digital? A pesquisa levará esse questionamento como referência para obter resposta ao final do trabalho.

1.2. JUSTIFICATIVA

Todos os edifícios sofrem alterações e mudanças ao longo do tempo, devido as necessidades e expectativas dos usuários, modificando os ambientes, restaurando o uso dos ambientes, ou simplesmente pelo envelhecimento natural da edificação. Desde o início do processo de envelhecimento da edificação, que ocorre a partir do momento em que estas são colocadas em serviço, é necessário que os usuários e proprietários atuem no sentido de manter o desempenho especificado ao longo do tempo. (SOUZA, 2016)

A busca por uma ferramenta digital aliada a tecnologia BIM, para o controle de manutenção dos sistemas construtivos é a motivação para a realização desta pesquisa. Onde a existência de falhas na gestão de manutenção predial, em grande parte, ocorre

¹ Artigo IBDA. O que é patologia das construções? Disponível <www.forumdaconstrução.com.br>. Fórum da Construção. Acesso em 18 de setembro de 2017.

devido a falta de sistemas interativos que registrem e alertem o responsável pela manutenção do edifício, situação esta que justifica o estudo.

A degradação dos edifícios é um fenômeno complexo que depende de muitos fatores e afeta severamente o patrimônio construído. A degradação começa assim que as construções são colocadas em uso devido ao envelhecimento e ao efeito de agentes ambientais, isto é também diretamente afetado por uma cultura ineficiente de manutenção do edifício, de certa forma predominante em muitos países em que ações de reparo são realizadas somente após a ocorrência de defeitos, o que leva à perda prematura de desempenho dos edifícios. (SILVA; BRITO; GASPAR, 2016).

Observa-se que os programas de manutenção que existem no mercado brasileiro, na grande maioria, não são eficazes e nem tampouco baseados em abordagem BIM, esta por sua vez, vem se estabelecendo de forma crescente no campo da construção civil. A pesquisa exploratória servirá para gerar ações de manutenção, com os fatores determinísticos dos componentes especificados, para a realização de inspeções prediais ao longo do tempo de vida útil da edificação.

Com o objetivo de gerar manutenção preventiva, no decorrer do uso e ocupação da edificação, é necessária a escolha de um método de estimativa de vida útil dos componentes, com a inserção de dados no modelo BIM, juntamente com as especificações de requisitos de software, tornará possível demonstrar como a gestão de manutenção pode ser oriunda do projeto e a interoperabilidade com um sistema que realize o controle efetivo dos períodos necessários para a realização de inspeções seguidas ou não de manutenção.

1.3. HIPÓTESE

Através das especificações de vida útil para os componentes construtivos e do objetivo de alcançar o controle periódico de manutenção, por meio de uma plataforma digital, foi estabelecida nesta pesquisa a seguinte hipótese: por meio da metodologia BIM e as informações no modelo, a gestão de manutenção preventiva sincronizada ao modelo é uma possibilidade de ascensão no método de gerenciar a manutenção nos edifícios.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo Geral

O objetivo geral deste trabalho é proporcionar a definição de um método de previsão de vida útil estimada de determinados componentes e da especificação de requisitos de

software² que dê suporte ao desenvolvimento e construção de uma interface digital, permitindo que os usuários obtenham um produto mais eficaz e inteligente para a gestão de manutenção das suas edificações, por meio da Modelagem de Informação da Construção.

1.4.2 Objetivos Específicos

A partir dos objetivos gerais foram definidos os seguintes objetivos específicos:

- Analisar e escolher um método de estimativa de vida útil dos componentes, com base no referencial teórico pesquisado;
- Apresentar, por meio de dados de controle da vida útil dos componentes, a inclusão e extração de dados na ferramenta BIM, com base nas informações necessárias para o método escolhido, tendo o recorte limitado aos componentes e subsistemas estáticos de uma edificação;
- Especificar a descrição sistemática e abstrata do que o software deve fazer a partir daquilo que foi analisado, podendo saber como e onde deve realizar a inspeção, para eventual manutenção dos sistemas construtivos; e
- Obter diante da realização das etapas descritas na metodologia, um processo que gere um planejamento de gestão de manutenção em acordo com o processo BIM.

1.5. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para atingir os objetivos propostos, será necessário seguir um cronograma separado por etapas a serem cumpridas sequencialmente. Portanto, segue de forma sucinta a explicação de cada etapa desse processo, que se inicia na escolha de um método de previsão de vida útil (VU) dos componentes e finaliza na geração de requisitos de software para gerar um sistema de controle de manutenção.

A escolha de um método de previsão de vida útil dos componentes será necessária, pois através deste método que teremos dados fundamentais para, posteriormente, realizar a criação dos parâmetros de cada elemento do projeto.

² A análise e especificação de requisitos de software envolve as atividades de determinar os objetivos de um software e as restrições associadas a ele. Ela deve também estabelecer o relacionamento entre estes objetivos e restrições e a especificação precisa do software. (JAIR, 2000)

Após a escolha do método, a próxima etapa é definir um recorte de qual sistema da edificação será estudado. Isto se faz necessário, devido à relação entre a grande quantidade de sistemas que uma edificação possui com a duração desta pesquisa.

Com as escolhas citadas anteriormente, será realizada a implantação dos parâmetros necessários no modelo BIM, para que esses dados inseridos alimentem a fórmula que consta no método escolhido e que simultaneamente alimentem o sistema operacional de gestão que permitirá a interoperabilidade entre eles. Relacionando uma ferramenta BIM com um software de gestão de manutenção.

Para a concepção do programa de gestão, se faz necessária a especificação dos requisitos de software para que as informações passem pelo processo digital e alimentem o plano de gestão.

Não será contemplado como produto final, um protótipo de software, devido ao prazo acadêmico desta pesquisa. A prioridade é a especificação³ de requisitos funcionais que determinará o que se espera que o sistema faça, sem a preocupação de como ele faz. A resolução de quais as funções o sistema efetivamente terá para satisfazer àquilo que os usuários precisam é um dos principais objetivos para criar os requisitos.

Desta forma, o controle na realização de manutenção periódica estará vinculado as inspeções prediais que se baseia nas especificações de dados nos componentes, que por sua vez, estará dependente de um sistema que fará a gestão destas ações de manutenção. Como parte do procedimento, a validação da proposta, será feita por meio de uma edificação existente, observando-se um recorte de qual sistema a ser estudado, e como será a inserção de parâmetros no modelo BIM. Posteriormente, em futuros estudos, serão extraídos e organizados os dados, de maneira que possam ser aproveitados para a aplicação num software de gestão que fará o controle de manutenção dos sistemas escolhidos.

Para melhor compreensão do processo metodológico, a seguir o organograma estabelecido na Figura 2 estabelece, de forma sucinta, as etapas do trabalho.

³ A especificação é a descrição sistemática e abstrata do que o software deve fazer, a partir daquilo que foi analisado. Ela apresenta a solução de como os problemas levantados na análise serão resolvidos pelo software do sistema computacional. Visa descrever de maneira sistemática quais as propriedades funcionais são necessárias para resolver o problema do domínio. (LEITE, 2000).

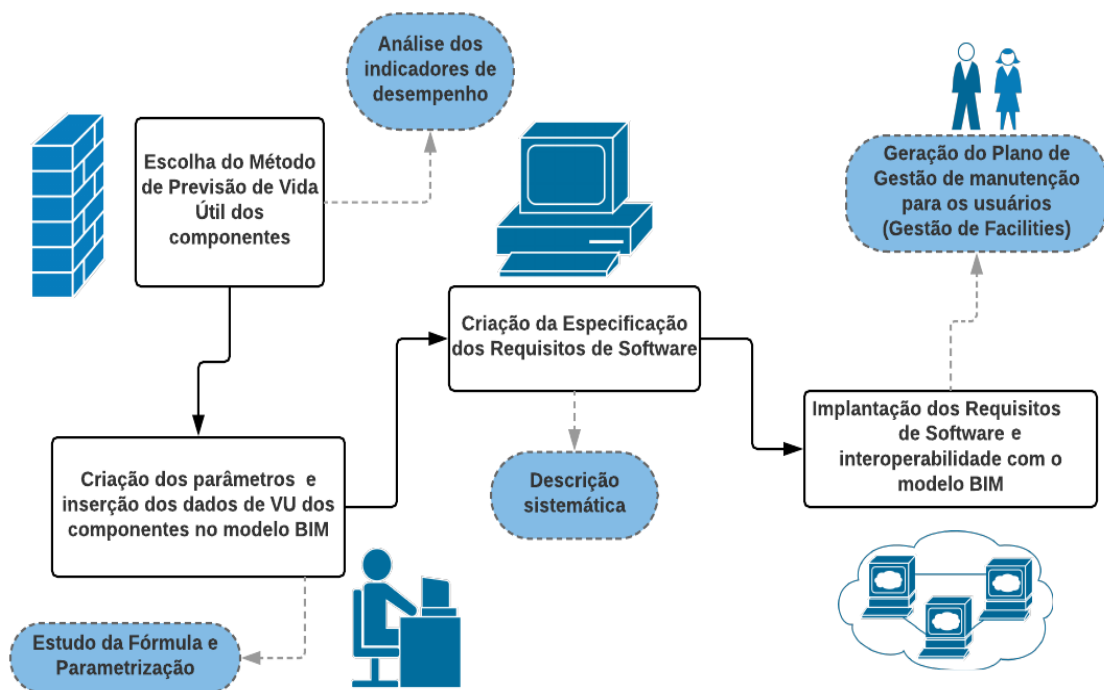


Figura 2 - Etapas a serem seguidas para cumprimento do objetivo. Fonte: Autor (2018).

1.6. ESTRUTURA DO TRABALHO

A estrutura da dissertação está dividida em 6 capítulos que são sintetizados a seguir:

- Capítulo 1: Apresentação da introdução por meio da problemática, justificativa, hipótese e objetivos da pesquisa.
- Capítulo 2: É apresentado os conceitos que norteiam o processo de gestão da manutenção, como a vida útil, a durabilidade, o desempenho e a gestão de facilities.
- Capítulo 3: São descritos os métodos de estimativa de vida útil, com base no referencial teórico especificado para esta pesquisa. Expõe de forma breve e objetiva as vantagens e desvantagens de cada método, para finalmente, realizar a escolha de qual dos métodos será usado para o estudo de caso.
- Capítulo 4: Justificativa de escolha do método para estimar a Vida Útil Estimada de cada componente, para futura Gestão de Manutenção.
- Capítulo 5: Determinar valores para cada fator na fórmula do Método Fatorial, utilizando diretrizes para estabelecer o índice usado para cada fator. Demonstra o processo de inserção dos parâmetros no modelo BIM, por meio do uso do software Revit. Com base nos critérios necessários para o funcionamento do método escolhido. Apresenta a elaboração da Especificação dos Requisitos de software para um sistema de gerenciamento de manutenção.

- Capítulo 6: São apresentadas as conclusões obtidas do trabalho e sugeridos alguns aspectos para desenvolvimento futuro.

2. CONSIDERAÇÕES PARA A GESTÃO DE MANUTENÇÃO

Diante os diversos conceitos que abrangem o campo de manutenção, busca-se tratar, por meio de uma abordagem objetiva, os assuntos que servem de embasamento para a compreensão da degradação ao longo do tempo dos sistemas da edificação. Desta forma, este capítulo discorre sobre temas relacionados ao plano de gestão de manutenção da edificação.

Muitos edifícios sofrem alterações ao longo do tempo, seja pela demanda de novos usuários como pela necessidade de restauração e reparação da edificação. A partir do momento em que o edifício é colocado em uso seu envelhecimento ocorre gradativamente como se fosse uma contagem regressiva enquanto está em serviço, portanto, cabe aos usuários e proprietários atuarem como agentes de conservação do patrimônio, mantendo o quanto possível, o desempenho dos componentes que formam o edifício em uso.

Segundo SOUZA (2016), alguns edifícios, em função de suas características e elementos construtivos, ou apresentam baixa qualidade ou níveis de desempenho críticos, como é o caso de alguns empreendimentos de interesse social. Nestes casos, a queda intensa de desempenho leva a situações muito precoces de degradação. Porém, observa-se que não é somente nesse segmento que existem usuários submetidos às condições críticas de desempenho. Muitas vezes, existem situações em que os edifícios são usados parcialmente ou com grandes falhas, devido à utilização incorreta ou até mesmo por desconhecer o funcionamento correto de seus elementos.

Por meio dessa linha de raciocínio, que relata a necessidade de um acompanhamento no desempenho da edificação para sua conservação e bom uso, a seguir, serão levantados conceitos de termos que levam à um entendimento melhor de dados para a continuação da pesquisa.

2.1. VIDA ÚTIL

A Vida Útil (VU) é definida pela NBR 15575-1⁴ (ABNT, 2013) como uma medida temporal da durabilidade de um edifício ou de suas partes, ou seja, o período de tempo

⁴ NBR 15575 estabelece os requisitos e critérios de desempenho aplicáveis às edificações habitacionais, como um todo integrado, bem como a serem avaliados de forma isolada.

em que estes elementos se prestam às atividades para as quais foram projetados e construídos, considerando a devida realização dos serviços de manutenção.

A estimativa de vida útil de um produto nas condições de uso é um dos requisitos para a realização de uma análise do ciclo de vida de produto. É, também, fundamental em análises de desempenho econômico, a partir do conceito de custo global, que inclui não apenas os custos de construção, mas também os custos de manutenção e mesmo de demolição. (SATTLER; PEREIRA, 2006).

A norma ABNT NBR 15575-1 (2013) e a ISO 15686-1⁵ (2011) definem vida útil como o período de tempo após a instalação, durante o qual todas as condições de um edifício ou parte dele atendem ou excedem os requisitos de desempenho. A relatividade do valor de vida útil está associada à variação dos requisitos mínimos de desempenho considerados, pois os critérios de desempenho se modificam conforme os padrões de conforto da época, do contexto social, do uso que lhe é atribuído, do enquadramento normativo e ainda de quem os executa. (SANTOS, 2010).

A definição de vida útil, para as edificações, é aplicada aos sistemas que as compõem, pois os constituintes do edifício possui vida útil inferior à do edifício em si. Por isso, devem ser realizadas manutenções periódicas nos sistemas e componentes destas, assim atendendo o período de vida útil do edifício. É importante que os componentes sejam especificados considerando as facilidades de manutenção, os custos, o grau de importância que cada componente exerce dentro do sistema, bem como os inúmeros fatores de degradação. (SOUZA, 2016).

Mediante a conceituação da vida útil, de acordo com a NBR 15575-1 (2013), três conceitos são essenciais para determinar a Vida Útil de Projeto (VUP), sendo eles previstos nas ABNT NBR 15575-1 a ABNT NBR 15575-6:

- Efeito acarretado por uma falha no desempenho do subsistema ou elemento;
- Facilidade ou dificuldade de manutenção e reparação em caso de falha no desempenho; e
- Custo de correção da falha, considerando o custo de correção de outros subsistemas ou elementos afetados.

A definição da VUP é realizada pelo projetista de arquitetura e especificada em projeto para cada um dos sistemas, respeitando os períodos de tempo mínimos estabelecidos. Na ausência destas especificações, a norma admite que foram adotadas as VUP mínimas estabelecidas nas tabelas presente nas normas. O projetista pode especificar também a

⁵ Iso 15686 trata do planejamento da vida útil, aborda o desenvolvimento da vida útil de um componente de construção.

VUP de partes do edifício não contemplados na norma, atendendo às exigências do usuário e pode tomar por base o que recomenda os requisitos nela presentes. (NBR 15575-1, 2013).

Para melhor compreensão da VUP mínima estabelecida em norma, considerando periodicidade e processos de manutenção segundo a NBR 5674 e o Manual de Uso, Operação e Manutenção da NBR 14037, segue a Tabela 1, conforme a NBR 15575-1 (2013) estabelece para alguns dos sistemas de uma edificação.

Tabela 1: Vida Útil de Projeto mínima e superior. Fonte: NBR 15575-1 (2016).

SISTEMA	VUP (anos)	
	Mínimo	Superior
Estrutura	≥ 50	≥ 75
Pisos internos	≥ 13	≥ 20
Vedação vertical externa	≥ 40	≥ 60
Vedação vertical interna	≥ 20	≥ 30
Cobertura	≥ 20	≥ 30
Hidrossanitário	≥ 20	≥ 30

2.2. DURABILIDADE

A durabilidade interage com a capacidade do edifício ou de suas partes de manterem ao longo do tempo o desempenho previsto, portanto, ela não é uma propriedade que seja definida nos materiais. Suas medidas são dadas através da variação do desempenho e da vida útil.

Segundo a NBR 15575-1 (ABNT, 2013), a durabilidade é definida como a capacidade de desempenhar sua função ao longo do tempo, considerando uso e manutenção adequada. Dentre as exigências do usuário, no item 4.4 da norma, a durabilidade é um dos fatores relacionados à sustentabilidade. Devido a escolha do componente de maior durabilidade, os efeitos no aumento de sua vida útil reflete diretamente nos efeitos da sustentabilidade, já que os agentes naturais usados são mais preservados.

O conceito de durabilidade, usado no livro Coletânea Habitare (2006) é a capacidade do edifício e suas partes de manterem ao longo do tempo o desempenho, quando expostos a condições normais de uso. Durabilidade não é uma propriedade inerente de um material ou componente. Onde a durabilidade de um produto pode ser descrita pela variação do

desempenho ao longo do tempo, ou seja, como a capacidade do produto em atender às demais necessidades dos usuários e culturas que variam ao longo do tempo.

Ao contrário do senso comum, durabilidade não é uma propriedade do material, mas o resultado da interação entre o material e o ambiente que o cerca, incluindo aspectos de microclima. Assim, um mesmo material apresenta funções de desempenho *versus* tempo diferentes para diferentes condições de exposição. Como a durabilidade é uma função do desempenho, um mesmo material pode apresentar funções de desempenho *versus* tempo diferentes se forem mantidas as condições de exposição, mas alterada a função do material.

No livro *Methodologies for Service Life Prediction of Buildings* (p. 15, 2016) os autores relatam que ao contrário do conceito de vida útil, a durabilidade não está relacionada a um período de tempo, mas corresponde à capacidade do edifício e de seus componentes para mostrar um desempenho adequado durante seu ciclo de vida.

De acordo com o padrão canadense (CSA S478-95: 2001), o conceito de durabilidade refere-se à capacidade de um edifício ou de seus componentes para alcançar o melhor desempenho em um determinado ambiente ou local, sem precisar ser sujeito a medidas corretivas significativas ou à reparação ou substituição de seus elementos.

Na realidade, a durabilidade não pode ser vista apenas como uma qualidade intrínseca de um material, mudanças simples na construção podem promover uma maior proteção de um elemento de construção contra a degradação de agentes, contribuindo para o aumento de sua vida útil. (JOHN, 2002).

O conceito de durabilidade associa-se diretamente à vida útil. Refere-se às características dos materiais e/ou componentes, às condições de exposição e às condições de utilização impostas durante a vida útil da edificação. O envelhecimento destes resulta das alterações das propriedades mecânicas, físicas e químicas, tanto na superfície como no seu interior, em grande parte devida à agressividade do meio ambiente. (POSSAN; DEMOLINER, 2013)

2.3. DESEMPENHO

O conceito para desempenho, usado por Sattler e Pereira (2006) é a análise da eficiência de uma construção sendo feita pelo grau de satisfação com que o produto construído atende às funções para as quais ele foi projetado ou, em outras palavras, atende às necessidades dos seus usuários. Essa análise, em grande parte, independe da solução material adotada.

Os autores continuam explicando que a variação de desempenho pode ser descrita de forma mais conveniente por meio de um indicador de degradação, característica mensurável que permite o acompanhamento do(s) efeito(s) dos processos de degradação no desempenho. Por exemplo, quando a cor é uma característica relevante no desempenho, a variação da cor pode ser utilizada como um indicador de degradação.

O desempenho pode variar de um indivíduo para o outro, pois depende das exigências do usuário (na concepção) ou dos cuidados no uso (manutenção). Também depende das condições de exposição do ambiente em que a edificação será construída, como temperatura, umidade, insolação, ações externas resultantes da ocupação etc.

No Gráfico 1, mostra a função de desempenho versus tempo, e a interferência que a manutenção causa na Vida Útil.

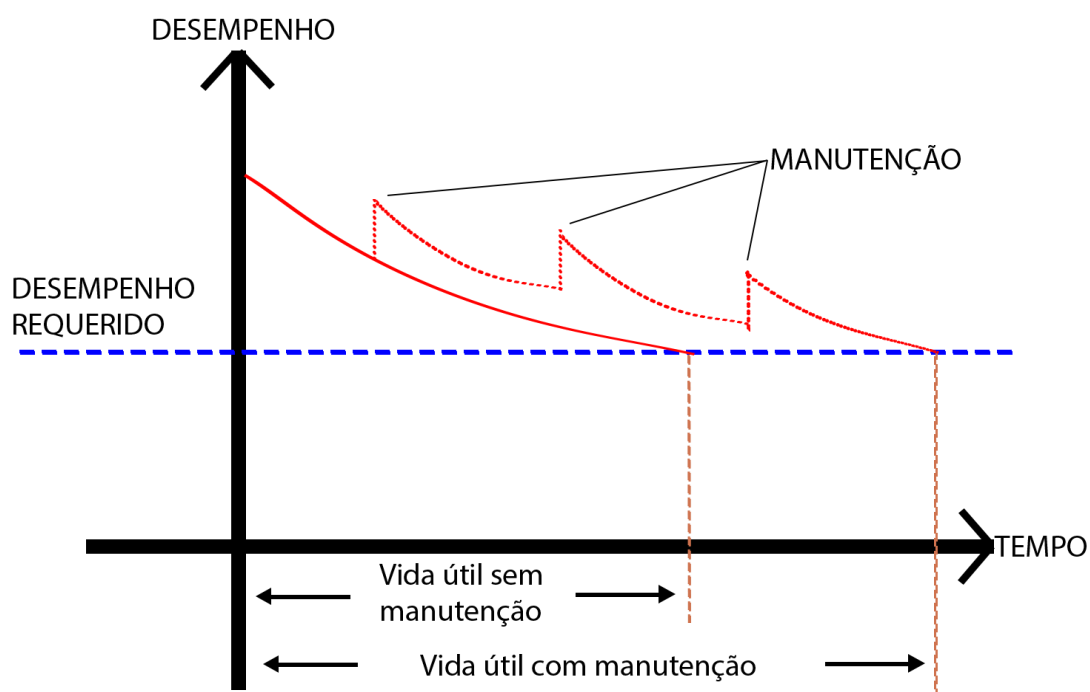


Gráfico 1: Função de desempenho onde as atividades de manutenção podem recuperar o desempenho perdido, postergando o fim da vida útil. Fonte: NBR 15575 (2018). Adaptado.

De forma a atender aos requisitos dos usuários, a norma brasileira ABNT NBR 15575-1 (2013) estabelece requisitos e critérios, independentemente dos materiais constituintes e do sistema construtivo utilizado, para os sistemas que compõem as edificações habitacionais. O desempenho é estabelecido por meio de requisitos qualitativos, critérios quantitativos e métodos de avaliação. Para que o desempenho mínimo esperado seja atendido é necessário que a edificação cumpra as funções para a qual foi projetada, que os usuários realizem manutenções regulares e também satisfaça às necessidades de seus

usuários. Porém, é importante esclarecer que mesmo quando as exigências de desempenho são atendidas, as edificações não estão isentas ao surgimento de anomalias, pois as exigências de desempenho não contemplam as características particulares de cada sistema, como por exemplo, as ações dos agentes climáticos sobre as fachadas de revestimentos cerâmicos e também são aplicáveis apenas para edificações de até cinco pavimentos. (SOUZA, 2016).

É importante lembrar que a norma de desempenho (NBR 15575, 2013) não se aplica a obras em andamento ou a edificações concluídas até a data da sua entrada em vigor (19 de julho de 2013). Também não se aplica a obras de reformas nem de “retrofit” nem edificações provisórias. O objetivo principal da norma é imprimir melhoria da qualidade das construções habitacionais produzidas no Brasil, atuando de forma complementar com o conjunto de normas preceptivas da ABNT vigentes e já difundidas na comunidade da construção.

2.4. MANUTENÇÃO

O objetivo primordial da manutenção é preservar o edifício. Essencialmente, a finalidade da manutenção é: manter o valor da edificação, manter o uso da construção, fornecer ambientes seguros, reduzir acidentes e danos oriundos de defeitos/deterioração da construção, manter uma boa aparência ou imagem da edificação, preservar obrigações contratuais em contratos de locação, prolongar a vida útil de uma edificação, reter exigências para seguradoras, reduzindo sinistros e custos, manter garantias e obrigações. (WIGGINS, 2010).

Através da pesquisa realizada por Brisch e Englund (2005) por meio de questionário, realizada à um grupo de pesquisadores, comitês de padronização, universidades, fabricantes, associações e consultores relacionados à área de construção civil, em Oslo, capital da Noruega, em 2005, revelou porcentagens de opiniões diferentes relativos à assuntos de manutenção. Com objetivo de saber a relevância que tem a manutenção na construção e o uso de um método de previsão de vida útil.

Os resultados foram que 63% dos entrevistados consideraram importante a previsão de vida útil da edificação e os componentes da construção, e 47% conhecem, mas não utilizavam métodos de previsão de vida útil, por meio de controle desses componentes, como se pode ver nas Figura 3 e Figura 4, respectivamente.

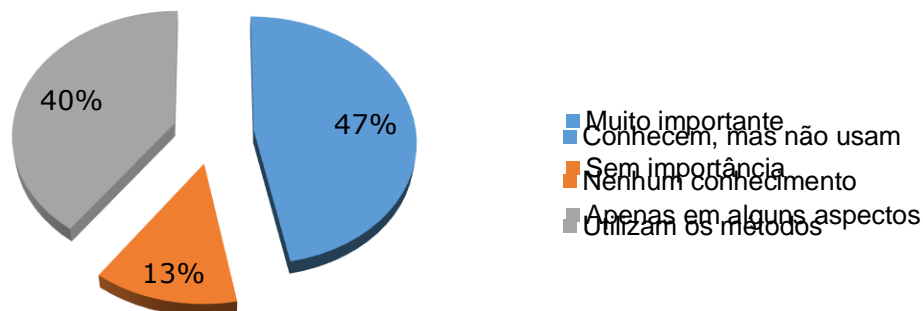


Figura 4 - Importância da previsão da vida útil da construção e seus componentes. Fonte: Brisch e Englund (2005). Adaptada.

Para atingir uma maior eficiência e eficácia na administração de um programa de manutenção corretiva e preventiva, a NBR 5674 (2012) apresenta os requisitos que precisam compor o sistema de gestão de manutenção. A estrutura de documentação e registro de informações deve ser concebida para propiciar evidências da gestão do programa de manutenção, custo x benefício na realização dos serviços de manutenção, redução da incerteza no planejamento, projeto e execução dos serviços de manutenção e auxílio no programa e no planejamento de serviços futuros. (NBR 5674, 2012).

O sistema de manutenção que mais possui no mercado da construção civil é composto por uma série de documentações responsáveis por todos os dados necessários para a gestão de manutenção de um empreendimento, formando um vasto conjunto de documentos que muitas das vezes não possui uma atualização e nem ligação entre si. A Figura 5, mostra os tipos de documentos possíveis de existirem numa gestão de manutenção.

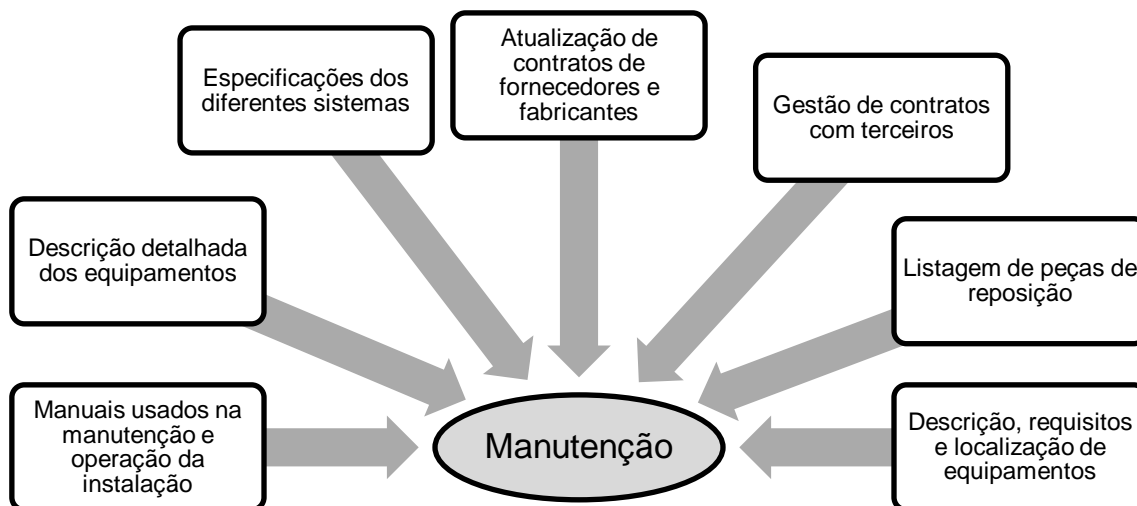


Figura 5 - Transferência de informações após construção para gestão de manutenção. Fonte: Autor (2019).

Há diferentes tipos de manutenção sendo eles possíveis de compreender no próximo item. A manutenção preditiva é o enfoque da pesquisa, por ter a característica de monitoramento regular das condições, conforme orienta a NBR 5674 (1999) e tem como finalidade indicar as condições reais dos elementos, antecipando eventuais patologias.

2.4.1. TIPOS DE MANUTENÇÃO

A manutenção é o conjunto de atividades a serem realizadas ao longo da vida total da edificação para conservar ou recuperar a sua capacidade funcional e de seus sistemas constituintes de atender as necessidades e segurança dos seus usuários. (ABNT NBR 15575-1, 2013).

Em continuidade ao que diz a NBR 15575 (2013) os requisitos para o sistema de gestão de manutenção seriam: preservar as características originais da edificação; prevenir a perda de desempenho decorrente da degradação dos seus sistemas, elementos ou componentes e obrigatoriamente de planejamento anual das atividades de manutenção e do registro da aplicação do Programa de Manutenção e Conservação Patrimonial.

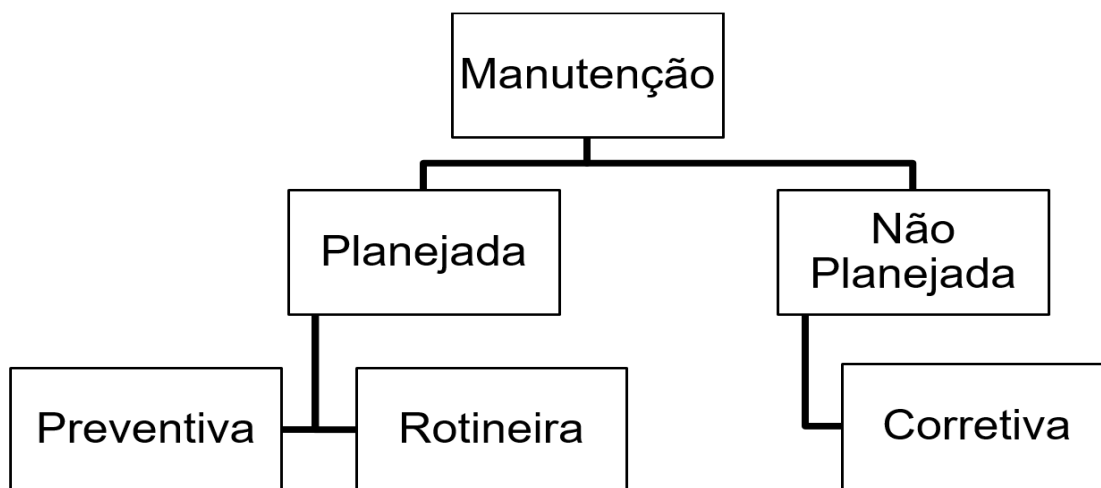


Figura 6 - Tipos de manutenção. Fonte: ABNT NBR 5674 (2012). Adaptado.

Os tipos de manutenção de acordo com os requisitos para o sistema de gestão de manutenção.

- Manutenção rotineira: caracterizada por um fluxo constante de serviços, padronizados e cíclicos, citando-se, por exemplo, limpeza geral e lavagem de áreas comuns.
- Manutenção preventiva: caracteriza-se por serviços cuja realização seja programada com antecedência, priorizando as solicitações dos usuários, estimativa da durabilidade esperada dos sistemas, elementos ou componentes das edificações em uso, gravidade e urgência, e relatórios de verificações periódicas sobre o seu estado de degradação.
- Manutenção corretiva: caracteriza-se por serviços que demandam ação ou intervenção imediata a fim de permitir a continuidade do uso dos sistemas, elementos, ou componentes das edificações, ou evitar graves riscos ou prejuízos pessoais e/ou patrimoniais aos seus usuários ou proprietários.

2.5. GESTÃO DE FACILITIES

As edificações apresentam um extenso ciclo de vida envolvendo etapas de concepção, de projeto, de construção, uso, reformas ou demolição. Dentre as etapas, a de uso é a mais longa, podendo durar décadas. Neste contexto, a manutenção predial é um processo longo e que necessita de planejamento e gestão adequada. (SANCHES, 2010).

A Gestão de Facilidades ou Gestão de Facilities, também conhecida como *Facility Management* (FM), visa proporcionar uma gestão de processos necessários para operação

e manutenção na edificação. De modo que seja simplificado o processo, proporcionando mais segurança ao trabalho e sendo mais eficiente para os usuários, reduzindo custos diretos e indiretos.

“A atividade do gestor de facilities depende da precisão e do acesso fácil aos dados criados nas fases de projeto e construção, e mantidos durante a fase de manutenção e operação. Uma quebra no fluxo de informação pode resultar em grandes custos, instalações ineficientes e solução prematura como a um feedback de solicitação dos clientes.” (GSA, 2011).

A gestão de facilities é apoiada por sistemas de informação próprios e esses sistemas de informação podem ser potencializados com a adoção do BIM. (MOREIRA; RUSCHEL, 2015).

Na indústria da construção, há um interesse crescente no uso de BIM para a gestão de facilities e gestão da informação, pois possibilita incorporar dados consistentes, desde a concepção à construção, e fases de operação e manutenção de um edifício. BIM possui funcionalidades de visualização, análise e controle, fornecendo ganhos potenciais para a otimização de todo um processo (BECERIK-GERBER et al., 2012).

Como explica Teicholz (2001) *Facility Management* envolve pessoas, processos e espaços abrangendo áreas como: gestão de espaços, serviços administrativos, operações de manutenção, serviços de arquitetura e engenharia, administração de bens imobiliários, segurança e planejamento de facilities.

Nos últimos anos, uma proliferação de novas tecnologias vem surgindo para melhorar e facilitar o aproveitamento dos dados que contam nos modelos BIM a fim de gerar produtos para as fases da edificação, como a fase de operação e manutenção da edificação.

2.6. SISTEMA, ELEMENTO, COMPONENTE E MATERIAL

Para melhor entendimento referentes aos sistemas construtivos e a hierarquia que contempla uma construção. A NBR 15575 (2013) define, para o componente, o elemento e o sistema os seguintes conceitos:

- Sistema construtivo – a maior parte funcional do edifício. Conjunto de elementos e componentes destinados a cumprir com uma macro função que a define. Exemplos: fundação, estrutura, vedações verticais, instalações hidrossanitárias, cobertura.

- Elemento – parte de um sistema com funções específicas. Geralmente é composto por um conjunto de componentes. Exemplo: vedação de blocos, painel de vedação pré-fabricado, estrutura de cobertura.
- Componente – unidade integrante de determinado sistema da edificação, com forma definida e destinada a atender funções específicas. Exemplo: bloco cerâmico ou de concreto, telha, folha de porta etc.
- Materiais – nome genérico que designa diversos produtos utilizados na construção civil. A maioria dos materiais de construção é utilizada exclusivamente na construção civil, como o cimento, mas alguns têm usos mais variados, como a cal e tintas.

Dado que existe uma espécie de ordem na composição de uma estrutura na construção civil logo é possível concluir que os componentes geralmente combinam vários materiais e serão integrados em um sistema construtivo ainda mais diversificado. Para melhor entendimento segue a Figura 7, que demonstra a ordem de um objeto utilizado para a construção que variam quanto à origem, função, composição e estrutura interna.

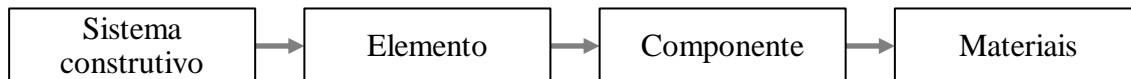


Figura 7 - Sequência de composição de uma estrutura na construção civil. Fonte: Autor (2019).

Portanto, o conhecimento sobre a hierarquia de cada item na composição final de um sistema construtivo, assume um importante papel que permite entender como gerenciar o funcionamento dos elementos construtivos de um edifício. Contribui também, para a busca de conhecimento sobre a durabilidade do edifício e seus componentes.

2.7. NORMA INTERNACIONAL ISO 15686

O Conselho Internacional da Construção⁶ – CIB, criado em 1953, é um dos maiores grupos empenhados a estudar as inovações tecnológicas e metodologias no setor da construção, a nível mundial.

⁶ CIB é a abreviatura do (antigo) nome francês: “*Conseil International du Bâtiment*”. Durante o ano de 1988 a abreviatura foi mantida, mas o nome completo mudou para Conselho Internacional de Pesquisa e

Em 1982 foi estabelecida uma comissão técnica entre o CIB e o RILEM (*International Union of Laboratories and Experts in Construction Materials*) – um grupo de pesquisa, criado em 1947, para desenvolver estudos voltados a metodologias e inovações sobre os materiais, sistemas e estruturas. Esta comissão buscou desenvolver metodologias padrões para a previsão da vida útil na construção civil. Em 1993, o grupo de trabalho desenvolveu uma norma sobre vida útil de projeto, intitulada ISO/TC59/SC14, que contava com a participação de diferentes especialistas, a fim de efetivar métodos de previsão da vida útil de sistemas construtivos. Nessa mesma época, houve a criação da Diretoria de Produtos para Construção Europeia, o qual mais tarde se tornou parte da subcomissão de normatização de Vida Útil em projetos de edifícios (SC14) que faz parte da Comissão principal da ISO/TC59 – Comissão Técnica da Construção Civil. (JERNBERG, 2005). Segundo pesquisa de Mattos (2013), a Norma ISO 15686 (2011) está dividida em dez partes, sendo cada uma delas concluídas em tempos distintos. Ver Figura 8, que mostra a oitava parte da norma. A primeira parte trabalha com princípios gerais, questões e dados necessários para a previsão de vida útil, e fornece um método de como estimar a vida útil dos componentes ou conjuntos para o uso em projetos específicos de construção.



Figura 8 – Parte 8 da ISO 15686 - Reference service life and service-life estimation.

Fonte: Acervo Autor (2019).

Inovação na Construção. Foi fundado em 1953 sob a forma de Associação com os objetivos de estimular e facilitar a cooperação internacional e a troca de informações entre institutos de pesquisas governamentais.

Mattos (2013) continua em sua pesquisa explicando as demais partes da norma, como a segunda parte que descreve uma metodologia básica para testar o desempenho ao longo do tempo de componentes e conjuntos, a fim de fornecer um serviço de previsão da vida útil. Sempre que possível a vida útil requerida no projeto deve ser derivada de predefinições de vida útil, descritas na segunda parte da norma.

A terceira parte descreve os procedimentos a serem aplicados nos dossiês de projeto, nos recursos para fornecer a garantia de que serão implantadas as medidas necessárias para manter o desempenho em longo prazo.

A quarta parte, encontra em fase de desenvolvimento pelo comitê europeu. Em seguida, a quinta parte da Norma fornece informações sobre os custos da vida útil de um edifício. Posteriormente, na sexta parte, oferece descrições de como estimar as influências sobre o ambiente em que está sendo analisada a vida útil.

Na sétima parte, após a interface com a ACV, a Norma fornece orientações para melhorar a qualidade e aumentar a durabilidade, que são obtidos a partir de avaliações das condições de edifícios existentes. A oitava e nona parte, descreve o método com orientação para obter a referência de vida útil a ser usada na aplicação do mesmo e estabelece orientações sobre os dados da avaliação da vida útil, respectivamente. Por fim, a décima e última parte descreve como avaliar o desempenho funcional da edificação.

Segundo Jernberg (2005), o objetivo principal desta norma constitui em preparar um prontuário técnico para o trabalho do projetista, a fim de mostrar que o desempenho de um edifício pode ser mantido dentro de limites aceitáveis durante toda a sua vida útil planejada, desde que a manutenção siga as instruções contidas no projeto. (JERNBERG, 2005).

Um dos principais conceitos presentes na norma é o planejamento da vida útil, afirmando que este é um processo de projeto, que assegura que a durabilidade de um edifício ou qualquer bem construído deva ser igual ou superior ao ciclo de vida dos mesmos. Ela propõe um método de comparação entre diferentes edifícios existentes, a fim de fundamentar a determinação da vida útil de um bem construído.

De acordo com a norma internacional, o planejamento da vida útil de edificações, “auxilia a tomada de decisões relativas à especificação e detalhamento de projeto”, podendo, assim, ser aplicado o “custo do ciclo de vida, o planejamento de manutenção e as técnicas de engenharia”, além de assegurar o aumento da segurança e flexibilidade na utilização do edifício e reduzir a probabilidade de obsolescência precoce. (ISO 15686-1: 2010 p. 5). A Figura 9, retirada e traduzida da norma ISO 15686-1 (2011), mostra todas as partes da norma se relacionando e com possíveis associações à outras normas internacionais.

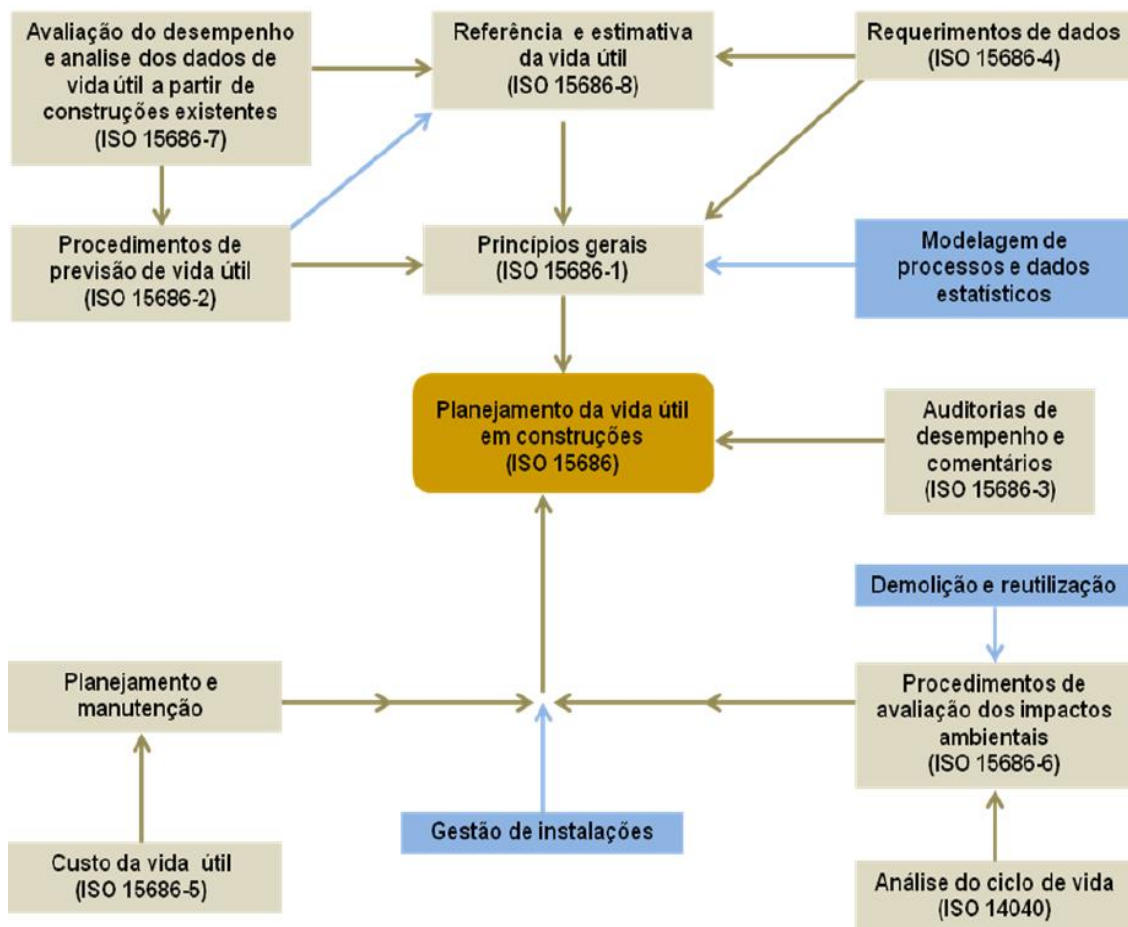


Figura 9 - Influências sobre o Planejamento de vida útil em edifícios construídos.

Fonte: Jernberg (2005) Traduzida.

A norma reforça que a vida útil deve estar sempre integrada com as decisões de projeto. A ISO 15686-1 (2011) menciona a importância da interação neste processo, para a previsão da vida útil, bem como o acesso aos dados de desempenho sobre os componentes especificados. (ISO 15686-1, 2011, p.5).

“A ISO 15686 é aplicável ao planejamento de vida útil de edifícios novos e existentes, sendo que em edifícios existentes, a estimativa de vida útil será aplicada principalmente na vida útil restante dos componentes que já estão em utilização, e na seleção, e detalhamento dos componentes, para reparos e novas intervenções.” (MATTOS, 2013).

Na introdução do método para a estimativa da vida útil de um edifício, a norma menciona que é necessário estimar a vida útil de cada componente, por menor que ele seja, estimando, também, as possíveis falhas. Desta maneira, é possível ter um embasamento concreto para estimar a vida útil do imóvel. É possível identificar os principais agentes

que afetam a vida útil dos materiais e componentes de um edifício, por meio de uma tabela que a norma apresenta, ver Tabela 2. (ISO 15686-1, 2011, p.6).

Tabela 2: Agentes que afetam a vida útil dos materiais e componentes edificados.

Fonte: ISO 15686-1, p.11. (2011) Traduzida.

Natureza	Classe	Exemplos
Agentes mecânicos	Gravidade	Carga de neve e de água pluvial
	Esforços e deformações impostas ou restringidas	Formação de gelo, expansão e contração, deslizamento e deformação
	Energia cinética	Impactos, tempestade de areia, martelo hidráulico
	Vibrações e ruído	Construção de túnel, vibração de trânsito ou aparelhos domésticos
Agentes eletromagnéticos	Radiação	Solar ou radiação ultravioleta, radiação radioativa
	Eletricidade	Reações eletrolíticas, relâmpagos e raios
	Magnetismo	Campos magnéticos
Agentes térmicos	Níveis extremos ou variações muito rápidas de temperatura	Calor, geada, choque térmico, fogo
Agentes químicos	Água e solventes	Umidade do ar, água subterrânea, álcool
	Agentes oxidantes	Oxigênio, desinfetante, alvejante
	Agentes redutores	Sulfuretos, amônia, agentes de combustão
	Ácidos	Ácido carbônico, excremento de pássaros, vinagre
	Alcalinos (Bases)	Cal/limão, hidróxidos
	Sais	Nitratos, fosfatos, cloretos
	Quimicamente neutro	Calcário, gordura, óleo, tinta
Agentes biológicos	Vegetais e microrganismos	Bactéria, mofo, fungos, raízes
	Animais	Roedores, cupins, vermes, pássaros
<p>NOTA Este quadro é extraído da ISO 6241, que tem exemplos adicionais. Nota-se que os agentes são classificados de acordo com sua natureza. Em geral, externamente ao edifício, a origem dos agentes é a atmosfera ou o solo, enquanto que internamente a origem advém da ocupação ou fatores de projeto e instalações.</p>		

A norma menciona ainda a questão de subjetividade na estimativa de vida útil dos componentes, onde, frente à possibilidade de não se ter uma confiabilidade total na revisão da vida útil, a norma menciona que é necessário prever, desde o início do método, de que maneira as incertezas da vida útil estimada serão levadas em conta. Devido ao número de variáveis envolvidas e às incertezas em cada uma delas, e às próprias variabilidades dos edifícios, serviços de meio ambiente, obra local, e futuras atividades de manutenção, não é possível estimar a vida útil de um edifício ou seus componentes precisamente. (ISO 15686-1, 2011, p.7).

A sétima parte da norma internacional, descreve como se dá o método fatorial, tendo como objetivo descrever um método geral de como avaliar o desempenho da vida útil de uma edificação, fornecendo orientações sobre “as fases de planejamento, documentação e inspeção, bem como sobre a análise e interpretação das avaliações de desempenho” de um edifício individual, ou de um conjunto de bens construídos. (ISO 15686-7, 2006, p.5).

2.8. CONSIDERAÇÕES SOBRE BIM

De acordo com Eastman et al. (2014) os conceitos e abordagens hoje identificadas como BIM possuem em média trinta anos, sendo que a terminologia BIM está em circulação a apenas 15 anos, sendo o exemplo mais antigo e documentado sobre as ideias que hoje entende-se como BIM é o protótipo do “Building Description System”, publicado em 1975 no extinto jornal *AIA Journal*, por Charles M. “Chuck” Eastman, na Universidade de Carnegie-Mellon.

No Brasil, começou-se o processo de adoção do BIM em meados dos anos 2000, sendo a sua implantação objetivo de muitas empresas nos últimos anos, porém são poucas que efetivamente utilizam os modelos para o desenvolvimento completo dos processos de projeto. (SOUZA, et al., 2009).

Em relação as dimensões do BIM são possíveis encontrar diversas formas de dimensionar os níveis de implantação de acordo com o ciclo de vida da edificação, no entanto, as dimensões são diferentes dos níveis de maturidade, pois estão ligadas ao tipo de informação que pode ser disponibilizada através do processo. A Seguir a listagem de algumas das definições de dimensões do uso do BIM.

- 3D: MODELAGEM - Desenvolvimento de todos os projetos finais em 3D, com informações e ajustes finais dos projetos. (Modelos seguros)
- 4D: PLANEJAMENTO- Extração de cronogramas, logística, planejamento de comprar, simulação de fases do projeto. (Planejamento)
- 5D: CUSTOS - Previsão total de gastos, concepção real do modelo e do custo, quantificação e extração de custos estimados, verificação de interferências, soluções de
- 6D: SUSTENTABILIDADE - Certificação de edificação quanto à sustentabilidade, concepção de análise energética. (Sustentabilidade)
- 7D: MANUTENÇÃO - Manutenções preventivas para o aumento da vida útil da edificação, *as-built* da edificação, dados *COBie*, planos de gerenciamento de manutenção. (Monitoramento)

A dimensão 7D: Fase de gestão da construção é utilizada pelos gestores na operação e manutenção das instalações durante todo o seu ciclo de vida. A sétima dimensão do BIM permite que os participantes para extrair e rastrear dados de ativos relevantes, tais como

status do componente, especificações, manutenção e manuais de operação, datas de garantia etc. a utilização da tecnologia 7D BIM pode resultar em mais fácil e rápida substituição de peças, cumprindo e otimizando uma gestão racionalizada ciclo de vida de ativos ao longo do tempo. O 7D BIM proporciona processos para o gerenciamento de subcontratante / fornecedor, facilitando a manutenção durante todo o ciclo de vida da construção.

Nesse sentido, para a pesquisa a dimensão de modelagem que será enfatizada é a voltada para a manutenção, ou seja, a sétima dimensão. Onde pretende ser levado em conta o nível de modelagem dos elementos em questão, assim como, os parâmetros necessários para obter um banco de dados, possível de gerar o controle de manutenção.

2.9. CONSIDERAÇÕES

Dado o valor da vida útil, em virtude da durabilidade dos componentes é possível perceber que ter o controle dessas características por todo o tempo de vida ativa da edificação é uma gestão de tamanha dificuldade, uma vez, que percorre ao longo de décadas.

Portanto, é possível que a Tecnologia de Modelagem da Informação - BIM seja uma ferramenta favorável a essa atividade, visto que no âmbito nacional há projetos do governo para a disseminação do BIM⁷. Assim, é importante destacar que, não só nas fases de elaboração de projetos multidisciplinares, essa tecnologia também nos ajuda na fase em que a edificação está em pleno uso. De forma que em toda a sua trajetória, seja evitada degradação decorrente de não haver manutenções periódicas.

Quando analisamos construções milenares a preservação de algumas edificações impacta o valor histórico e cultural de um povo, garantindo a continuidade da herança cultural, preservando, transmitindo e deixando todo o legado às gerações vindouras. Desse modo, é possível mencionar que as construções atuais e futuras, modeladas em BIM, podem se tornar possíveis patrimônios históricos que usam da tecnologia para sua preservação, de acordo com seus usos e importância ao longo da trajetória dos anos. Logo, nos tempos atuais e com todas as ferramentas digitais ao nosso favor, temos condições de preservar a vida útil de nossas construções, a começar com o gerenciamento de manutenção mais eficaz ao longo dos anos.

⁷ Decreto nº 9.377, de 17 de maio de 2018. Art. 1º Fica instituída a Estratégia Nacional de Disseminação do *Building Information Modelling* no Brasil – Estratégia BIM BR, com a finalidade de promover um ambiente adequado ao investimento em BIM e sua difusão no País.

3. MÉTODOS DE PREVISÃO DE VIDA ÚTIL

Em decorrência de números significativos de aumento da degradação precoce nas construções, ligadas à ocorrência de deterioração inesperada e de ações ambientais, fazem com que surja a necessidade de repensar os métodos de gerenciar as manutenções no meio da construção civil. Mensurar e padronizar um método que calcule a vida útil dos componentes que formam um sistema dentro de toda a composição de construção de uma edificação é meta de muitos países.

Segundo o trabalho de pesquisa realizado por Souza (2016) atualmente, pesquisas vêm sendo realizadas com a finalidade de delinear uma curva de degradação que represente o comportamento da degradação ao longo do tempo, como diversos autores em Portugal e no Brasil. Em Portugal utilizam-se como referência os estudos de Gaspar (2009), Ana Silva (2009) e Galbusera (2013). E no Brasil, Antunes (2010) e Silva (2014) são pesquisadores que abordam a importância deste estudo para a obtenção de subsídios que possam direcionar a prevenção de anomalias e na indicação da necessidade de manutenção.

O grande progresso dos estudos realizados sobre durabilidade levou ao aparecimento de diversas metodologias de previsão da vida útil e conseqüentemente, à concepção de documentos de normalização, tais como o regulamento *Architectural Institute of Japan*, o código de construção *New Zealand Building Code (NZBC)*, a norma britânica *BS 7543 Guide to durability of buildings and building elements, products and components*, o regulamento canadense *CSA S478-95 Guideline on durability in buildings* e o conjunto de normas *ISO 15686 (Building and construction assets - service life planning)*. (SOUZA, 2016).

Neste contexto, foi necessária a revisão do estudo da arte, das diversas metodologias existentes de previsão de vida útil de materiais, sistemas ou componentes de uma edificação. Foram analisadas as metodologias mais relevantes que possuíam maior número de aplicação em campo experimental e publicadas.

Como mencionado, há uma vasta abordagem sobre avaliação e discussão de métodos de previsão de vida útil nos últimos anos. Nos documentos que descrevem a durabilidade e os métodos de previsão de vida útil destacam que a previsão de durabilidade e vida útil está sujeita a muitas variáveis e, por isso, não pode ser uma ciência exata. (HOVDE, 2004).

Os principais métodos para estimativa da vida útil são divididos em três (Figura 10), cada um com sua abordagem específica: método probabilístico, método de engenharia e método determinístico.

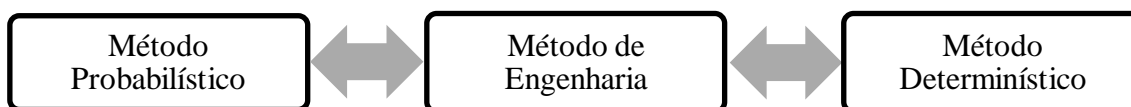


Figura 10 - Relação entre os métodos de previsão de vida útil. Fonte: Hovde (2004) Adaptado.

Além dos métodos de avaliação de previsão de vida útil, é importante descrever o que a ISO 15686 estabelece como princípios para a vida útil. Esta norma é uma das fontes mais consultadas por parte dos pesquisadores, consultores e profissionais da área em busca de fundamentos para a conceituação de vida útil. Diante do estudo de Souza (2016) segue a Tabela 3, com uma breve descrição do conjunto de normas que a que a ISO 15686 (2011) é composta.

Tabela 3: Descrição do conjunto de normas da ISO 15686. Fonte: Souza (2016) Adaptada.

TÍTULO		DESCRIÇÃO
ISO 15686-1 (2011)	<i>General principles and framework</i>	Identifica e estabelece os princípios e procedimentos que se aplicam ao projeto, no planejamento da vida útil das edificações já construídas.
ISO 15686-2 (2012)	<i>Service life prediction procedures</i>	Descreve procedimentos, baseados no desempenho técnico e funcional, que facilitam a previsão da vida útil dos componentes do edifício. Proporciona uma estrutura de princípios e requisitos.
ISO 15686-3 (2002)	<i>Performance audits and reviews</i>	Descreve a abordagem e os procedimentos a aplicar nas diversas fases da vida útil de uma obra, para garantir uma efetiva gestão da vida útil.
ISO 15686-5 (2008)	<i>Life-cycle costing</i>	Guia para obtenção dos custos globais associados à vida útil das construções.

ISO 15686-6 (2004)	<i>Procedures for considering environmental impacts</i>	Apresenta indicações para a determinação do impacto ambiental de diferentes soluções de projeto e a elaboração da relação entre avaliação do impacto ambiental e o planejamento da vida útil.
ISO 15686-7 (2006)	<i>Performance evaluation for feedback of service life data from practice</i>	Guia para obtenção de informação relativa ao desempenho durante a vida útil de edifícios construídos.
ISO 15686-8 (2008)	<i>Reference service life and service-life estimation</i>	Descreve a metodologia de estimativa da vida útil, aplicando o método fatorial.
ISO 15686-9 (2008)	<i>Guidance on assessment of service-life data</i>	Fornecer indicações relativas à harmonização de produtos da construção.
ISO 15686-10 (2010)	<i>When to assess functional performance</i>	Especifica requisitos para verificar o desempenho funcional dos edifícios e instalações relacionadas durante a vida útil.
ISODTR2 15686-11 (2014)	<i>Terminology</i>	Terminologia dos termos usados em norma.

Segundo a ISO 15686-8 (2008) a previsão de Vida Útil de Referência se dar por meio de dois dados pretendidos como encontrando fontes de dados gerais existentes ou por meio de avaliação de dados em termos dados de vida útil de referência. A discussão sobre a previsão da vida útil de referência é destinada por vários dados, tais como: fabricantes de produtos da construção; testes laboratoriais; organismos de avaliação nacional e organizações de aprovação técnica; títulos de bancos de dados ou outros fornecedores de dados. A discussão sobre a formação de dados gerais para obter o vida útil de referência fornece orientação para editar dados gerais como o demonstra a Figura 11 no processo de fornecer dados de vida útil de referência.

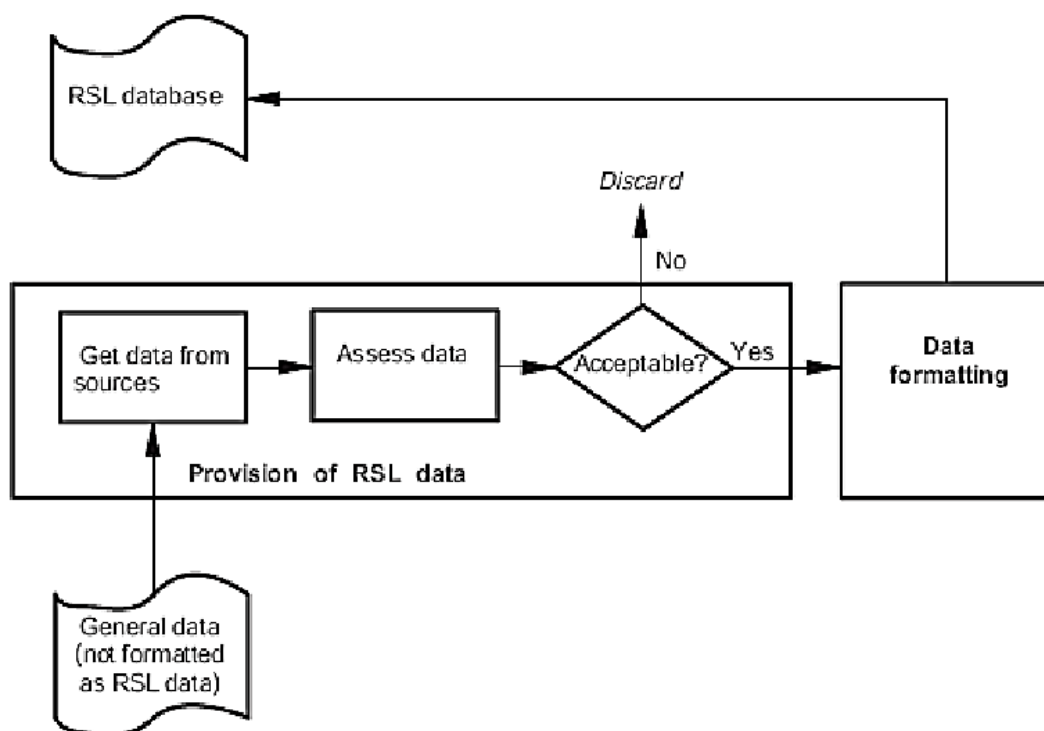


Figura 11 - O Processo de dados para a previsão de Vida Útil de Referência. Fonte: ISO 15686-8 (2008).

No processo demonstrado na ISO 15686-8 (2008) relata um processo que inicia na obtenção de dados para obtenção de vida útil de referência, mas que não estão editados, após a obtenção de dados de fontes de fabricantes da construção, é necessário avaliar de forma crítica os dados, conforme a norma orienta, uma vez que aceitável os dados obtidos e avaliados, é necessário seguir os critérios da edição dos dados para obter a base de dados de vida útil de referência e assim obter um método de previsão de vida útil dos materiais.

3.1. MÉTODO PROBABILÍSTICO

Tem como base o cálculo probabilístico, definindo a probabilidade de mudança no estado dos elementos, ou seja, o objetivo deste método é elaborar amostras que demonstrem o progresso da degradação durante o período de tempo considerado.

Para se obter estes resultados, é necessário o levantamento periódico do desempenho do elemento estudado, registrado em bases de dados. Apesar de promissores, estes métodos ainda não têm uma grande aplicabilidade, dado serem bastante complexos, necessitarem de grande quantidade de informação para serem fiáveis e terem uma enorme dependência do trabalho de campo. (SOUSA, 2008).

Nos métodos probabilísticos, a degradação é considerada como um processo estocástico, onde a probabilidade de deterioração é definida para cada propriedade durante um período de tempo. (PINHEIRO, 2013).

Estes métodos têm geralmente como base o cálculo matricial ou probabilístico, permitindo assim, a elaboração de modelos que permitam descrever ao longo do tempo, a evolução da degradação com as correspondentes incertezas. Diferem dos modelos determinísticos por incluírem na estimativa de vida útil, uma componente probabilística, não apresentando somente um valor como estimativa, mas sim, intervalos de possíveis valores com probabilidades de ocorrência associadas. (ANSELMO, 2012; GARRIDO, 2010).

3.2. MÉTODO DE ENGENHARIA

O método de engenharia é definido por Moser e Edvardsen (2002) como “qualquer relação matemática simples (o mais simples possível, mas não simplista) trabalhada, usando na relação distribuições de qualquer tipo para os fatores individuais”.

Este método concilia as vantagens dos métodos fatorial e probabilístico, utilizando o método da fórmula do fatorial e utilizando o processo de degradação de forma probabilística.

Os métodos de engenharia pretendem combinar os métodos determinísticos e probabilísticos. De forma a manter a simplicidade dos métodos determinísticos, melhorando-os, através da introdução de dados probabilísticos que exijam menor quantidade de informação. A obtenção da vida útil estimada é realizada a partir da associação dos dados probabilísticos e a simplicidade de utilização e menor exigência de volume de dados que é possibilitada pelos modelos determinísticos. São introduzidos 16 dados estatísticos na definição dos fatores de degradação permitindo a integração de um pouco de variabilidade associada à incerteza da realidade. (ANSELMO, 2012; PINHEIRO, 2013; SANTOS, 2010).

Uma das vantagens dos métodos de engenharia é a identificação dos fenômenos de degradação e identificação de diminuição do desempenho de uma forma mais analítica, assim permitindo um melhor controle, correção do projeto e/ou alteração nos planos de manutenção. (BORDALO et al., 2010; SILVA et al., 2014; SOUSA, 2008).

3.3. MÉTODO DETERMINÍSTICO (FATORIAL)

Nicolella (2005) relata em sua tese, que o método fatorial, introduzido pela norma ISO 15686-1, permite uma estimativa da vida útil para ser feito de forma particular com um

componente ou de forma associada a específicas condições. Este método é baseado em uma série de fatores modificadores que relacionam para condições de casos específicos. Hovde (2002) refere que o Método Fatorial é uma maneira de reunir a consideração de cada uma das variáveis que é susceptível de afetar a vida útil. Pode ser usado para fazer uma avaliação sistemática, mesmo quando as condições de referência não coincidem totalmente com as condições previstas de utilização. A sua utilização pode reunir a experiência de projetistas, observações, intenções dos gestores, e garantias dos fabricantes, bem como dados de laboratórios de ensaios.

A fórmula para estimar a vida útil de determinado elemento da construção e os fatores a serem considerados deste método, estão representados na Tabela 4 e Tabela 5, respectivamente.

Tabela 4: Fórmula para Vida Útil Estimada dos componentes. Fonte: Autor (2019).

VUE = VUR x fA x fB x fC x fD x fE x fF x fG	
VUE	Vida Útil Estimada
VUR	Vida Útil de Referência
fA / fB	Fatores modificadores

Tabela 5: Fatores considerados para a fórmula. Fonte: ISO 15686-8 (2008) Traduzida.

FATORES	DEFINIÇÃO	SIGNIFICADO
Fator A	Qualidade do material ou componente	Condições em que são fornecidos à obra Segundo as especificações do projetista
Fator B	Nível de qualidade do projeto	Este fator tem a ver com a adequação da escolha de uma solução construtiva específica, das medidas de proteção previstas, etc.
Fator C	Nível de qualidade da execução	A avaliação deste fator deverá refletir o grau de confiança da mão de obra, mas também a existência ou não de uma fiscalização rigorosa
Fator D	Características do ambiente interior	Para quantificação deverão ser pelos agentes de degradação
Fator E	Características do ambiente exterior	Para quantificação deverá ser pelos agentes de degradação externa onde a edificação está situada
Fator F	Características do uso	Reflete o efeito do uso na degradação do material ou componente. É geralmente

		importante a distinção entre uso comum e uso privado
Fator G	Nível de manutenção	Fator relativo à manutenção que deve ser dada pela probabilidade da existência de uma manutenção adequada

A vantagem do método fatorial é que permite tudo o que é provável para contribuição das variações de vida útil a ser examinado ao mesmo tempo e a importância relativa de cada um ser considerado. (JERNBERG, et. al., 2004).

Segundo Nicolella & Pascale (2005) a escolha de valores para usar como fatores modificadores podem estar baseados em testes ou experimentos previamente de uso. Se as condições que prevêm em um caso específico conduzirem a falhas precoces ou a uma vida útil estendida, podem ser usadas condições semelhantes em outro lugar como base para aplicação de um fator de modificação.

Ao mesmo tempo em que essa condição é representativa, para outro aspecto, uma desvantagem porque todos os fatores na fórmula têm o mesmo peso na degradação do elemento do edifício considerado. Além disso, a falta de alguns pesos diferentes dos fatores envolve que a combinação de pequenos fatores modificadores pode ter um efeito significativo global. Isso é particularmente importante quando a degradação é afetada por uma combinação de fatores, porque até mesmo uma pequena variação de mais fatores de referência, conduz a uma variação significativa da estimativa de vida útil.

Além disso, a situação na qual muitos fatores são diferentes de 1 é muito frequente porque eles representam a divergência de muitos aspectos diferentes, das condições simuladas que às vezes tenha muita influência diferente na degradação do mesmo elemento do edifício.

Os autores complementam com mais alguns aspectos que são considerados desvantagens, ao uso do método fatorial. Abaixo a Tabela 6 apresenta o resumo dessas justificativas.

Tabela 6: Referências justificáveis do método fatorial. Fonte: Nicolella; Pascale (2005).

ASPECTOS	JUSTIFICATIVA
Agrupamento do fator de característica do ambiente externo	Enfatiza que muitos agentes relevantes, como os agentes climáticos e atmosféricos, estão agrupados em um só fator (fator E), mas esses agentes são influenciados frequentemente pelas variáveis e não são homogêneas, o que não permite este tipo de ajuntamento.
Atribuição dos valores numéricos aos fatores	Esta operação é também subjetiva e arbitrária. Pois numa mesma situação, dois diferentes projetistas, sem especificar indicadores ou valores limites ou alcance

	definido de variação dos valores, poderiam obter muitos resultados diferentes.
Determinação da vida útil de referência (VUR)	O método propõe muitas soluções e também muitos caminhos de determinação, que apresenta diferentes níveis de importância e segurança e não são homogêneas. O projetista pode definir o valor de referência, que é o mais importante elemento da fórmula, na base de dados provenientes por várias informações disponíveis.
Assim, é possível declarar que o método fatorial não provém de uma garantia do ciclo de vida. Isto apenas dá uma estimativa baseada em quais informações está disponível, a segurança depende da precisão dos dados de contribuição.	

Portanto, diante dos três métodos que a ISO 15686-8 (2008) apresenta para obtenção de vida útil de referência é possível posteriormente realizar a escolha de qual método será relevante para a pesquisa, haja vista, a necessidade de adaptação em alguns fatores, após a escolha da edificação como estudo de caso.

4. EDIFICAÇÃO ESCOLHIDA

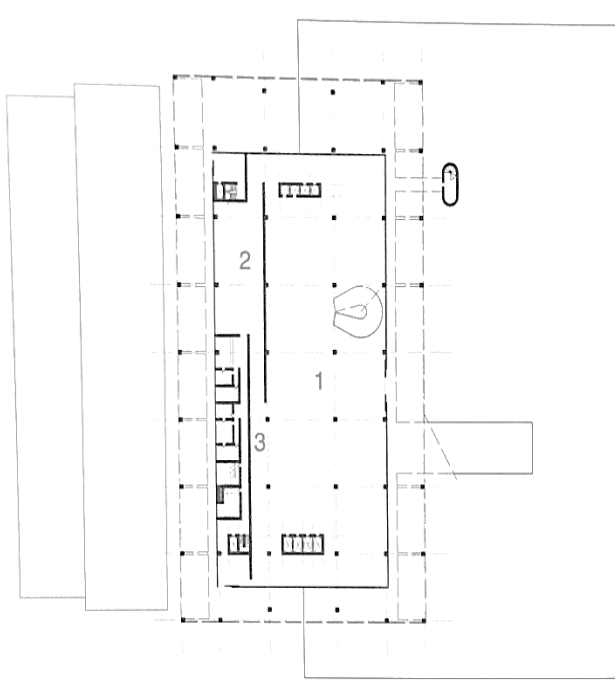
Para o estudo de caso, foi escolhido um edifício público de grande representação histórica e política para o Brasil, o Palácio do Planalto. Essa edificação é tombada pelo IPHAN e é considerado um palácio para a sede do Poder Executivo em Brasília-DF. A edificação passou por um processo de duas versões de projeto, durante a concepção, a primeira tem data registrada em agosto de 1956 e a segunda meses depois, ambos projetos de Niemeyer⁸. O projeto antecessor é visto em forma de plantas baixas dos pavimentos principais na Figura 12 a seguir.

Mesmo tendo duas versões de projetos, a construção do Palácio do Planalto, devido a urgência política e entrega da nova Capital do Brasil foi realizado simultaneamente com a concepção dos projetos.

Não havia tempo a perder e as construções se iniciavam, tendo apenas calculadas suas fundações. O resto, os detalhes das estruturas e da própria arquitetura, vinham depois, acompanhando o ritmo programado. (NIEMEYER, 1998, p. 114).

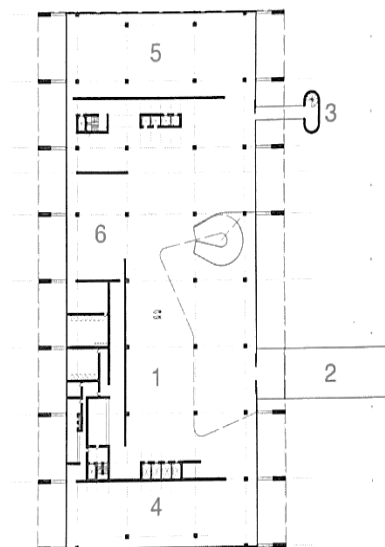
⁸ Entre 1936 e 1956 a biografia de Neimeyer registra a elaboração de mais de noventa projetos, cinco deles em outros países, e de conjunto total mais da metade construída. Formou-se arquiteto pela Escola Nacional de Belas Artes (ENBA) com instrução iniciada em 1929 e concluída em 1934, ano no qual recebeu a titulação de engenheiro-arquiteto. (SILVA, 2014)

A escolha partiu da busca de uma edificação que tivesse um valor considerado para a sociedade e que fosse viável a busca por informações históricas e técnicas da construção e nos períodos de intervenção. Portanto, o Palácio do Planalto foi escolhido para o estudo de caso, tendo em vista toda a sua importância e situação física atual. Através da possibilidade de visita técnica e leitura de registros de especificações e projetos, a pesquisa tornou-se viável ao ponto de obter e gerar todas as informações necessárias para a continuação da pesquisa, e demais pesquisas futuras.



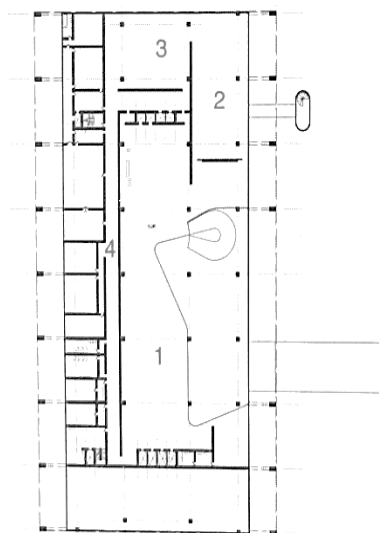
i) Térreo

1. Saguão
2. Arquivo
3. Órgãos da Presidência



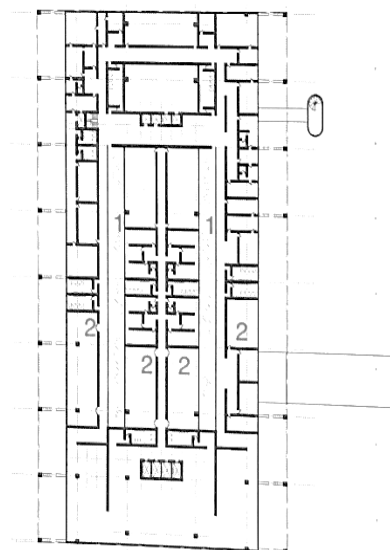
ii) Segundo pavimento

1. Hall nobre
2. Rampa de acesso
3. Tribuna
4. Salão de banquete
5. Salão nobre
6. Salão de estar



iii) Terceiro pavimento

1. Galeria / Mezanino
2. Recepção
3. Antessala
4. Órgãos da Presidência



iv) Quarto pavimento

1. Jardins
2. Órgãos da Presidência

N ← 0 | 10m

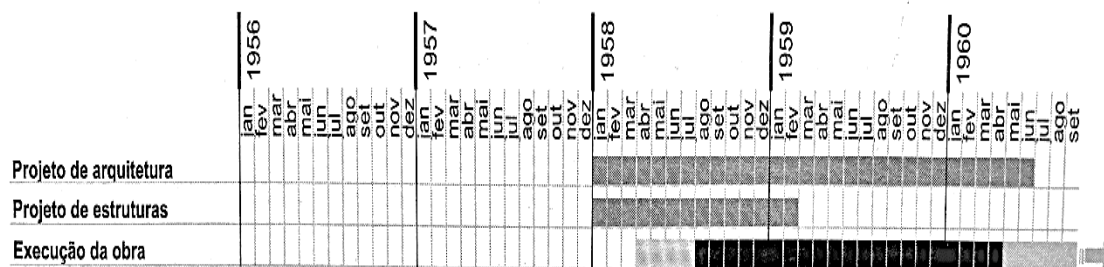
Figura 12 - Plantas dos pavimentos do Palácio Planalto, na segunda versão de projeto. Fonte: Os Palácios Originais de Brasília (2014).

4.1. PALÁCIO DO PLANALTO

Segundo SILVA (2014) os palácios da Alvorada, do Congresso Nacional, do Supremo Tribunal e do Planalto foram projetados e construídos entre agosto de 1956, data de registro das primeiras propostas elaboradas, e abril de 1960, quando foram inaugurados. Esse período foi marcado por duas exigências específicas para a construção de Brasília. A primeira relacionava-se ao planejamento e à execução de obras dotadas de atributos que assegurassem a transferência e a permanência de pessoas e que contemplassem a representatividade e monumentalidade condizentes com uma capital.

Desse cenário, em que se imbricaram necessidades simbólicas e exigências concretas, surgiram as obras que se tornaram referências dos poderes da República, marcos da arquitetura moderna e patrimônio edificados tombados em sítio de reconhecimento internacional. Não obstante a constatação da distinta relevância, esses palácios ainda carecem de estudos detalhados, pois a dinâmica dos feitos naquele período, a monta de acontecimentos verificados durante a existência dos prédios e as atuais exigências de intervenções tem reclamado compreensão mais larga sobre o tema, discute Silva (2014) em seu livro.

A cronologia construtiva dos palácios foi marca pela sobreposição da elaboração de projetos com a etapa de execução das obras, condição ditada, principalmente, pelo cronograma de curto prazo. Além dessa sobreposição, destaca-se que a atuação projetual teve execução em contextos distintos, bem como as obras, a despeito do que a narrativa corrente consolidou. Essa constatação pode ser comprovada nos registros de desenhos que ocorreram em momentos anteriores ao concurso para Brasília e que se estenderam além da inauguração da cidade (Figura 13).



Legenda e Fontes

- Projetos de arquitetura | Projetos de estruturas em concreto armado**
 Sistematização dos projetos existentes nos seguintes acervos:
 Arquivo Público do Distrito Federal; Câmara dos Deputados; Presidência da República; e Supremo Tribunal Federal.

- Execução das obras - período segundo os registros divulgados**
 Dados sistematizados a partir de:
 BRASIL, 1960, "Diário de Brasília: 1956-1957"; "Diário de Brasília: 1958"; e "Diário de Brasília: 1959".

- Execução das obras - registros de pagamentos efetuados às construtoras**
 Dados sistematizados a partir de: GOVERNO DO DISTRITO FEDERAL, "Relação de empreiteiras - 1956-1970".

Figura 13 - Cronologia do Palácio do Planalto. Projeto e Execução da obra. Fonte: Os Palácios Originais de Brasília (2014).

Por meio dessa breve análise mencionada no livro de Silva (2014), é possível observar que o planejamento de construção do Palácio do Planalto não teve uma organização cronológica ideal, havendo inúmeros imprevistos de decisões e execução durante a obra. Esses episódios acarretam falhas construtivas que resultam em dificuldades para a manutenção e operação da edificação.

Segundo Silva (2014), a etapa de desenvolvimento do Palácio do Planalto tem os principais registros a partir de março de 1958 e possui produtos realizados até o mês de junho de 1960. O período faz parte do intervalo no qual ocorre o desenvolvimento do Palácio do Congresso Nacional e coincide, em boa parte, com a produção para o Palácio do Supremo Tribunal Federal. O desenvolvimento dos projetos, portanto, teve início pouco antes dos trabalhos no canteiro de obras por parte das firmas construtoras.

Diante da escolha da edificação a próxima etapa da metodologia de trabalho, será a organização dos procedimentos que serão adotados para organizar todos os conceitos apresentados junto ao método prático. Para cada etapa será apresentado os procedimentos realizados para que ao final da pesquisa, haja análises conclusivas de cada etapa.

5. PROCEDIMENTOS PROPOSTOS (aplicação da metodologia)

A norma ISO 15686-2 (2001) define planejamento de vida útil como um processo de projeto que procura garantir, na medida do possível, que a vida útil de um edifício seja igual ou superior à vida de projeto, levando em conta (e, preferencialmente, otimizando) os custos globais (do ciclo de vida) do edifício. Implica, portanto, estimar a vida útil de cada parte do edifício e planejar as substituições das partes que tenham vida útil menor que a projetada, para a construção como um todo. O processo inclui a definição da vida útil de projeto, definida como aquela “pretendida pelo projetista e cliente para sustentar as decisões de especificação”. Esse valor pode ser estabelecido com base em critérios econômicos, ambientais ou até mesmo técnicos. (SATTLER; PEREIRA, 2006).

A metodologia proposta neste presente estudo procura estabelecer parâmetros através de índices que permita dimensionar de forma objetiva os fenômenos que promovem o surgimento e a evolução dos processos de vida útil dos componentes da construção. Em seguida, aplicar os fatores no componente usando um projeto modelado em BIM e posteriormente ser extraído o banco de dados contendo as informações desses fatores para o cálculo da vida útil estimada, a fim de gerar um plano de gestão de manutenção desses componentes construtivos.

Neste sentido, este trabalho apresenta uma sistematização da avaliação da vida útil dos materiais em uma edificação. Para isso, será necessário o entendimento de como será aplicado o método de vida útil estimada dos componentes, para posteriormente ser aplicado na metodologia BIM, numa edificação usada como estudo de caso.

Após a definição do método de VUE as especificações de índices para atribuição dos valores numéricos de cada fator que contempla a fórmula do método, são inseridos os fatores para preenchimento dos índices diretamente no modelo BIM e posteriormente a extração dos dados para a gestão de manutenção preventiva.

A Figura 14 mostra as etapas da metodologia proposta neste estudo que contempla as etapas de: levantamento dos dados, tratamento dos dados e análise final com proposta de modelo para gestão de manutenção.

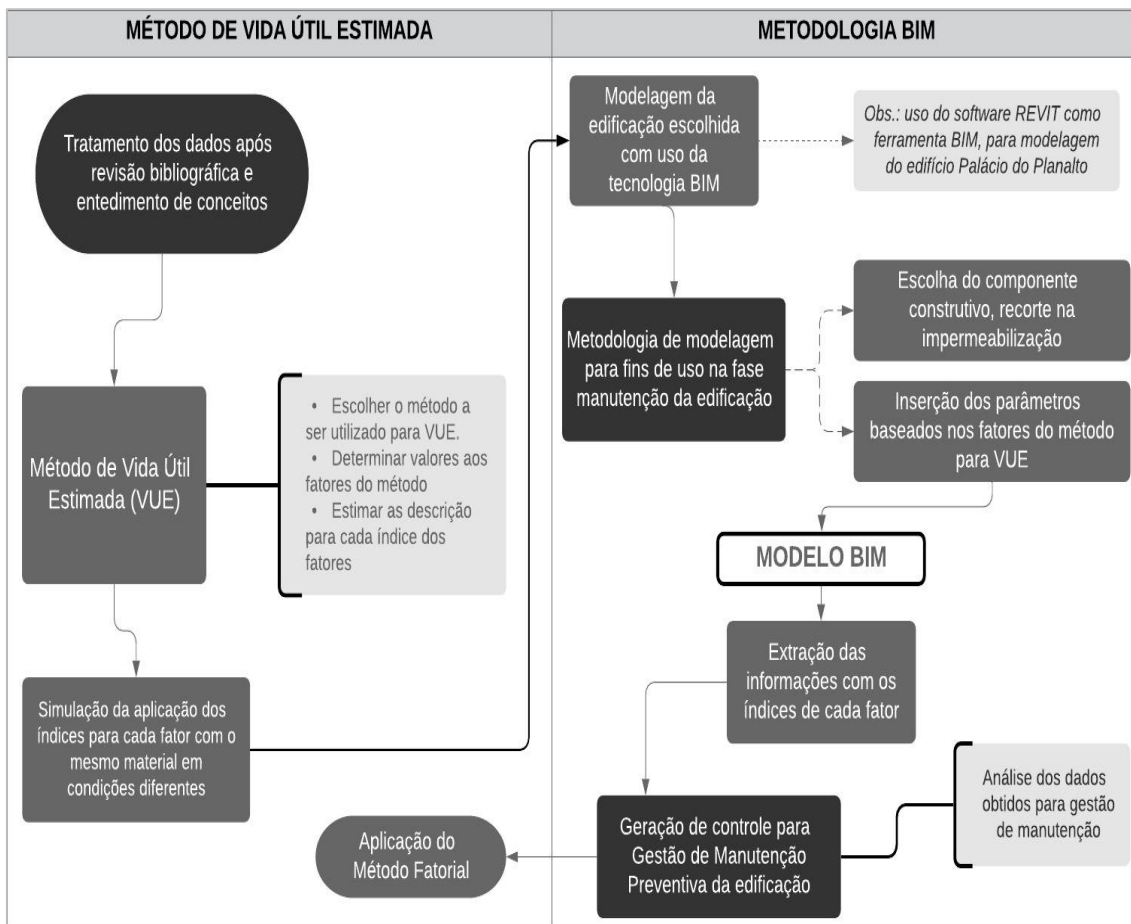


Figura 14 - Fluxograma da metodologia adotada neste estudo. Fonte: Autor (2019).

Os próximos capítulos tratam das etapas para aplicação da metodologia, a fim de obter a análise dos resultados esperados no cálculo da vida útil estimada. Divididas em partes para compreender as etapas de produção até a chegada dos dados para análise dos resultados e por fim, a concepção dos requisitos de software para obtenção futura de um gestor de manutenção, ligado ao modelo BIM, tratando a interoperabilidade como um dos métodos propostos.

5.1. ESCOLHA DO MÉTODO DA VUE DOS COMPONENTES

Para a futura produção de um método de parametrização, por meio da tecnologia computacional, com o propósito final de obter dados e promover agilidade no processo de manutenção predial. Se faz necessário escolher um dos métodos de previsão de vida útil, citados anteriormente e estudar mais detalhadamente.

Dentre os três métodos foi escolhido o Método Fatorial que se encontra dentro do Determinístico. Por ter maior aceitação na comunidade científica e pela aplicação prática, de acordo com a ISO 15686 (2000).

Apesar desse método ser criticado por diversos autores, devido a sua incerteza associada à variabilidade dos fenômenos que causam degradação. É possível fazer modificações nestes fatores propostos pela ISO 15686, a fim de adequar ao mais próximo da demanda e da realidade da construção civil brasileira, inserindo e/ou excluindo fatores que não terão tanta relevância à busca da vida útil do elemento analisado.

Hovde e Moser (2004) referem que o estado da arte dos métodos focados no Método Fatorial descrito na norma ISO 15686-1 (2000) deverá ser uma boa base para a aplicação e desenvolvimento dos tais métodos. Portanto, é possível numa revisão de literatura vários exemplos de uso do Método Fatorial, onde cada um apresenta limitações de especificações, por meio de vantagens e desvantagens.

Uma vez que a condição de gerar uma expectativa de vida útil de elementos é baseada em fatores determinantes, é relevante atentar para a citação de Santos (2010), onde explica que partindo de uma duração da vida útil de referência, esperada em condições padrão, obtém-se uma estimativa da vida útil para as condições particulares pretendidas através da multiplicação da vida útil de referência por uma série de fatores relacionados com diversos aspectos determinantes para a durabilidade.

Nicolella e De Pascale (2005) afirmam que a vantagem do Método Fatorial é que analisa tudo o que é susceptível de contribuir para variações na vida útil analisada e ao mesmo tempo na importância relativa com que considera essas variações.

Diante da escolha de um dos métodos citados para a previsão de vida útil dos componentes, se faz necessário o estudo mais elaborado do mesmo para que posteriormente se faça a concepção dos parâmetros destes dados para a extração, por meio de ferramentas BIM, para o uso final dos usuários e responsáveis pela manutenção predial.

Desta forma, a busca de métodos de previsão dos componentes, para continuação da pesquisa e desenvolvimento de uma parametrização realizada no modelo BIM, aliada aos dados e variáveis necessárias para obtenção de um parâmetro, inseridos em cada elemento do projeto/modelo e que posteriormente é extraído e utilizado para o gerenciamento de manutenção, ocasiona um método de controle de manutenções de forma digital, automática, que por sua vez, estará aliada ao modelo carregado de informações.

5.2. DETERMINAÇÃO DOS VALORES AOS FATORES

A escolha do método determinístico para a previsão da vida útil dos componentes é baseada em sete fatores determinados em valores numéricos e que são definidos com base

no responsável técnico de cada fator. Portanto, é necessário que tenha diretrizes direcionando a escolha desses valores, para que o método aumente a sua eficácia.

A atribuição dos valores numéricos de cada fator que contempla a fórmula é uma decisão subjetiva de cada gestor de manutenção. Onde cada usuário levará em consideração a sua experiência e parâmetros profissionais para a definição.

O que será apresentado para esta pesquisa é uma proposta de atribuição dos valores numéricos aos fatores, determinando um intervalo definido de variação seguida de descrições bases para a escolha dos valores.

Vale lembrar a estrutura da fórmula e seus fatores, para dar continuidade ao estudo:

$$\text{VUE} = \text{VUR} \times \text{fA} \times \text{fB} \times \text{fC} \times \text{fD} \times \text{fE} \times \text{fF} \times \text{fG}$$

O método fatorial multiplica a Vida Útil de Referência (VUR) por fatores que levam em conta as condições específicas de utilização. A ISO 15686 (2008) diz que o método fatorial não fornece uma garantia de uma vida de serviço, ela apenas dá uma estimativa empírica com base no que as informações são inseridas.

Para melhor compreender o que contempla cada fator da fórmula do método fatorial, o quadro abaixo faz um resumo das principais características que são usadas para influenciar no valor da vida útil estimada.

Tabela 7: Principais características dos fatores. Fonte: Adaptado da ISO 15686 (2008).

ASPECTOS DE INTERESSE	FATOR	CATEGORIA DO FATOR	A CONSIDERAR
Características de Qualidades Inerentes	A	Nível de desempenho inerente	Tipo de material e ou grau Características de durabilidade. Ex.: sistemas de proteção
	B	Nível de projeto	Detalhes de construção. Ex.: juntas e fixações
	C	Nível de execução do trabalho	Local de trabalho
Meio ambiente	D	Meio ambiente interno	Características especiais. Ex.: condensação
	E	Meio ambiente externo	Características especiais. Ex.: maresia ou poluição
Condições de Operação	F	Condições de uso	Características especiais. Ex.: vandalismo

G	Nível de manutenção	Cíclico, incluindo qualidade.
---	---------------------	-------------------------------

Para determinar o coeficiente de influência de cada fator, foram definidos os índices⁹ 0.8, 0.9 e 1, baixa, média e alta qualidade, respectivamente, seguidos de diretrizes para cada um dos valores. A escolha de qual índice a ser usado para cada fator passa a ser de responsabilidade do profissional determinado.

O método fatorial oferece a possibilidade de fazer uma correção da vida útil de referência usando os fatores e critérios. Cada um dos sete fatores poderá ter o maior valor sendo igual a 1,0 (um), valores inferiores a ele, levam o encurtamento da vida útil de referência. Os índices apresentados juntamente com suas descrições, foram determinados para dar prosseguimento à pesquisa. Sendo que estes podem ser alterados e determinados de acordo com a demanda de cada usuário. As descrições apresentadas para cada índice reduzem a subjetividade na escolha por diferentes usuários, quando forem atribuir os valores em cada fator da fórmula.

Sendo assim, levando em consideração os fatores já apresentados, seguem as tabelas, por fatores, com a descrição para a escolha de cada índice.

5.2.1. FATOR A: QUALIDADE DO MATERIAL OU COMPONENTE

Condições dos componentes que são fornecidos à obra segundo as especificações do fabricante.

ÍNDICE	DESCRIÇÃO
0,8	Baixa qualidade. Fabricação sem certificação ou garantia, com valor baixo no mercado, sem indicação do mercado.
0,9	Média qualidade. Fabricação com certificação ou garantia, com valor médio no mercado.
1	Alta qualidade. Fabricação certificada pela NBR 15.575, com valor alto no mercado.

5.2.2. FATOR B: NÍVEL DE QUALIDADE DO PROJETO

⁹ Valores dos fatores retirados com base no artigo *Estimating the Service Lives of Building Products in Use*. A. Straub (2015).

Este fator tem a ver com a adequação da escolha de uma solução construtiva específica das medidas de proteção previstas.

ÍNDICE	DESCRIÇÃO
0,8	Baixa qualidade. Com o intuito de atender as questões físicas, sem grande preocupação de manutenção e durabilidade.
0,9	Média qualidade. Solução adotada para atender em médio prazo a função do componente ou sistema.
1	Alta qualidade. Adoção de solução de aplicação e instalação que tenha fácil manutenção e sistema de garantir a durabilidade.

5.2.3. FATOR C: NÍVEL DE QUALIDADE DA EXECUÇÃO

A avaliação deste fator deverá refletir o grau de confiança da mão de obra, mas também a existência ou não de uma fiscalização rigorosa.

ÍNDICE	DESCRIÇÃO
0,8	Baixa qualidade. Mão de obra precária, sem fiscalização, com profissionais sem capacitação comprovada.
0,9	Média qualidade. Mão de obra intermediária, com comprovação de capacitação e com fiscalização não especializada.
1	Alta qualidade. Mão de obra profissional, com certificados de capacitação e fiscalização terceirizada por profissionais da área.

5.2.4. FATOR D: CARACTERÍSTICAS DO AMBIENTE INTERIOR

Para quantificação deverá ser pelos agentes de degradação interna dos ambientes.

ÍNDICE	DESCRIÇÃO
0,8	Baixa qualidade. Local de instalação com contato de agentes biológicos e físicos, que afetam a durabilidade.
0,9	Média qualidade. Local de instalação com pouco contato ou com tratamento parcial para o contato com agentes biológicos ou físicos.
1	Alta qualidade. Local de instalação com tratamento adequado para não ter contato com agentes biológicos ou físicos que afetem a durabilidade.

5.2.5. FATOR E: CARACTERÍSTICAS DO AMBIENTE EXTERNO

Para quantificação deverá ser pelos agentes de degradação externa onde a edificação está situada.

ÍNDICE	DESCRIÇÃO
0,8	Baixa qualidade. Local de instalação com contato de agentes externos biológicos e físicos ao local, que afetam a durabilidade.
0,9	Média qualidade. Local de instalação com pouco contato ou com tratamento parcial para o contato com agentes externos biológicos ou físicos.
1	Alta qualidade. Local de instalação com tratamento adequado para não ter contato com agentes externos biológicos ou físicos que afetem a durabilidade.

5.2.6. FATOR F: CARACTERÍSTICAS DO USO

Reflete o efeito do uso na degradação do material ou componente. É geralmente importante a distinção entre uso comum e uso privado.

ÍNDICE	DESCRIÇÃO
0,8	Baixa qualidade. Material ou componente aplicado em local para uso comum, com alto índice de usuários, sem controle de acesso.
0,9	Média qualidade. Material ou componente para uso intermediário, aplicado em local com uso comum, mas com restrição de acesso.
1	Alta qualidade. Material ou componente para uso restrito, aplicado em local para uso privado.

5.2.7. FATOR G: NÍVEL DE MANUTENÇÃO

Fator relativo à manutenção que deve ser dada pela probabilidade da existência de uma manutenção adequada.

ÍNDICE	DESCRIÇÃO
0,8	Baixa qualidade. Local aplicado onde dificilmente será possível a realização de manutenção, devido fatores de acesso.
0,9	Média qualidade. Local aplicado onde há possibilidade de realizar manutenções, porém com a necessidade de intervir em outros elementos próximos.

- 1 Alta qualidade. Local aplicado onde há facilidade de realização de manutenção, com planejamento de recursos para uma manutenção adequada.

5.2.8. INFLUÊNCIA DOS ÍNDICES EM CADA FATOR

Como o método fatorial baseia-se na comparação entre a referência, o uso e a condição a qual o componente é submetido, os valores escolhidos pelos usuários terão grandes influências para a determinação da Vida Útil Estimada (VUE). Dois produtos ou componentes idênticos, aplicados em locais diferentes ou não utilizados de forma adequada, terão suas durações diferentes.

Essa característica, na fase de projeto e execução, conduzirá a uma melhor definição de VUE dos componentes, como mostra a Figura 15.

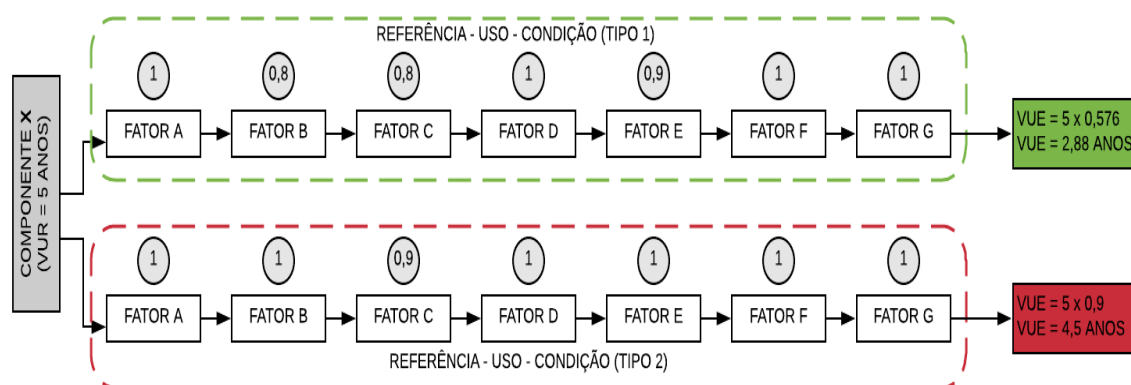


Figura 15 – Simulação do método para VUE de um mesmo componente em diferentes circunstâncias. Fonte: Autor (abril, 2019).

5.3. MODELO BIM DESENVOLVIDO PARA O ESTUDO

Para a modelagem de uma edificação utilizando a metodologia BIM, a finalidade do uso das informações deve ser uma condição definida logo no início do processo da modelagem. As condições para cada dimensão do ciclo da construção. Todo ciclo de vida da edificação, tem suas propriedades de informações e nível de detalhamento específico para poder ser aplicável. A Figura 16 mostra o ciclo de vida que pode ser representado e aplicado com o uso da metodologia BIM desde os estudos preliminares à demolição ou renovação da edificação.



Figura 16 - Ciclo de Vida BIM. Fonte: Adaptado de Rozenfeld e outros (2006), Librelotto (2009) e The Noum Project (2017).

Santos, Antunes e Balbinot (2014) referem-se ao BIM como “um banco de dados unificado, onde quaisquer informações relacionadas ao edifício podem ser criadas ou extraídas”.

Ao considerar o modelo BIM como um banco de dados, pode-se dizer que em consequência disto este modelo necessita de gestão para estas informações, e, portanto, o BIM é também um sistema de gestão das várias informações que estão integradas no modelo. (WONG; FAN, 2013).

Nesse sentido, com base na importância das informações necessárias para a fase de manutenção da edificação, o edifício escolhido como modelo de estudo, o Palácio do Planalto, foi modelado com o intuito de gerar informações para fins de manutenção. A Figura 17 mostra a modelagem tridimensional do edifício em estudo em sua fase de desenvolvimento.

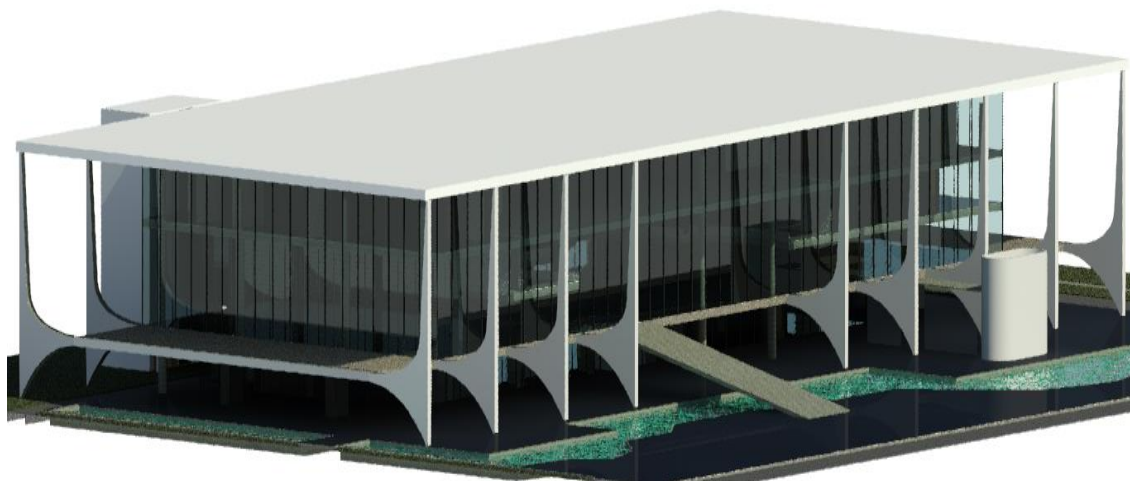


Figura 17 - Palácio do Planalto modelado com o Revit. Fonte: Autor (junho, 2019).

5.4. ESCOLHA DO COMPONENTE CONSTRUTIVO

Em virtude da fase de manutenção da edificação foi analisado o plano de cobertura do Palácio do Planalto, com fins de usar como elemento construtivo o componente de impermeabilização.

Pelo projeto original a cobertura foi projetada e executada no intuito de gerar um equilíbrio, segundo os critérios e dimensionamentos previstos pela arquitetura. No projeto original existiam em sua cobertura, aberturas dos jardins no quarto pavimento que, por sua vez, demandavam cuidadosas soluções para encaminhamento de águas pluviais, procurando desviá-las dos vazios. Após a restauração¹⁰ que ocorreu nos anos de 2009 e 2010, os jardins foram retirados e a cobertura foi fechada em sua totalidade, realizando um tratamento de restauração e inovação no sistema de impermeabilização da cobertura. No caderno de Especificações de Serviços entregues no processo de restauração do Palácio do Planalto, foi colocada em questão a intervenção na impermeabilização de algumas áreas da edificação e uma delas foi a cobertura do Palácio. Como demonstra a Figura 18, que trata dos serviços de impermeabilização, na restauração do Palácio, propostos pela equipe técnica do escritório do Oscar Niemeyer na época (2007).

¹⁰ Caderno de Especificações de Serviços. O projeto de Restauração do Palácio do Planalto obedece ao programa fornecido pelas equipes técnicas envolvidas, assim como a proposta do arquiteto Oscar Niemeyer. Essencialmente o projeto objetiva a recuperação dos espaços originais e condições físicas da arquitetura do Palácio, assim como a atualização de suas instalações técnicas visando melhor eficiência e conforto para o usuário. NIEMEYER; SILVEIRA; ANDRADE (2007).

PALÁCIO DO PLANALTO – PROJETO DE RESTAURAÇÃO

BRASÍLIA / DF

Especificações de Serviços

Impermeabilização

I - Coberturas dos subsolos – áreas externas

II - Cobertura do Palácio

I - Coberturas dos subsolos – áreas externas

Para os atuais subsolos sugerimos a manutenção da impermeabilização existente, áreas ajardinadas ou não, sistema que convém repetir para a cobertura da garagem a ser construída.

II - Cobertura do Palácio

Propõe-se remoção total da impermeabilização existente incluindo a regularização da laje.

O desenho em referência corresponde ao projeto original da cobertura do prédio, hoje com aspecto muito alterado depois das sucessivas intervenções ao longo dos anos.

Recupera-se assim a modelagem da superfície com suas calhas centrais e caimentos, e o detalhe da platibanda, contenção de águas pluviais.

Para a nova impermeabilização sugerimos as opções abaixo:

Impermeabilização com membrana polimérica pré-fabricada Evalon V ou
Impermeabilização moldada in loco com poliuretano spray Rhino Linings

Figura 18 - Parte do Caderno de Especificações (2007) de Serviços que foram propostos na Restauração do Palácio do Planalto. Fonte: Acervo Técnico COENGE (2019).

Diante da necessidade de restauros rotineiros durante todo o ciclo de vida da edificação, que se iniciou desde a execução do Palácio do Planalto e que se estenderá ao longo de toda vida útil da edificação, foram então levantados dados em busca de informações que pudessem esclarecer os métodos e os tipos de componentes que foram usados na impermeabilização, na última intervenção que ocorreu na cobertura do Palácio do Planalto. Levando em consideração a importância de que a partir dos dados de todos os componentes nesse sistema, será possível a elaboração de um plano de gestão para o controle de nossas intervenções de manutenção preventiva nos componentes de impermeabilização localizados na cobertura. Foi gerado a estrutura que representa todas as

fases de uma estrutura construtiva, a fim de compreender melhor as diferenças e a hierarquia de um elemento da construção, conforme a Figura 19 a seguir.

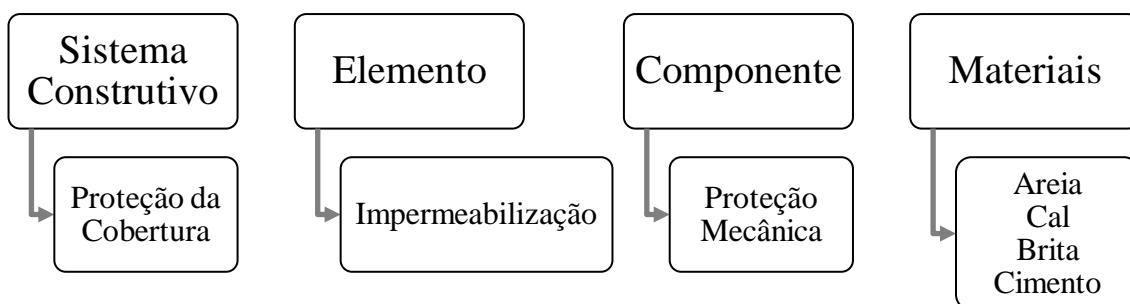


Figura 19 - Fases construtivas do Sistema de Proteção da Cobertura do Palácio do Planalto. Fonte: Autor (2019).

A partir do entendimento de que para esta pesquisa, dentre todos os elementos que compõe o edifício do Palácio do Planalto, o sistema de proteção da cobertura, com seu elemento de impermeabilização, composto de vários componentes, sendo um deles a proteção mecânica, que por sua vez é formado de vários materiais, foi o recorte escolhido para compor os estudos a seguir para alcançar os objetivos estabelecidos.

Em relação as patologias atuais que o sistema de proteção da cobertura do Palácio possui, foi verificado junto à Coordenação-Geral de Engenharia (COENGE) da Presidência da República¹¹ os principais motivos que acarretam manutenções corretivas com frequência, desde a última reestruturação, devido as infiltrações ocasionadas pela água pluvial na laje de cobertura do Palácio. As Figuras 20 e 21 a seguir, mostram o projeto de projeção da laje impermeabilizada juntamente com o levantamento dos elementos realizados em 2017 pela equipe técnica da COENGE.

¹¹ Coordenação-Geral de Engenharia – COENGE, formada por duas coordenações, sendo elas a Coordenação de Engenharia e Manutenção e a Coordenação de Projetos de Arquitetura e Engenharia. Pertence a Diretoria de Recursos Logísticos, sob a Secretaria de Administração que por sua vez está sob a Secretaria-Geral. Segundo Portaria Nº 7, de 14 de março de 2018, Art. 54 compete planejar, coordenar e executar as atividades relacionadas com: I - elaboração de estudos e projetos relacionados à implementação e ao gerenciamento de obras, serviços de engenharia, arquitetura e urbanismo; II – manutenção predial, reparos, modificações e serviços de engenharia em edifícios e imóveis funcionais; e III – realização de vistorias sobre as condições e uso de instalações prediais.

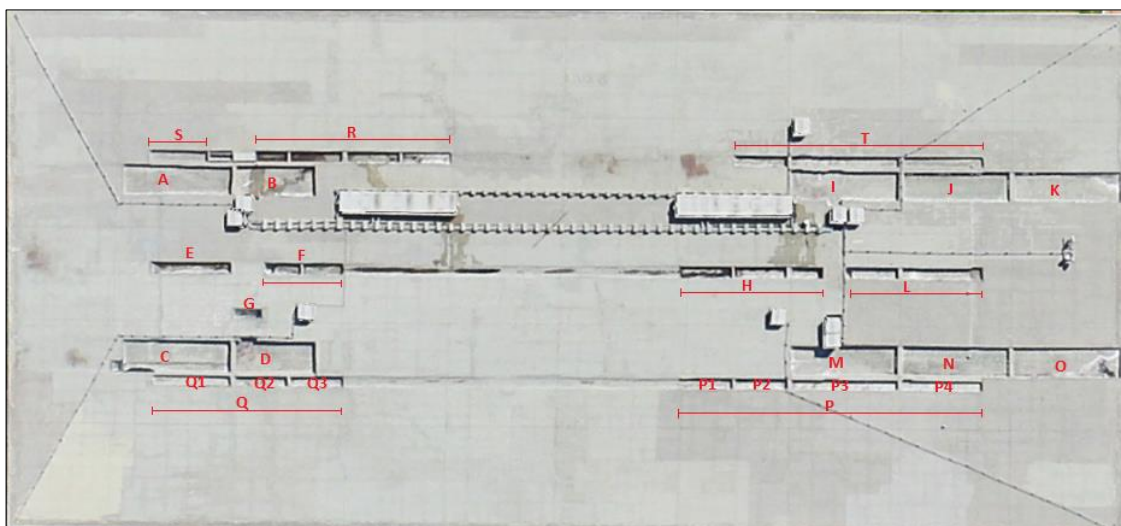


Figura 20 - Imagem Superior da Cobertura do Palácio do Planalto. Fonte: Google Earth adaptado (junho, 2019).

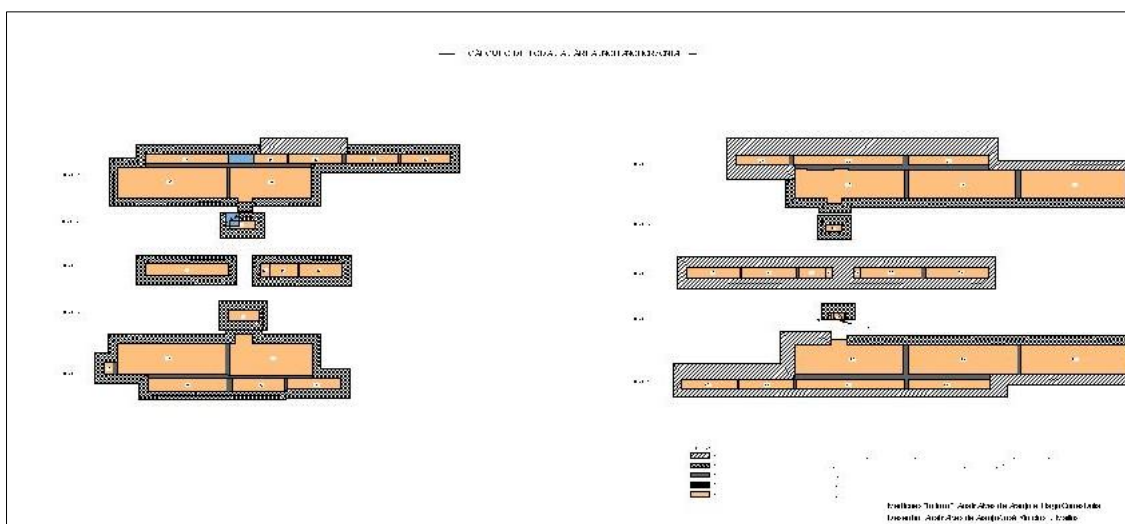


Figura 21 - Levantamento de áreas da Cobertura do Palácio do Planalto. Fonte: COENGE (2017).

É possível verificar que há inclinações voltadas para o interior da cobertura, que levam à diferentes tamanhos de calhas, que por sua vez alimentam o reservatório no subsolo do Palácio do Planalto. O dimensionamento e a posição dessas calhas foram realizados na obra de restauração que ocorreu em 2009, onde foi alterado o projeto original da cobertura do edifício.

Importante ressaltar que houve algumas falhas durante a execução do método construtivo, na inclinação e no uso dos componentes para as calhas construídas durante a obra de modificação da cobertura.

Mediante a escolha da cobertura como área de estudo da edificação e com o recorte do sistema de impermeabilização como elemento construtivo, foi necessário a visita em loco para resgatar as camadas reais usadas para a proteção da cobertura e compreender melhor a construção das calhas e verificação de possíveis causas de infiltrações. Portanto, por meio das Figuras 22 e 23, é possível comprovar os componentes usados para a impermeabilização da laje e a situação atual.

Ao realizar a visita técnica foi possível verificar por meio das laterais das calhas o sistema de proteção da cobertura com seus componentes locados em camadas. A causa da exposição direta desses componentes, sem a sua proteção mecânica os protegendo é devido a uma falha de execução desse sistema. Durante a obra de restauro a cobertura sofreu alterações em seu formato, onde havia aberturas diretamente para dois jardins de inverno locados no 4º pavimento, que por sua vez, foram fechadas e construídas essas calhas internas.

No entanto, a impermeabilização de toda a laje é feita pelos mesmos componentes, sendo que durante a execução teve erros de inclinação em algumas áreas, ocasionando acúmulo de água em algumas partes da cobertura, além de falha na utilização da proteção mecânica nas regiões entre o encontro das calhas com a finalização da camada horizontal da impermeabilização. Em outras palavras, a água que penetra pela proteção mecânica ao chegar na lona precisa percorrer a inclinação voltada até as calhas, e ao chegar na calha precisa estar livre de componentes para que haja a drenagem dessa água. No entanto, não deixaram essa camada livre para a saída dessa água drenada pela proteção mecânica, gerando acúmulo de água nas bordas superiores das calhas.



Figura 22 - Camadas dos elementos proteção mecânica, lona, isopor, geocomposto e manta asfáltica, atuais na cobertura do Palácio do Planalto. Fonte: Autor (2019).



Figura 23 - Camadas dos Elemento de Impermeabilização da Cobertura do Palácio do Planalto. Fonte: Autor (2019)

Nas Figuras 22 e 23 demonstra a intervenção que teve que ser realizada para evitar o acúmulo de água, devido a falha de execução mencionada anteriormente. Por isso, é possível claramente identificar cada componente do sistema de proteção da cobertura. Pelas Figuras 24 e 25, tiradas na visita em loco é possível verificar a situação atual da laje de cobertura, desde a última intervenção que ocorreu no ano de 2009, com as obras de restauração do Palácio do Planalto.



Figura 24 - Cobertura do Palácio do Planalto, sentido Congresso Nacional. Fonte: Autor (2019).



Figura 25 - Calhas interna da Cobertura do Palácio do Planalto. Fonte: Autor (2019).

Pelo estado atual da proteção da cobertura foi possível fazer o levantamento de todos os componentes usados na impermeabilização, conforme mostra a diagramação na Figura 26 a seguir. Após esse diagnóstico permitiu-se a modelagem real de cada componente para que posteriormente fosse inserido os parâmetros para o cálculo da vida útil estimada.

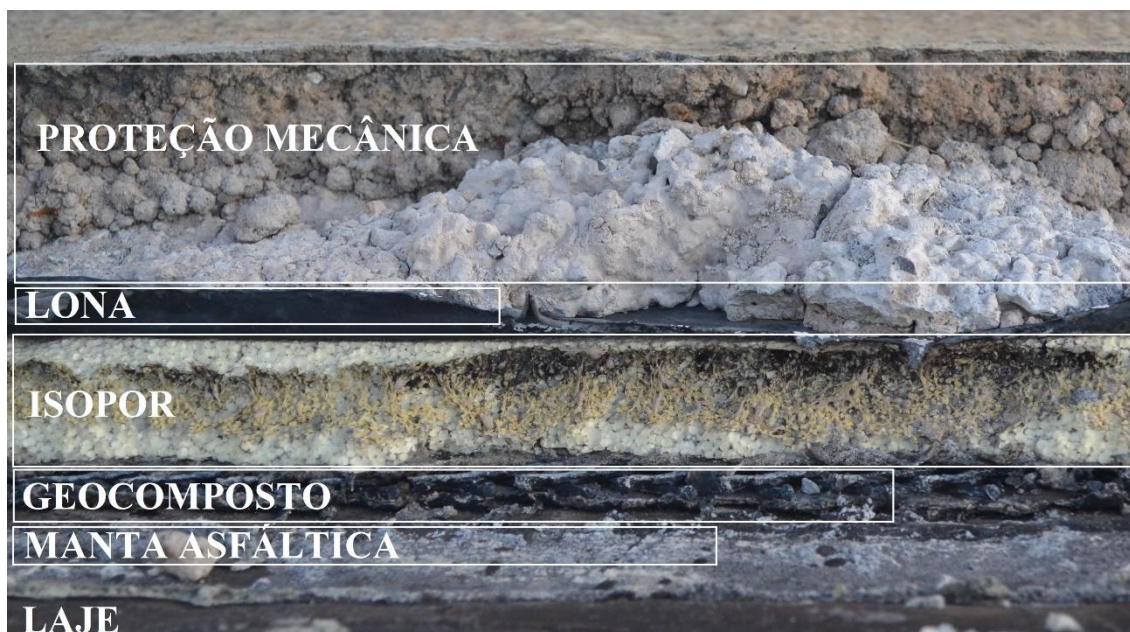


Figura 26 - Camadas dos Elementos atuais de Impermeabilização da Cobertura.

Fonte: Autor (2019).

Portanto, a modelagem da cobertura com seus detalhes reais e fiéis da construção e situação atual foram necessários para que o modelo BIM se tornasse confiável e sua análise em todo seu ciclo de vida útil, fosse utilizada com nível de desenvolvimento alto. Dessa forma, com base nos dados obtidos pela COPAE¹² e visita técnica, foi possível modelar a cobertura com seus detalhes construtivos reais. Valores de suma importância para que a continuidade de uma gestão de vistoria e manutenção seja segura. A Figura 27, mostra o projeto existente no banco de dados da COENGE, que foi usado para verificação em loco e modelagem de arquitetura posteriormente, ver Figura 28.

¹² Coordenação de Projetos de Arquitetura e Engenharia da Presidência da República.

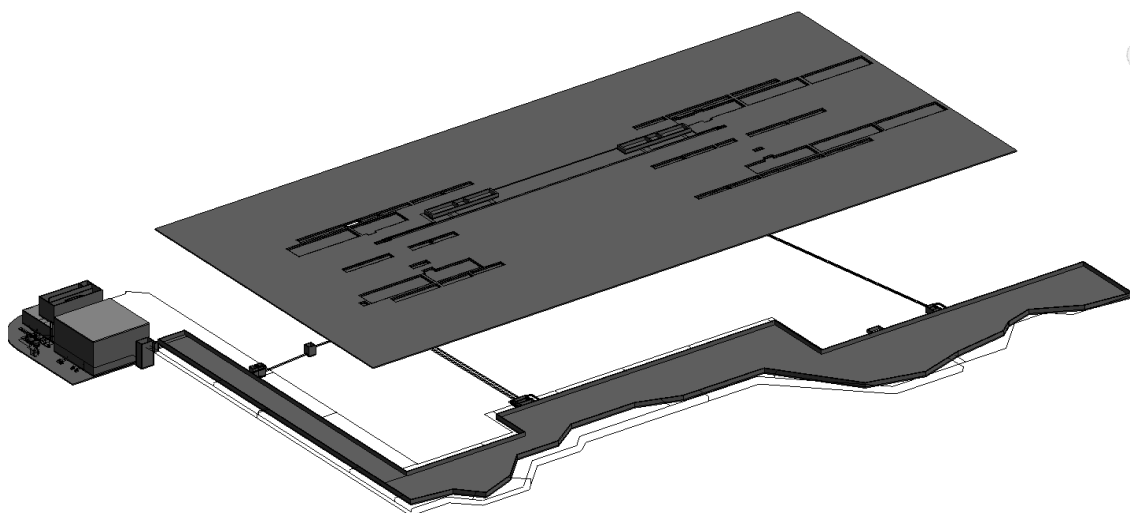


Figura 27 - Modelagem da Cobertura do Palácio do Planalto e Sistema Água Pluvial. Fonte: COENGE (2018).

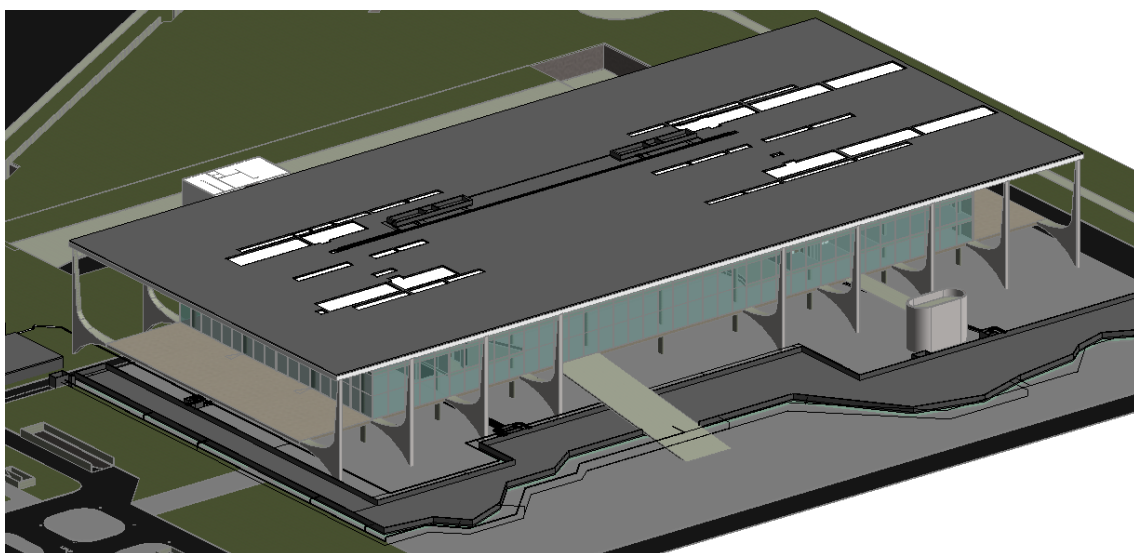


Figura 28 - Compatibilização do projeto arquitetônico com o projeto de Cobertura do Palácio do Planalto. Fonte: Autor (2019).

Baseado na necessidade de uma modelagem em nível mais detalhado afim de obter a gestão de manutenção foi necessário a modelagem de cada componente da cobertura, permitindo que cada um seja um objeto independente no modelo BIM, para que seja inserido nas suas propriedades os parâmetros de instância necessários para a alimentação da fórmula estabelecida no Método Fatorial.

A Figura 29, foi realizada para a definição das camadas existentes no sistema de impermeabilização acima da laje, o esquema foi necessário, para auxiliar na modelagem de cada tipo de piso (componente) para formar a camada de proteção da cobertura e por seguinte a criação dos parâmetros em cada componente.

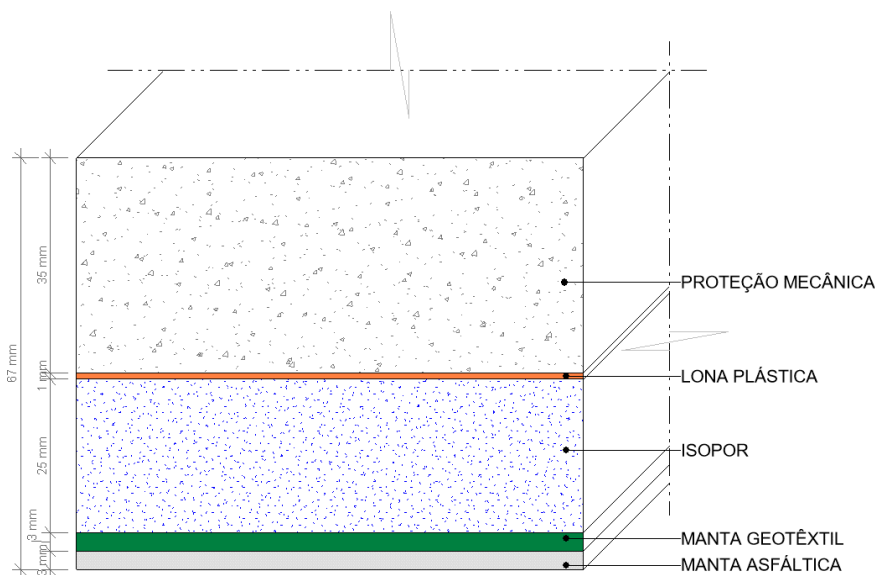


Figura 29 - Camadas do piso de acordo com o levantamento. Fonte: Autor (2019)

Por meio do levantamento no local foi possível identificar cada componente que forma o sistema de impermeabilização da cobertura do Palácio do Planalto, além de fazer o levantamento de espessura e situação atual de cada um. O tipo de fornecedores para cada componente foi possível através dos registros de cadernos de especificações e projetos da época da restauração do Palácio do Planalto.

Após a modelagem de cada tipo de piso (componente), foi dado início à criação dos parâmetros para inserir as variáveis que compõem a fórmula de cálculo de Vida Útil Estimada dos componentes, de acordo com o método fatorial.

5.5. CRIAÇÃO DOS PARÂMETROS

A metodologia que se propõe no presente trabalho aborda a escolha do método fatorial para a estimativa de Vida Útil Estimada do componente (capítulo 5.1) que por seguinte foi criado índices e suas descrições para cada fator da fórmula (capítulo 5.2), de forma que facilite e unifique a escolha dos índices. Em consequência das informações apresentadas e por meio da escolha do método de previsão da vida útil dos componentes, é possível fazer os estudos de como inserir os fatores que alimentam a fórmula para Vida Útil Estimada dos componentes, no modelo BIM.

O processo de inserir os parâmetros no modelo BIM, por meio do uso do software Revit (versão português 2019), será apresentado em forma de um breve passo a passo, a seguir, com o intuito de atender os critérios necessários para o funcionamento do método determinístico.

Uma vez que os fatores são variáveis de acordo com a referência, o uso e a condição em que se encontram, esses valores sofrem diferenças mesmo se tratando de um mesmo componente da construção. Portanto, ao tratar das condições de projeto é possível chegar à conclusão que esses fatores se tornaram parâmetros de instância para cada tipo de componente utilizado no projeto. Pois cada componente inserido no projeto, possui suas características particulares devido às condições aplicadas a ele, seja em fase de projeto como em fase de execução.

Para melhor compreender como são inseridos os parâmetros de instância de cada componente modelado, a Figura 30, ilustra como é criado os parâmetros e de que forma eles são apresentados em cada elemento do projeto, utilizando o software Revit. Onde o primeiro passo é criar os parâmetros compartilhados por meio da opção Parâmetros compartilhados, locada na aba de Gerenciar, após criado seu arquivo .txt com todos os fatores da fórmula, na opção Parâmetro do projeto, aba Gerenciar, é possível adicionar os parâmetros definindo seus dados e em quais categorias de elementos será adicionado esses parâmetros, que representam cada fator da fórmula.

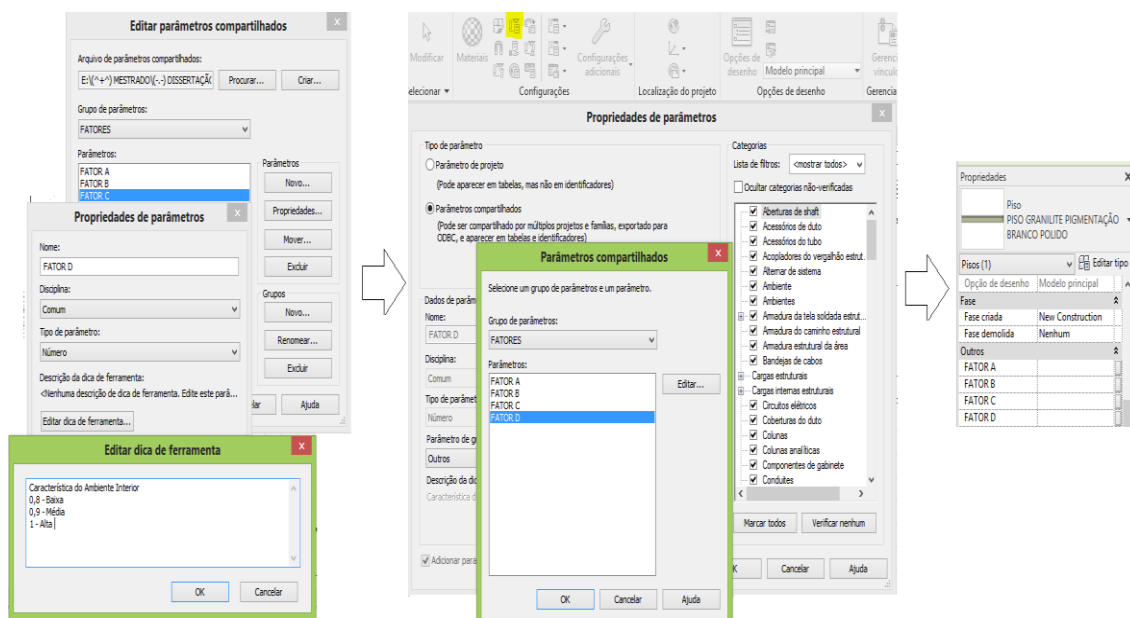


Figura 30 - Criação de Parâmetros Compartilhados em todos os elementos do projeto. Fonte: Autor (abril, 2019).

Após a criação dos parâmetros de projeto¹³, com base nos parâmetros compartilhados, para alimentar os índices de cada fator, por cada elemento do projeto, foi criado o parâmetro que o projetista define o local de instalação (Figura 31), o lugar onde aquele elemento/componente está locado no edifício. Essa informação é necessária para se criar filtros nas tabelas e ter o controle dos índices diferenciados de acordo com as condições de instalação e exposição de um mesmo componente, porém em condições diferenciadas. Essa situação altera o valor de Vida Útil Estimada. Além desse parâmetro, foi necessário criar o parâmetro de VUR, que se trata de outra variável que alimenta a fórmula do método fatorial, para cálculo da VUE.

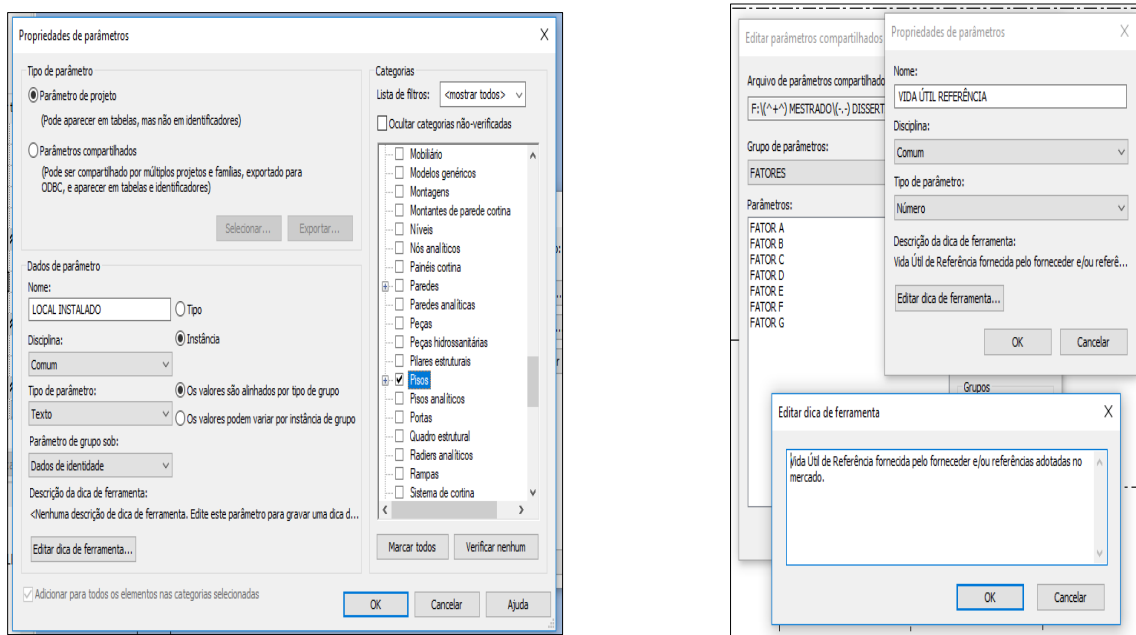


Figura 31 - Criação de Parâmetros do Local Instalado e Vida Útil de Referência.

Fonte: Autor (2019)

Sendo assim, a criação de parâmetros que irão aparecer nos elementos determinados serão os campos de preenchimento no quadro de propriedades e que serão usados no banco de dados do modelo. É importante destacar que essa etapa de criação de parâmetros pode ser realizada apenas uma vez e salva no template de uso do profissional, assim, os demais projetos em diante já terão essas propriedades criadas, restando apenas o preenchimento das informações solicitadas em cada parâmetro.

¹³ Parâmetros de Projeto: Especifica os parâmetros que podem ser adicionados nas categorias de elementos em um projeto e utilizados em tabelas. Os parâmetros de projeto não podem ser compartilhados com outros projetos ou famílias. Para compartilhar, deve usar os parâmetros compartilhados. Fonte: REVIT.

5.6. APLICAÇÃO DO MÉTODO NA EDIFICAÇÃO

O objetivo dessa aplicação do método determinístico em cada parâmetro, com uso do BIM, é analisar os potenciais benefícios, advindos da criação de dados oriundo do projeto para uma futura gestão de manutenção em um sistema vinculado ao modelo.

Para a previsão da vida útil dos componentes, utilizando parâmetros inseridos no projeto, sob o sistema utilizado de proteção da cobertura do Palácio do Planalto, foi dado continuidade ao processo de aplicar os fatores nos componentes.

A Figura 32, mostra como foi inserido cada fator em cada tipo de piso presente no projeto. Na Figura 33, mostra como esses parâmetros de instância aparecem no tipo de piso denominado “3MM_MANTA_ASFÁLTICA”, para ser preenchido além de apresentar todos os componentes na estrutura desse tipo de piso, pertencente ao sistema de impermeabilização atual.

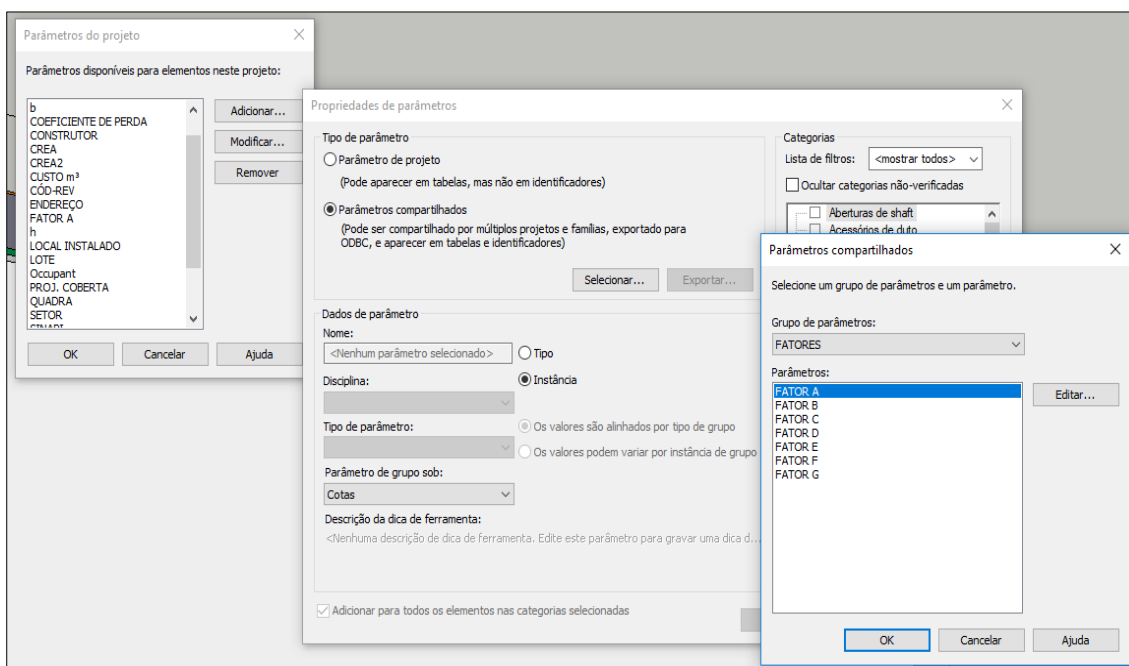


Figura 32 - Inserção dos parâmetros de instância nos tipos de piso em todo o modelo. Fonte: Autor (2019).

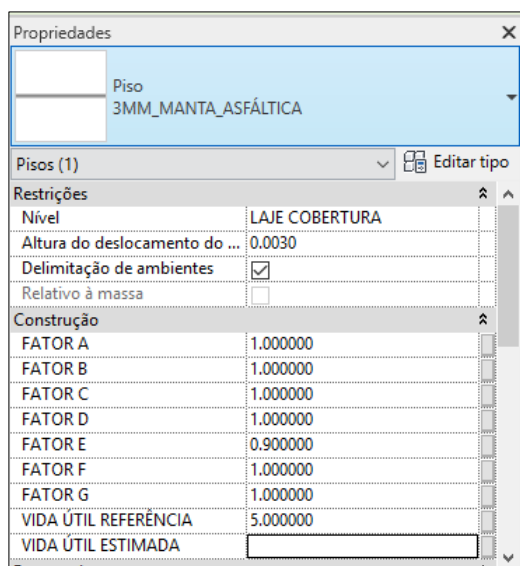


Figura 33 - Para cada tipo de piso foi inserido os parâmetros que indicam cada fator necessário à fórmula de VUE. Fonte: Autor (2019).

Após a inserção dos parâmetros em cada tipo de piso que representa cada componente que forma o sistema de impermeabilização da cobertura, foi criada a tabela (Figura 34) para o controle e preenchimento dos valores.

<Tabela de piso>											
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
Tipo	VUR	FATOR A	FATOR B	FATOR C	FATOR D	FATOR E	FATOR F	FATOR G	VUE	LOCAL INSTALADO	Área
1MM_LONA_PLÁSTICA	2	1	1	1	1	1	1	1	2	COBERTURA	6792.61 m ²
3MM_MANTA_ASFÁLTICA	5	1	1	0.9	1	1	1	1	4.5	COBERTURA	6792.61 m ²
3MM_MANTA_GEOCOMPOSTO	10	1	1	1	1	1	1	1	10	COBERTURA	6792.61 m ²
25MM_ISOPOR	10	1	1	1	1	1	1	1	10	COBERTURA	6792.61 m ²
35MM_PROTEÇÃO_MECÂNICA	10	1	1	0.8	1	1	1	1	8	COBERTURA	6792.61 m ²

Figura 34 - Tabela preenchida por cada componente do sistema de Impermeabilização com seus índices atribuídos de acordo com cada descrição. Fonte: Autor (2019).

Após o preenchimento dos valores em cada índice por cada componente, foi necessário inserir na tabela o parâmetro de VUR, para isso, é necessário a busca da marca e fornecedor ou fabricante de cada componente, para alimentar o campo de Vida Útil de Referência. Como exemplo de busca de um dos componentes que compõe o sistema de impermeabilização, temos a VUR da manta asfáltica utilizada, conforme Figura 35.



Figura 35 - Fornecedor de manta asfáltica com descrição do produto e validade indicada. Fonte: VEDACIT (julho, 2019).

Baseado nas informações preenchidas em cada tipo de componente do sistema de impermeabilização da laje de cobertura do Palácio do Planalto, foi possível estimar a Vida Útil separadamente de cada camada. De fato, a subjetividade desses valores é real, haja vista que cada componente está sujeito a um tratamento diferenciado diante dos agentes que afetam a vida útil dos materiais e componentes edificados (Ver Tabela 2, p. 23).

Visto na Figura 34, que o valor de VUE foi calculado sem nenhum sistema de gestão vinculado ao Revit, isso foi possível adicionando a fórmula do método fatorial na coluna da tabela, por meio da ferramenta denominado Calculado. Na Figura 36, mostra como foi inserido a fórmula para ser calculado diretamente no Revit a VUE.

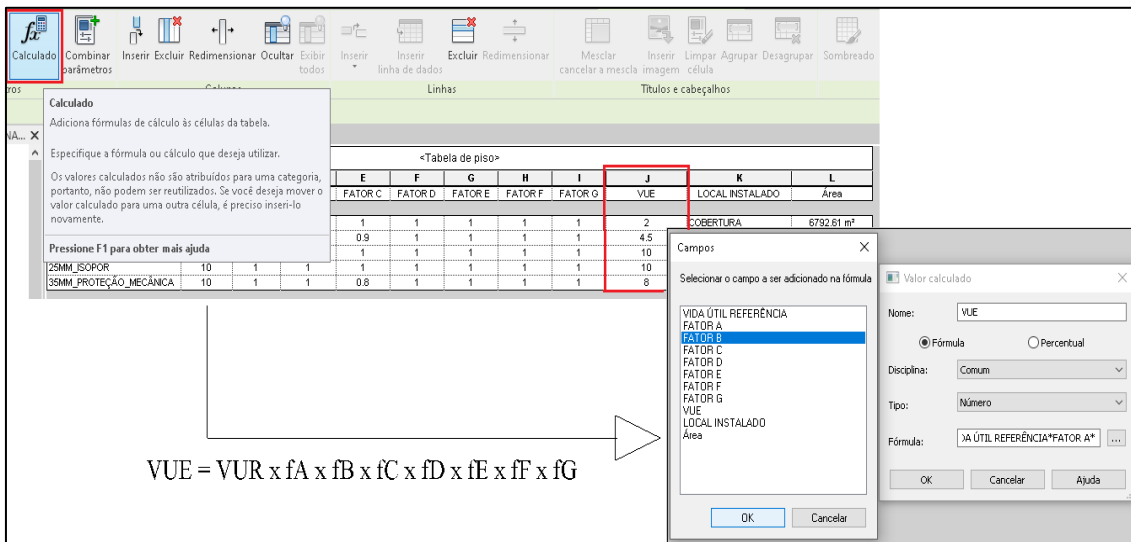


Figura 36 - Uso da ferramenta no REVIT, para inserir a fórmula e calcular a VUE de cada componente. Fonte: Autor (2019).

Os índices de cada fator variando entre três valores (0,8, 0,9 e 1) permitem apenas a permanência ou a diminuição do valor de vida útil de referência – VUR de cada componente, ou seja, o prazo não passará do valor que foi estabelecido pelo fabricante, mesmo que as condições do componente estejam favoráveis ao aumento da VUR. Essa limitação, faz com que o controle, por meio de vistorias periódicas, para verificar as condições do componente fique limitado à data que o fabricante indicou, mesmo que o estado esteja em boas situações.

Portanto, usar o método fatorial com uma variação de índices menores que 1 (um) não permite que o VUR seja aumentado, apenas permanece ou diminui, para que o prazo de VUR possa receber um aumento, é necessário indicar outros índices que sejam maiores que 1 (um).

Com a determinação dos critérios para cada fator é possível diminuir o nível de subjetividade para cada profissional, e quanto mais profissionais envolvidos para estabelecer cada fator, menor o grau de alternância.

A metodologia de criar parâmetros compartilhados¹⁴, como foi apresentado no início do processo, permite a distribuição desses parâmetros configurados para outros projetos, e depois a criação dos parâmetros de projeto, em cada elemento que o projetista determinar.

¹⁴ Parâmetro Compartilhado: Especifica parâmetros que podem ser utilizados em múltiplas famílias e projetos. Utilize parâmetros compartilhados para adicionar dados específicos que já não estejam definidos no arquivo de famílias ou em um modelo do projeto. Os parâmetros compartilhados são armazenados em um arquivo que é independente de qualquer família ou projeto. Fonte: REVIT.

Assim, é possível inserir em cada tipo de elemento que o projetista estabelecer, os parâmetros que compõe a fórmula para o método de VUE de cada componente.

5.7. EXTRAÇÃO DOS DADOS

Para utilizar todos os dados presentes na tabela do Revit, com o intuito de criar uma gestão de manutenção, é necessário ter uma conectividade genérica para acessar bancos de dados da tabela ligada ao modelo à um gerenciador de manutenção. Para isso, é necessário criar um database link homogêneo entre bancos de dados, sendo possível referenciar tabelas e visões de outro banco de dados.

A interoperabilidade BIM, é uma forma de que os softwares podem trocar informações sem perdas significativas de informação e sem a necessidade de ser da mesma empresa de fornecedor. Permitindo assim, a manutenção de um modelo preciso e sempre atualizado da edificação por tempo indeterminado e com atualizações simultâneas.

Pensando na questão de conseguir uma forma de ligar o modelo BIM à um gestor de manutenção em via de mão dupla entre os programas, ou seja, trabalhar diretamente com os dados do modelo do Revit, foi necessário estudar os métodos de transporte das informações, trabalhar com os dados e metadados¹⁵.

A atualização simultânea é possível através da produção do database link, que fará a ponte de leitura entre o plano de gestão com o modelo BIM, como mostra a Figura 37.

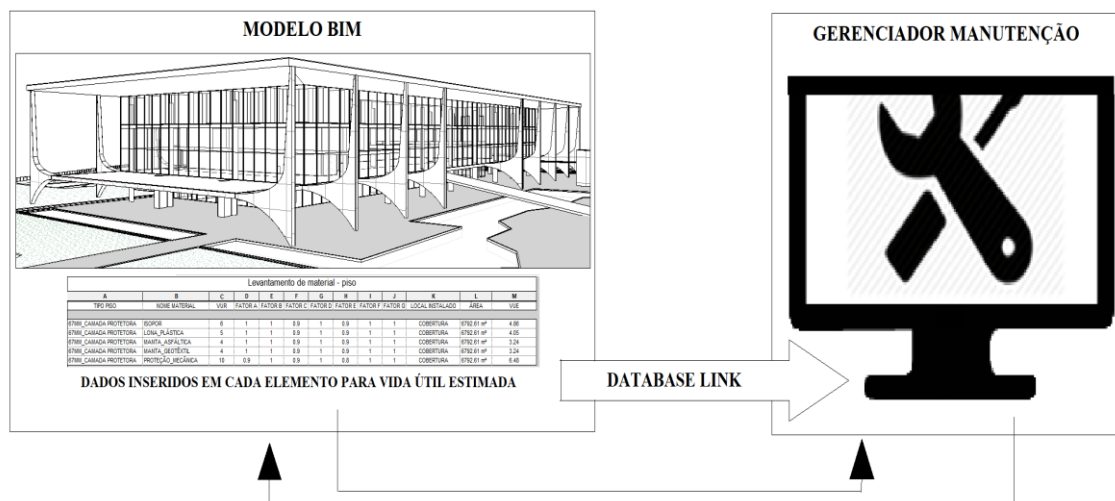


Figura 37 – Percurso de dados entre modelos. Fonte: Autor (2019).

¹⁵ São informações de todas as formas, pode-se dizer resumos de informações sobre a forma ou conteúdo de uma fonte. São informações que acrescentam aos dados e que têm como objetivo informar-nos sobre eles para tornar mais fácil a sua organização. Fonte: Metadados (2019).

Uma boa possibilidade de trabalho diretamente com os dados do modelo do Revit, em via de mão dupla entre os programas, é a utilização de um suplemento disponibilizado pela Autodesk, o DB Link. (SOUZA, 2017).

O DB Link é uma ferramenta disponível no pacote da Autodesk, para que os usuários consigam exportar dados do projeto para o banco de dados, efetuar alterações nos dados e importá-los de volta no projeto Revit. Na Figura 38, é possível visualizar a ferramenta instalada no Revit para a exportação de um banco de dados, gerando um arquivo de extensão .mdb, que poderá ser aberto em programas de leitura de banco de dados.

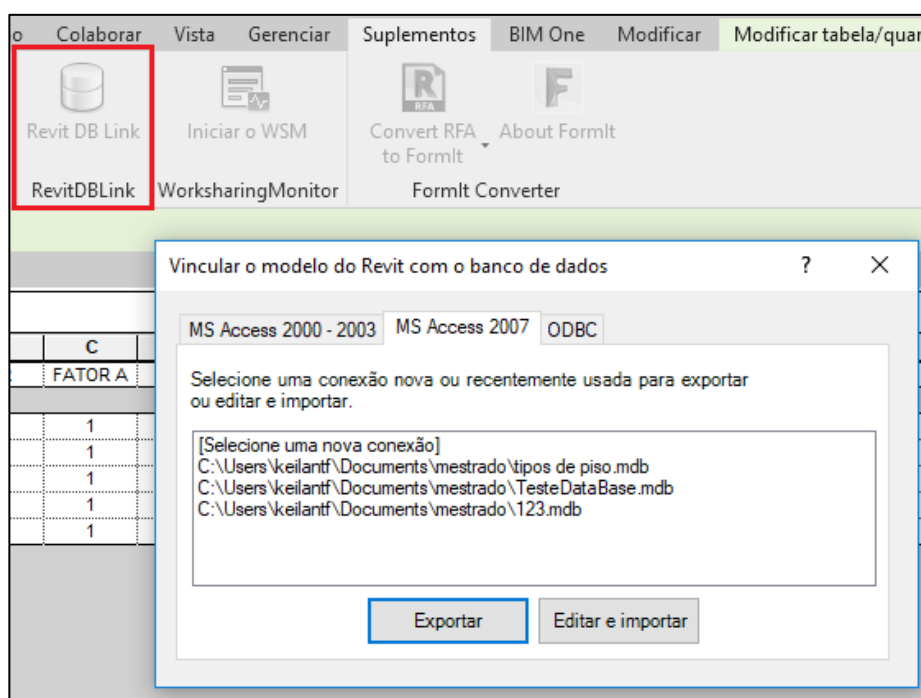


Figura 38 - Uso do DB Link no Revit, para exportar banco de dados do modelo. Fonte: Autor (2019).

Após a exportação de um bando de dados, através do DB Link, servindo como um database link do modelo BIM à um gestor de dados, para o prosseguindo da pesquisa, foi necessário usar um software de criação de banco de dados, para leitura do arquivo exportado. Para isso, foi escolhido o software Access da Microsoft que tem uma interface objetiva e de fácil manipulação para leitura e acrescentar informações ao banco de dados, para posteriormente alimentar o modelo BIM. Ver Figuras 39 e 40, onde mostra o bando de dados exportado do Revit e como é feito a leitura do arquivo no Access, e as devidas manipulações das informações dos componentes usados na pesquisa.

O Access é um programa poderoso e possui uma interface simples, de fácil utilização, talvez mais apropriado para que não programadores possam trabalhar com banco de dados. (SOUZA, 2017).

Id	IDdetipo	Fasecriada	Fasedemoli	Opçãode:	Volumeesti	Volume	Área	Comentário	Nível	Estrutural	Perímetro
529374	10cm - Concret	Construção			1009,751634	10097,564149			389985	0	1085,8208812
630121	10cm - Concret	Construção			187,78286181	1877,8286181			389985	0	441,53287503
633535	Grama	Construção			247,00951136	1235,0489057			389985	0	227,01932431
633691	Grama	Construção			3239,5264682	16197,624658			389985	0	1990,8562679
634799	Água	Construção			1642,0225696	1824,4695218			389985	0	439,63017964
635541	10CM_ASFALTI	Construção			762,38652271	7623,8190759			389985	0	1780,1627425
636578	10cm - Concret	Construção			102,86640252	1028,6777318			389985	0	431,99150101
636930	10cm - Concret	Construção			67,114745464	671,14745464			389985	0	205,71822867
636977	10cm - Concret	Construção			44,636729888	446,38315324			389985	0	337,28864663
638764	52CM_CONCRE	Construção			1315,0835227	2988,8280849			390085	1	390,5861963
639273	52CM_CONCRE	Construção			1832,7899276	4165,4316537			570758	1	379,52838472
727743	10cm - Concret	Construção			8,2802843944	82,802843944			389985	0	38,364769495
729912	10cm - Concret	Construção			7,8330352749	78,330352749			390068	0	56,564102798
730418	10cm - Concret	Construção			7,8652001749	78,652001749			390085	0	56,827102798
730452	10cm - Concret	Construção			7,8330352749	78,330352749			570758	0	56,564102798
735600	10cm - Concret	Construção			71,513164136	715,13164136			572432	0	126,27898875
736349	10cm - Concret	Construção			223,49265642	2234,9265642			572432	0	874,92142681
736921	10CM_ASFALTI	Construção			760,59018137	7605,9018137			572432	0	396,62577163
737278	10CM_ASFALTI	Construção			753,67562568	7536,7562568			572302	0	479,70855532
752237	10cm - Concret	Construção			78,54359777	785,4359777			572302	0	145,37473722
768750	10cm - Concret	Construção			223,52644393	2235,2644393			572432	0	880,22344019
777642	10cm - Concret	Construção			574,97626613	5749,7650849			572302	0	924,44263333
782205	10CM_ASFALTI	Construção			128,88144070	1288,8115217			572302	0	304,58663265
812315	PP_PAV	Construção			3008,3485572	5237,7355058					
813628	10cm - Concret	Construção			88,366166414	883,66166414			572302	0	142,31537755
814681	10cm - Concret	Construção			30,587347113	305,87347113			572302	0	103,49605428
816377	10cm - Concret	Construção			21,307911718	213,07911718			572432	0	218,97140651
817767	10cm - Concret	Construção			37,067869496	370,66454682			572302	0	578,26832911
818206	Grama	Construção			109,75437666	548,77294413			572302	0	183,80284609
818436	Grama	Construção			284,07035339	1420,3572256			572302	0	371,50847474
818457	10CM_ASFALTI	Construção			591,71189919	5917,17811796			573307	0	857,03347958

Figura 39 - Interface do Access com os dados do modelo exportado do Revit.

Fonte: Autor (2019).

Após abrir o bando de dados do modelo BIM, foi possível realizar filtros, no Access, para trabalhar com os dados que foram escolhidos como recorte da pesquisa, que é o sistema de impermeabilização, da cobertura do Palácio do Planalto, composto de cinco componentes.

A interface e o sistema do programa possibilitam outras vantagens como por exemplo uma gestão, não complexa, de controle de manutenção. Onde por meio dos dados é possível gerar regras para indicar os componentes que necessitam de inspeção, através das datas configuradas entre outras utilidades.

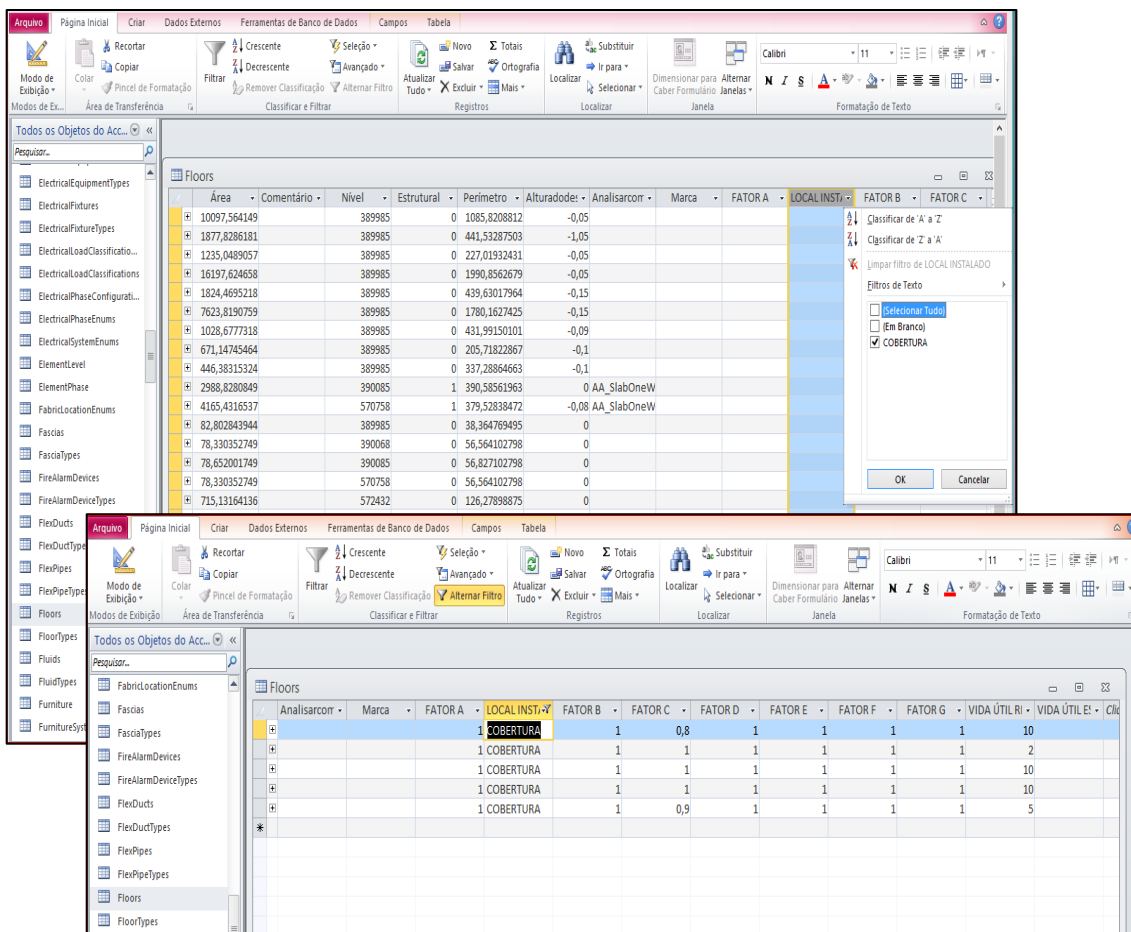


Figura 40 - Manipulação de dados no Access usando o filtro para busca dos componentes usados na pesquisa. Fonte: Autor (2019).

Com base na leitura dos dados extraídos no modelo gerado no software Revit, é possível compreender que a leitura e manipulação das informações é viável. Dessa forma, para a continuação da pesquisa é necessário que a gestão dessas informações seja gerada de forma automática e que as mesmas sejam atualizadas ao longo dos anos, pelo gestor de manutenção. Portanto, será apresentado a seguir, os requisitos necessários para criação de software, que levará a criação de um sistema digital que estará diretamente ligado ao modelo BIM, que contém todas as informações necessárias para uma gestão de manutenção rotineira.

5.8. CRIAÇÃO DOS REQUISITOS DE SOFTWARE PARA FUTURA GESTÃO DE MANUTENÇÃO

A criação de uma especificação de requisitos de software se faz necessária para contemplar uma futura ferramenta de gerenciamento de manutenção, que integrará ao

método BIM direto do software de projeto. Por isso, o fornecimento de todas as informações para o projeto de implementação em software é necessário para a continuidade da pesquisa.

Geralmente a especificação de requisitos de software é feita por meio de um documento separado que descreve os casos de uso de uma ferramenta que permite um profissional da área de Tecnologia da Informação usá-lo para a criação da plataforma de trabalho especificada em diversos ambientes de trabalho e em diferentes demandas de uso.

O processo de desenvolvimento de software compreende um conjunto de atividades que engloba métodos, ferramentas e procedimentos, com o objetivo de produzir softwares que atendem aos requisitos especificados pelos usuários (clientes). (MAYRHAUSER, 1990). A ISO/IEC 9126 (2001), especifica diretrizes para organizar e redigir um documento de requisito nos padrões internacionais, além de definir um padrão para a avaliação da qualidade de software. Consiste em quatro partes, sendo elas: Parte 1: Modelo de qualidade; Parte 2: Métricas externas; Parte 3: Métricas internas; e Parte 4: Métricas de qualidade em uso. A norma brasileira que correspondia a Avaliação de produtos de software com suas características de qualidade e diretrizes para o seu uso era a NBR 13596 de 1996, que foi substituída pela NBR ISO/IEC 9126.

De acordo com o IEEE (1990), o processo de aquisição, refinamento e verificação das necessidades do usuário é chamado de engenharia de requisitos (E.R.). O objetivo da E.R. é sistematizar o processo de definição dos requisitos, obtendo uma especificação correta e completa dos requisitos. O entendimento da engenharia de software como uma disciplina que procura tornar mais eficaz o software e mais eficiente o processo utilizado para produzir este software é fundamental para entender o papel da E.R.

Para melhor compreensão do que se trata a especificação de requisitos do software, afim de gerar diretrizes para formular uma plataforma digital de acordo com a funcionalidade do cliente, segue um esquema para melhor compreensão.

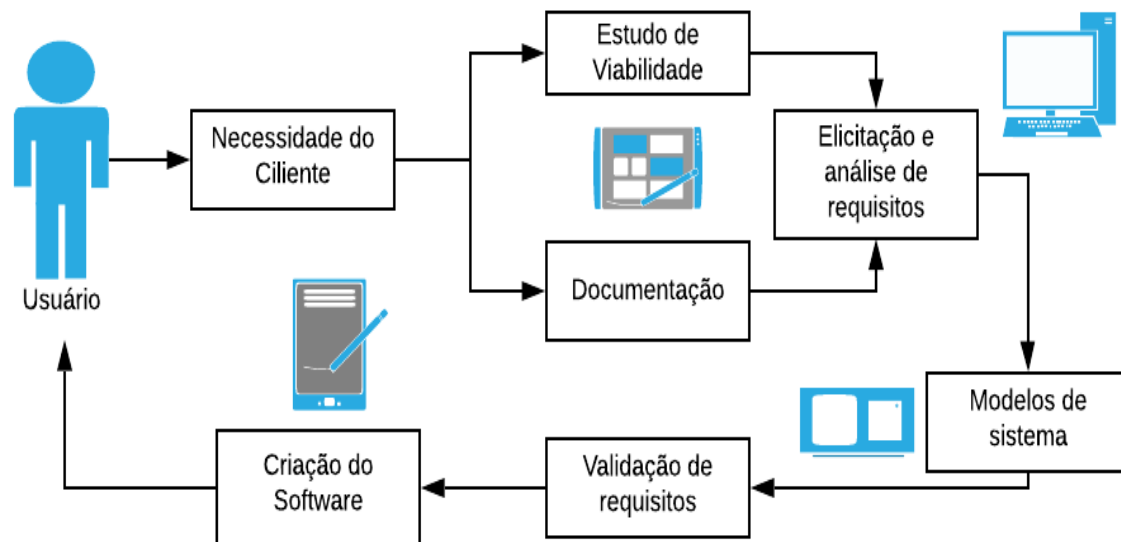


Figura 41 - Diagrama resumido do processo para elaboração dos Requisitos de Software. Fonte: Autor (2020).

Diante do estudo de Turine e Masiero (1996) relata dados do autor Leite (1990), onde explica que a E.R. estabelece o processo de definição de requisitos como um processo no qual o que deve ser feito é “elicitado”, modelado e analisado. Este processo deve se basear em diferentes pontos de vista e usar uma combinação de métodos, ferramentas e pessoal. O produto deste processo é um modelo que servirá para produzir um documento de requisitos. Este processo acontece num contexto chamado de Universo de Informações (Udel).

Em continuação da pesquisa de Turine e Masiero (1996) explica que um documento de requisitos completo e consistente, produto da E.R., é necessário, inicialmente, entender melhor o contexto em que o problema se situa, ou seja, quais são os objetivos do produto a ser desenvolvido, as tarefas/atividades fundamentais para a “engenharia” deste produto e os limites do desenvolvimento. Assim, para especificar corretamente os requisitos é necessário definir inicialmente o Udel.

Segundo Leite (1994), Udel é o contexto geral no qual o software deverá ser desenvolvido. O Udel inclui todas as fontes de informação e todas as pessoas relacionadas ao software, às quais denominamos de agentes deste universo. O Udel é a realidade circunstanciada pelo conjunto de objetivos definidos por quem solicitou o software. Esse Universo de Informações é apresentado na Figura 42 a seguir.

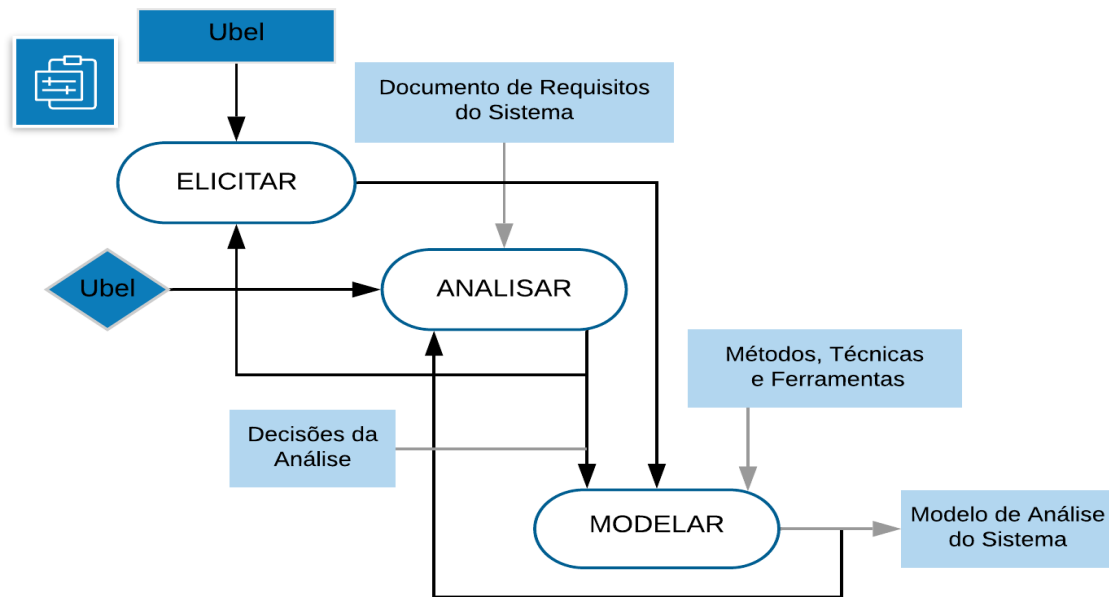


Figura 42 - Processo de Engenharia de Requisito. Fonte: Adaptado de Turine e Masiero (1996).

Para melhor compreender as três principais etapas que consiste o Universo de Informações, segue um resumo de cada processo apresentado anteriormente.

Elicitar: A elicitação de requisitos é extrair o máximo de informações possíveis para conhecer o propósito do objeto de estudo. Deve-se compreender o problema para alcançar o objetivo real do software, deixando de forma bem clara as informações que possuem como: objeto de entrega, limitações tecnológicas e técnica, referências de pesquisa, entre outros. É tornar à tona todas os dados que possuem e que deseja chegar, obtendo todas as informações detalhadas sobre o que se pretende fazer.

Analisar: Análise de Requisitos é construir uma especificação de requisitos completa e consistentes, nessa fase, o engenheiro de requisitos indica quais interfaces do software com outros sistemas irá usar, especifica o desempenho e funções do software e estabelece as restrições de projeto do software. A avaliação e a revisão do escopo do software são atos essenciais nessa fase. Até essa fase o processo de refinamento das especificações é feito para que corrija inconsistências de funcionalidade, servindo como base para todas as fases da engenharia de software subsequentes.

Modelar: Fase que desenvolve modelos afim de descrever o que o sistema deve fazer. Os modelos são elaborados com base nas etapas anteriores para que as aplicações seja consistente e precisa. Após o desenvolvimento do modelo é seguido para a fase de projeto que é um processo de vários passos que foca na estrutura de dados, arquitetura do software, representação de interface e detalhes de procedimentos.

Portanto, o processo de Engenharia de Requisito é uma parte entre todas as etapas e atividades que deve ser seguida para a construção de um Software. Onde a Engenharia de Requisitos pode ser vista como uma subárea da Engenharia de Software, cujo principal objetivo é a obtenção de uma especificação correta e completa dos requisitos, por meio da elaboração do Documento de Especificação de Requisito de Software (DERS).

Dessa forma, após a compreensão do processo para elaboração dos Requisitos de Software e da sua importância a fim de dar continuidade à pesquisa de gerenciamento de manutenção predial utilizando a metodologia BIM com ênfase na vida útil dos componentes construtivos, foi elaborado o DERS, em relação a etapa de elicitar no processo Ubel, para a finalidade do estudo.

Sendo assim, para as futuras pesquisas será possível a criação, em parceria com a engenharia de software, um sistema que possa integrar com a plataforma BIM dados que são necessários para o gerenciamento da manutenção preventiva dos componentes. Conforme exemplificado na Figura 43 a seguir.

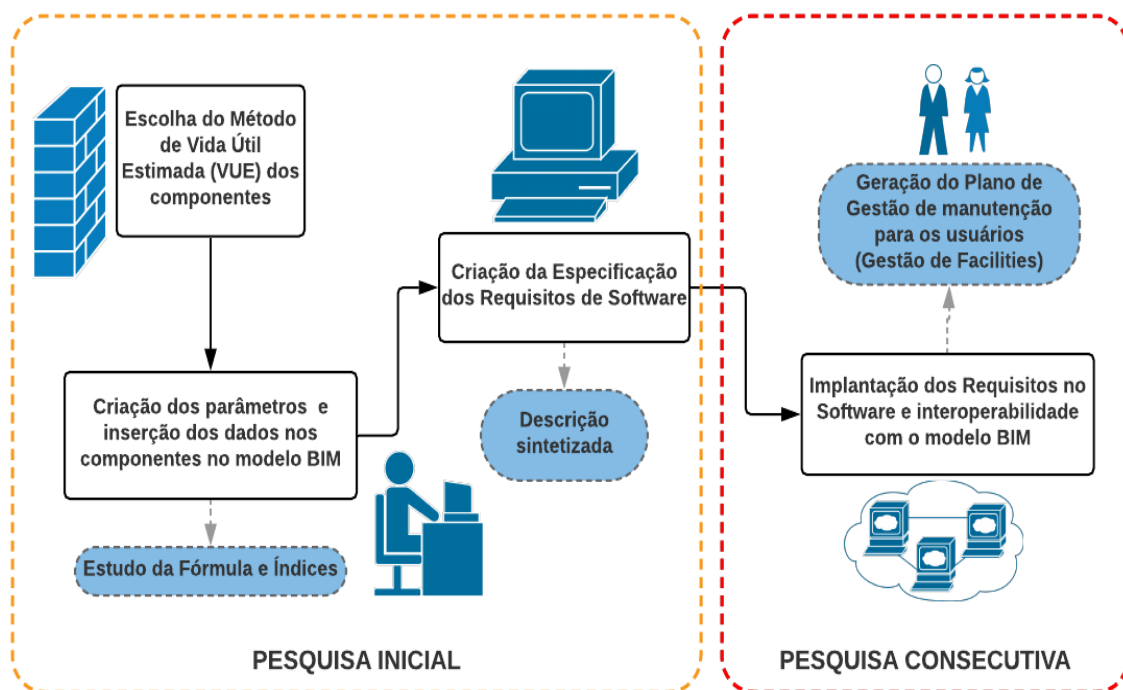


Figura 43 – Resumo do Processo metodológico para continuidade da pesquisa.

Fonte: Autor (2020).

Sendo assim, o DERS gerado para o estudo, é apresentado no Apêndice A - Especificação de Requisitos de Software, para melhor compreensão das funcionalidades bem como suas devidas restrições.

5.9. ANÁLISE DOS RESULTADOS OBTIDOS

Ao gerar todo o processo de estudo e criação de metodologia com a finalidade de gerar um planejamento de gestão de manutenção, é possível analisar as etapas estudadas por meio dos resultados encontrados.

A integração entre o BIM e a VUE dos componentes exige a delimitação consistente do objeto de análise, a consolidação e a acessibilidade dos inventários do ciclo de vida, para alimentação da modelagem e garantia da qualidade dos resultados. Além disso, requer que as ferramentas envolvidas no processo permitam o trânsito de dados sem fragmentações ou perdas.

A Tabela 8 foi estruturada no intuito de identificar em cada uma das etapas da metodologia realizada no estudo, os resultados obtidos por meio dos objetivos, procedimentos e análises conclusivas.

Tabela 8: Resumo analítico dos resultados em cada procedimento proposto no estudo. Fonte: Autor (2020).

ESTUDO (Subtítulo)	QUADRO SÍNTESE		
	OBJETIVOS	PROCEDIMENTOS	ANÁLISES
5.1	Escolha do Método da VUE	Busca por referencial teórico de métodos de vida útil já existentes. Análise para adaptação do método para cálculo da estimativa de vida útil dos componentes.	Não foram identificados métodos exclusivos para a estimativa de vida útil de componentes. É possível realizar adaptações no método, mediante estudos realizados para outras finalidades.
5.2	Determinação dos valores aos fatores	Adaptação do método fatorial escolhido com criação de índices em cada fator. Criação de variação de índices com suas respectivas descrições de uso.	Para evitar subjetividade entre profissionais ao determinar o índice de cada fator, foi necessário criar orientações para cada um. Com o comparativo de um mesmo componente com índices diferenciados, houve a alteração da vida útil de referência.

<p>5.3</p>	<p>Modelo BIM desenvolvido para o estudo</p>	<p>Escolha do edifício para estudo de caso.</p> <p>Modelagem do edifício no Revit, em nível de desenvolvimento intermediário.</p>	<p>A busca por arquivos confiáveis de projeto para modelagem no Revit, não é garantido, pois o <i>as built</i> não tem atualizações.</p> <p>Escolher o nível de desenvolvimento de toda a edificação para início do estudo foi essencial para que não gerasse perda de tempo já que o sistema não havia sido ainda escolhido.</p> <p>Dentro do BIP e BEP é importante que se tenha as definições de metodologias de modelagem para que a fase de gestão de manutenção seja alcançada com segurança.</p>
<p>5.4</p>	<p>Escolha do componente construtivo</p>	<p>Escolha de qual sistema da edificação será feito o estudo de componentes.</p> <p>Visita em loco para avaliação e levantamento de informações dos componentes escolhidos.</p>	<p>A escolha do sistema construtivo sendo a proteção da cobertura, deu-se a facilidade devido a facilidade de adquirir informações mais precisas dos componentes.</p> <p>Após a avaliação em loco, a análise é que numa edificação já construída o processo de gerar gestão de manutenção da VUE dos componentes é limitado, pois é preciso ter acesso às informações e situações exatas dos componentes que por sua vez, nem sempre é possível verificar de imediato. Sendo necessário a inspeção interna dos elementos.</p>

5.5	Criação dos Parâmetros	<p>Criar os parâmetros que eram necessários, por meio de ferramentas matriz do Revi, para gerar os fatores do método.</p> <p>Explicação por meio de passo a passo sucinto de como gerar os parâmetros.</p>	<p>Para implantar a fórmula do método fatorial, foi necessário criar parâmetros compartilhados e posteriormente os parâmetros no projeto em cada elemento de categoria que seria necessário. Para essa atividade é necessário que o usuário tenha um nível mais avançado no sistema.</p>
5.6	Aplicação do Método na edificação	<p>Demonstração de passo a passo de como inserir os índices nos parâmetros criados para compor a fórmula do método.</p> <p>Geração de tabela, com filtros, para demonstrar a possibilidade de gerar a VUE dos componentes dentro do software.</p>	<p>Após a criação e preenchimento dos parâmetros pelos índices determinados, foi possível por meio de tabela já chegar na VUE dos componentes. Isso permite já dados essenciais para ter uma ideia de quanto os componentes sofrem diante da sua vida útil de referência.</p> <p>A obtenção da VUE no Revit não é o suficiente para obter uma gestão de manutenção preventiva complexa, necessitando de um sistema específico.</p>
5.7	Extração dos dados	<p>Após ter o modelo carregados de dados essenciais para o estudo, foi usado a ferramenta DBLink para extrair as informações.</p> <p>Foi necessário usar um software de leitura e edição de dados, o Access, para demonstrar as propriedades dos elementos da edificação.</p> <p>Após a atividade de extrair, foi simulado a edição de dados no Access e atualização</p>	<p>Foi possível verificar que a intercambialidade do banco de dados do Revit para o Access foi possível pela ferramenta DBLink. O que não houve dificuldade em instalar e em manipular o plugin.</p> <p>Após a extração, foi gerado um documento na extensão .mdb para abrir os dados no software Access, onde não houve nenhum problema de</p>

		no modelo BIM simultaneamente.	leitura e manipulação das informações. O estudo de usar o Acess foi para permitir a simulação de interoperabilidade entre softwares, a fim de gerar oportunidades de novas pesquisas.
5.8	Criação dos Requisitos de Software para futura gestão de manutenção	<p>Estudar o processo de geração e a necessidade de gerar o documento de Requisito de Software.</p> <p>Descrever as possíveis ocorrências que o sistema deva realizar, com suas devidas descrições de requisitos.</p>	<p>Após compreender como se cria, de forma básica e sucinta, os requisitos de software. Foi necessário ter uma visão de linguagem computacional para estabelecer os tipos de atividades que o sistema precisa conter para a gestão de manutenção.</p> <p>Realizar o documento de Especificação de Requisitos de Software (DERS) não é uma atividade comum de ser realizado, portanto, é necessário que tenha auxílio de profissional da área de tecnologia da informação para desenvolver o documento.</p>

Observa-se que para cada procedimento foram geradas atividades que em sua maioria não será necessário o modelador ser responsável por realizar, o que é de responsabilidade dos modeladores e profissionais da obra, é o preenchimento dos fatores por meio dos índices determinados. Todo o restante do processo já deve ser realizado pela gestão BIM, na fase de elaboração do Plano de Execução BIM (PEB)¹⁶.

A análise de verificar o comparativo da eficiência do BIM na gestão de manutenção com ênfase na vida útil estimada dos componentes, será apresentada em pesquisa futura após

¹⁶ Proposta de diretrizes para elaboração de projetos visando orientar o processo e metodologia de produção da equipe ou empreendimento, detalhando cada atividade e os dados que precisam ser desenvolvidos.

a criação do sistema de gestão, permitindo a comparação fiel e prática entre o processo de manutenção com e sem o uso do BIM.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa estudada teve foco na manutenção preventiva dos componentes, uma rotina não tão utilizada pelos gestores, devido à falta de informações dos sistemas na edificação e o costume de verificação após o surgimento de patologias. A preocupação em gerar uma metodologia que possa facilitar e objetivar a preservação da edificação após entrega da obra foi a base para toda a pesquisa.

A escolha do estudo de caso partiu da busca de uma edificação que possui valor patrimonial nacional para a sociedade e que fosse viável a busca por informações históricas e técnicas da construção e principalmente nos períodos das últimas intervenções. Portanto, o Palácio do Planalto foi escolhido, tendo em vista toda a sua importância histórica, o que torna um patrimônio cultural da sociedade brasileira.

O parâmetro que o projetista define a posição de instalação e o local onde aquele elemento/componente está locado no edifício são necessários para se criar filtros nas tabelas e ter o controle dos índices diferenciados de acordo com as condições de instalação e exposição de um mesmo componente, porém em condições diferenciadas. Essa situação altera o valor de Vida Útil Estimada. Além desse parâmetro, foi necessário criar o parâmetro de VUR, que se trata de outra variável que alimenta a fórmula do Método Fatorial, para o cálculo da VUE.

Após a exportação de um bando de dados, através do DB Link, servindo como um database link do modelo BIM, para o prosseguimento da pesquisa, foi necessário usar um software para leitura do arquivo exportado. Para isso, foi escolhido o software Access da Microsoft que tem uma interface objetiva e de fácil manipulação para leitura e acrescentar informações ao banco de dados, para posteriormente alimentar o modelo BIM.

Após abrir o bando de dados do modelo BIM, foi possível realizar filtros, no Access, para trabalhar com as informações que foram escolhidas como recorte da pesquisa, que foi o sistema de impermeabilização, da cobertura do Palácio do Planalto, composto de cinco componentes.

Por fim, foi certificado que a inserção dos dados no ato de projetar é importante e necessária para serem utilizados posteriormente na fase de gestão de manutenção do edifício. Além disso, é importante ressaltar que essa metodologia, é possível ser aplicada

em edificações que já foram construídas como aquelas que ainda estão na fase de elaboração de projeto.

Portanto, a forma de gerenciar a manutenção, no sentido de vida útil estimada dos componentes, com as informações provenientes da metodologia BIM, por meio de uma plataforma digital, inicia no método correto de modelagem, seguida do preenchimento de valores nos fatores e finaliza na extração dos dados ao sistema de gestão.

6.1. CONCLUSÃO E DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

Para que a metodologia influencie na rotina e nos costumes de gestão de manutenção preventiva, é necessário a participação de vários agentes durante o processo, desde o gestor BIM, até o profissional que controla a manutenção do edifício.

Dentre as premissas iniciais que precisam ser levadas em conta para que o processo de gestão de manutenção dos componentes construtivos seja realizado, a fim de controlar a vida útil estimada, é necessário que sejam criados critérios no Plano de Execução BIM, com ênfase na gestão e propriedades dos componentes, com métricas de nível de desenvolvimento do projeto. Onde o modelo BIM deve possuir banco de dados que servirão de base para alimentar o sistema de gestão de manutenção.

A partir das etapas dos procedimentos metodológicos apresentados, foi possível entender o alcance que a metodologia BIM pode proporcionar em benefício ao ciclo de vida da edificação e ao método de trabalho dos profissionais. Uma das contribuições ao conhecimento foi apresentar um método de obter a gestão de manutenção em componentes, que geralmente não são controlados na edificação. Por meio da análise de conceitos e métodos de previsão, foi possível adaptar um método já existente, e implantá-lo na metodologia BIM, para que a gestão desses componentes, que pertencem à um sistema construtivo, seja viável. E que posteriormente é usado para implantação num sistema digital adequado para cada empreendimento e gestor.

Como síntese das conclusões da pesquisa, é destacado a viabilidade de gerenciar dados inseridos desde a fase de projeto até a fase de uso da edificação e o uso da fórmula para estimar vida útil dos componentes junto à metodologia BIM, para obter a preservação da edificação, por meio do controle de manutenções periódicas, a fim de obter, ao longo do tempo, o patrimônio edificado junto à sociedade.

Com base nas análises realizadas após o estudo metodológico de utilizar o BIM para a gestão de manutenção dos componentes, a colaboração entre o método de modelar e de controlar a manutenção são ações que partem do início até o final do processo de ciclo de vida da edificação. Usar a metodologia proposta é vantagem para o controle de

informações e benefício para a gestão do edifício, sendo assim, no direcionamento de pesquisas futuras, se faz necessário a inserção de teste entre o método de gestão sem e com o BIM, para melhor aferição comparativa de benefícios, e verificações acerca do método de modelagem para melhor gestão e extração dos dados necessários.

Para a continuação da pesquisa, será estudado a criação de um sistema de gestão de manutenção, onde é possível receber alertas, gerar relatórios de inspeção predial, inserir e modificar dados, entre outras funções, para que o bando de dados e o modelo BIM sejam usados em seu potencial máximo. E assim, obter o controle de vida útil da edificação em todo o seu ciclo. Permitindo que as informações não sejam perdidas ao longo do tempo e que os profissionais da área tenham o auxílio digital para suas atividades rotineiras de manutenção, gerando uma mudança de rotina nos trabalhos de manutenções corretivas para preventivas.

7. BIBLIOGRAFIA

_____. **NBR 5674**: Manutenção de edificações – Procedimento. Rio de Janeiro. 1999.

_____. **NBR 15575-1**: Edificações Habitacionais – Desempenho Parte 1: Requisitos Gerais. Rio de Janeiro. 2013.

_____. **NBR 15965**: Sistema de Classificação da Informação da Construção. Rio de Janeiro. 2011.

_____. **NBR 14037**: Diretrizes para elaboração de manuais de uso, operação e manutenção das edificações – Requisitos para elaboração e apresentação dos conteúdos. Rio de Janeiro. 2014.

_____. **NBR ISO 15686-1 a 9**: Buildings and Constructed assets – Service Life Planning. ISO. 2012.

_____. **NBR ISO/IEC 9126-1**: Qualidade, Software, Avaliação e Características. Rio de Janeiro. 2003.

ANSELMO, P. J. A. **Previsão da vida útil de rebocos de fachadas de edifícios antigos3 Metodologia baseada na inspeção de edifícios em serviço**. Engenharia Civil do Instituto 4 Superior Técnico. Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa. 2012.

BORDALO, R.; BRITO, J. P.; GASPAR, L.; SILVA, A. **Abordagem a um modelo de previsão da vida útil de revestimentos cerâmicos aderentes Service life prediction modelling of adhesive ceramic tiling systems**. Teoria e Prática na Engenharia Civil, p. 34 55–69. 2010.

BRASIL. **Decreto nº 9.983, de 22 de agosto de 2019**. Institui a Estratégia Nacional de Disseminação do Building Information Modelling. Presidência da República, Secretaria-Geral, Brasília, DF, 2019.

BRISCH, C.; ENGLUND, F. **Service Life Prediction Methods**. Workshop Cost E37. Oslo. 2005.

CATELANI, Wilton Silva; SANTOS, Eduardo Toledo. **Normas Brasileiras sobre BIM. Concreto & Construções.** Ibracon. Ano XLIV, out-dez 2016. Disponível em: <<http://www.makebim.com/wpcontent/uploads/2017/05/NORMAS-BIM-BRASIL.pdf>>. Acesso em: 05 out. 2017.

COSTA, Vitor Coutinho de Camargo. **Patologia em Edificações Ênfase em Estruturas de Concreto.** Trabalho de Conclusão de Curso do Curso de Engenharia Civil da Universidade Anhembi Morumbi. São Paulo. 2009.

EASTMAN, Chuck; TEICHOLZ, Paul; SACKS Rafael; LISTON Kathleen. **Manual de BIM: um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores.** Revisão Técnica: Eduardo Toledo Santos. Bookman. Porto Alegre, 2014.

FAPESP. **Especificação de Requisitos de Software da Ferramenta Lista de Presença.** Tecnologia da Informação ao Desenvolvimento da Internet Avançada. Versão 1.2, São Paulo, 2006.

FILHO, Luiz Carlos Pinto da Silva. **As Exigências da Vida Útil dos Edifícios.** AECweb. Disponível em: <www.aecweb.com.br/cont/m/rev/as-exigenciasda-vida-util-dos-edificios_5219_0_1>. Acesso em: 16 set. 2017.

GENERAL SERVICES ADMINISTRATION (GSA). **GSA BIM Guide for Facility Management.** Version 1, U.S. Office of Design and Construction Public Buildings Service: Washington. 2011.

GOEDERT, J.; MEADATI, P. **Integrating Construction Process Documentation into Building Information Modeling.** J. Constr. Eng. Manage. 134, p. 509–516. 2008.

HOVDE, P. J. **The Factor Method For Service Life Prediction From Theoretical Evaluation To Practical Implementation.** 9th Internacional Conference on Durability of Building Material and Components (DBMC). Brisbane. 2002.

IEEE, Standard Glossary of Software Engineering Terminology. **The Institute of Electrical and Electronics Engineers.** New York, 1990.

JERNBERG, P. **SIS HB 50 User's guide to ISO 15686-1: Buildings and constructed assets – Service life planning – Part 1: General principles**. SIS Forlag AB, 2005.

JERNBERG, S.; JOSTROM, LACSSE; BRANDT, SIEMES. **Guide and Bibliography to Service Life and Durability Research for Buildings and Components**. Joint CIB W080-RILEM TC 140, CIB Publication. Rotterdam. 2004.

JOHN V.M.; SJOSTROM C.; AGOPYAN V. **Durability in the built environment and sustainability in developing countries**. 9th International Conference on Durability of Building Materials and Components. Brisbane – Austrália. p. 11. 2002.

LEITE, J. C. S. P. **Engenharia de Requisitos**. In: Notas de Aula, PUC-Rio de Janeiro, 1994.

LEITE, J. C. S. P. **Validação de requisitos: o uso de pontos de vista**. Revista Brasileira de Computação, v.6, n.2, p. 39-52, RBC, out/dez, 1990.

MATTOS, Marianna Costa. **Planejamento da Vida Útil na Construção Civil**. Belo Horizonte, UFMG. 2013.

MAYRHAUSER, A.V. **Software Engineering: Methods and Management**. p. 864 Academic Press, 1990.

MOREIRA, Lorena Claudia de Souza; RUSCHEL, Regina Coeli. **Impacto da Adoção de BIM em Facility Management: Uma Classificação**. Artigo da PARC (Pesquisa em Arquitetura e Construção). ISSN 1980-6809. V. 6, n. 4, p. 277-290. Campinas - SP. 2015.

NICOLELLA, M.; De Pascale, A. **Service life of building components. Analysis and proposals of definition of the modifying factors**. University of Naples Federico II. Naples, Italy. 2005.

NIEMEYER, Oscar. **As curvas do tempo: memórias**. Rio de Janeiro: Revan, 9 ed., 2007.

NIEMEYER, Oscar; SILVEIRA, C. M; ANDRADE, Fernando. **Especificações de Serviços. Ficha Técnica. Palácio do Planalto – Projeto de Restauração.** Brasília-DF. 2007.

NOUR, Antonio Abdul. **Manutenção de Edifícios.** Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo. 2003.

PINHEIRO, C. S. P. M. **Modelos de gestão da degradação de fachadas em pedra de 5 edifícios antigos.** Dissertação (Mestrado). Engenharia Civil do Instituto Superior Técnico. 6 Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa. 2013.

POSSAN, E; DEMOLIER, C. A. **Desempenho, durabilidade e vida útil das edificações: Abordagem geral.** Revista Técnico-Científica, p. 1–18. Disponível em: <<http://creaprw16.crea-pr.org.br/revista/Sistema/index.php/revista/index>>. 2013.

SANCHES, Iara Del Arco. **Gestão da Manutenção em EHIS.** Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. p. 185. São Carlos. 2010.

SANTOS, A. D. P. L.; ANTUNES, C. E.; BALBINOT, G. B. **Levantamento de quantitativos de obras: comparação entre o método tradicional e experimentos em tecnologia BIM.** Iberoamerican Journal of Industrial Engineering, v. 6, n. 12, p. 134-155, 2014.

SANTOS, M. R. P. **Metodologias de previsão da vida útil de materiais, sistemas ou componentes da construção.** Revisão Bibliográfica., 149. 2010.

SATTLER, Miguel Aloysio; PEREIRA, Fernando Oscar Ruttkay. **Coletânea Habitare, Construção e Meio Ambiente.** Volume 7, p. 24. Porto Alegre. 2006.

SILVA, Ana; BRITO de Jorge; GASPAR Pedro Lima. **Methodologies for Service Life Prediction of Buildings.** Springer International Publishing Switzerland. p. 59-60. 2016

SILVA, Elcio Gomes da. **Os palácios originais de Brasília.** Edições Câmara. Brasília, 2014.

SIMOES, Diogo Gonçalves. **Manutenção de Edifícios apoiado no modelo BIM**. Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Civil. IFT Técnico Lisboa. 2013.

SOUZA, Dionisio. **BIM com REVIT e ACCESS: 4 passos para a integração**. 2017. Disponível em: <<https://www.aprendabim.com.br/Revit-e-access/>>. Acesso em: 10 jun. 2019.

SOUZA, Jessica Siqueira de. **Evolução da degradação de fachadas – efeito dos agentes de degradação e dos elementos constituintes**. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília. Dissertação. 2016.

STRAUB, A. **Estimating the Service Lives of Building Products in Use**. Delft University of Technology. Journal of Civil Engineering and Architecture 9. 2015.

TEICHOLZ, Eric. **Facility Design and Management Handbook**. McGraw-Hill Professional. New York. 2001.

TURINE, Marcelo Augusto Santos; MASIERO Paulo Cesar. **Especificação de Requisitos: Uma Introdução**. Instituto de Ciências Matemáticas de São Carlos. São Carlos, SP, 1996.

WIGGINS, Jane M. **Facilities Manager's Desk Reference**. United Kingdom: WileyBlackwell. p. 528. 2010.

WONG, K. D.; FAN, Q. **Building information modelling (BIM) for sustainable building design**. *Facilities*. v. 31, n. 3/4, p. 138-157, 2013.

APÊNDICE A – Especificação de Requisitos de Software

1. INTRODUÇÃO

1.1. OBJETIVO

Este documento tem por objetivo auxiliar nas definições das especificações técnicas para o projeto e implementação de um sistema digital por meio de software a fim de permitir o controle de gestão de manutenção da vida útil estimada dos componentes construtivos de uma edificação.

1.2. ESCOPO

O sistema de gestão de manutenção com ênfase na vida útil estimada dos componentes tem por escopo permitir ao usuário verificar e receber alertas de inspeção predial de determinado componente em sua localização real na edificação estabelecida.

Os dados obtidos do modelo BIM são a base para alimentar o sistema de gestão, este por sua vez, será responsável por realimentar os parâmetros no modelo, afim de obter o modelo e o sistema de gestão atualizados e sincronizados.

1.3. PÚBLICO-ALVO

Para o sistema de gestão de manutenção há um filtro de público-alvo que se inicia por usuários e/ou profissionais envolvidos na construção civil, dentre esse setor, há o público técnico que se inicia desde o projetista até o responsável pela manutenção do edifício.

De forma objetiva, o sistema para controle de manutenção com ênfase na vida útil dos componentes está em qualquer fase do ciclo de vida da edificação, desde o planejamento do projeto até a demolição ou renovação do edifício. Onde em cada etapa do ciclo os responsáveis são beneficiados pelo controle de dados que o sistema carrega.

1.4. BENEFÍCIO

O controle de vida útil estimado dos componentes, usualmente, não é realizado por inúmeros fatores, alguns deles são a falta de informações dos componentes usados no projeto e na execução, controle de execução e influência na manutenção. A manutenção preventiva do edifício, normalmente, é realizada com elementos que estão visíveis e/ou que possuem dados de controle periódico, já os componentes construtivos que foram usados na construção, são elementos que sofrem intervenções quando sofrem a necessidade de realizar manutenção corretivas.

Dessa forma, o maior benefício do sistema de gestão de manutenção preventiva dos componentes ligadas ao modelo BIM, é ter o controle por meio de avisos os dados que cada componente possui além de obter, por meio do método fatorial a vida útil estimada para cada componente, a fim de ter o controle real de prevenção de patologias na edificação. Na Tabela1 demonstra de forma objetiva os principais objetivos da ferramenta a ser especificada.

Tabela 1: Benefícios da ferramenta. Fonte: Autor (2020).

Principais Benefícios	
1	Controle de vida útil estimada de componentes construtivos da edificação
2	Alertas de aviso para realizar inspeção predial em determinado local e componente
3	Dados reais de cada componente e sistema da edificação
4	Atualizar dados que contemplam as intervenções ou vistorias realizadas
5	Interoperabilidade com o modelo BIM, para obtenção de dados e modelo real
6	Extensão do ciclo de vida útil da edificação
7	Cálculo automático da vida útil estimada de acordo com o método fatorial

1.5. ORGANIZAÇÃO DO DOCUMENTO

Este documento de Especificação de Requisitos está organizado por seções, sendo elas:

Seção 1: Introdução com o objetivo do documento, escopo do produto, características do público-alvo e benefícios do produto.

Seção2: São apresentados o cenário de utilização, característica dos usuários e as características gerais da ferramenta.

Seção3: Descreve de forma detalhada os requisitos funcionais, não funcionais, de interferência e de documentação da ferramenta desejada.

Seção 4: Mapeamento dos requisitos listados de acordo com alguns possíveis caso de uso da ferramenta.

2. DESCRIÇÃO GERAL DO PRODUTO

2.1. CLASSES E CARACTERÍSTICAS DOS USUÁRIOS

A ferramenta digital será utilizada por um perfil de usuário de cada organização, tipo colaborador, que poderá ter permissão para alterar ou não dados que constam na plataforma, no entanto, todos usuários terão acesso a visualização das informações.

Um outro perfil é o do administrador, que terá acesso a todas informações e poderá realizar ações no sistema restritas aos outros usuários. Na Figura 1 é possível compreender melhor os tipos de usuários e suas características.

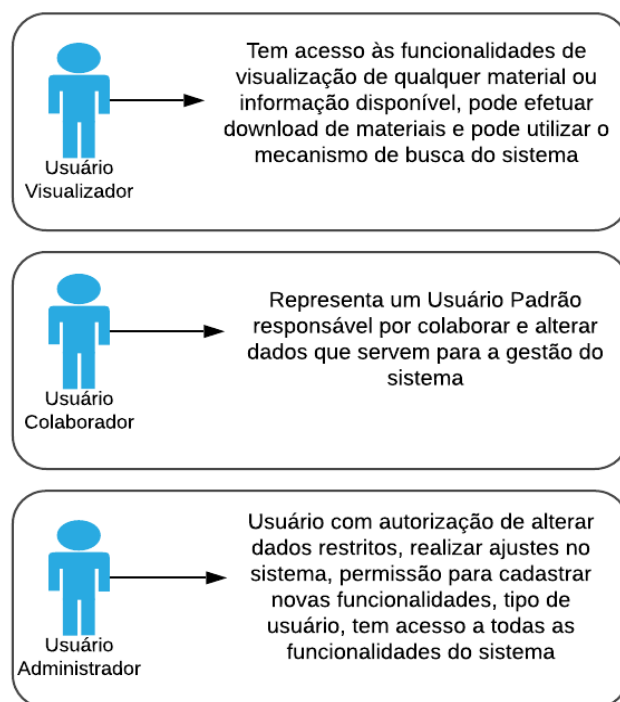


Figura 44 - Tipos de usuários e características de acesso. Fonte: Autor (2020).

2.2. INTERFACES

As interfaces de usuário poderão ser acessadas por meio de aplicativos ou direto no software instalado na máquina. Com apenas o *login* do usuário e senha.

O sistema fornecerá comunicação *via webservice* e *app* afim de efetuar consultas ou fazerem *upload* de informações necessárias para atualização de dados, como fotos e textos.

2.3. RESTRIÇÕES

A restrição da ferramenta será dada pela capacidade de memória do computador pois o mesmo não poderá sofrer limitações quanto a alimentação simultânea no modelo BIM central. Que por sua vez, dependendo da dimensão do edifício poderá ter o tamanho grande de bytes.

3. REQUISITOS

Os requisitos são as definições de exigência que o software deve materializar em um sistema. No escopo de um software é preciso ter de forma clara os requisitos, e por uma questão de método, estes requisitos são agrupados e trabalhados conforme seus objetivos. Para facilitar a compreensão dos tipos/classificações de requisitos, foram elaborados os requisitos funcionais e não funcionais, de interface e de documentação, todos definidos nas tabelas a seguir.

3.1. REQUISITOS FUNCIONAIS

Tabela 2: Requisitos Funcionais da ferramenta. Fonte: Autor (2020).

Descrição dos Requisitos Funcionais	
R1	Identificar os usuários. Autenticação do acesso aos recursos da ferramenta de acordo com o perfil individual.
R2	Sistema deve permitir que usuários do tipo Visualizador tenham acesso as informações dos elementos que foram disponibilizados.
R3	Sistema deve permitir que usuários Colaborador sejam capazes de alterar e adicionar dados que serão registrados no sistema.
R4	Sistema deve permitir que usuários do tipo Administrador tenha acesso as todas as funcionalidades do sistema.
R5	Usuários do tipo Colaborador deve ter acesso para visualizar, alterar, excluir e inserir todas propriedades dos componentes construtivo da edificação.
R6	Receber dados diretamente do modelo central BIM e que seja substituído no sistema de gestão por meio de confirmação de alteração de informações.
R7	Permitir inserir dados em qualquer item do sistema que por sua vez estará ligado ao elemento modelado em BIM.
R8	Realizar o cálculo automático da fórmula do método fatorial afim de obter a Vida Útil Estimada (VUE) dos componentes nos sistemas construtivos.
R9	Exibir informações de VUE, fotos e relatórios de inspeção predial de cada componente da edificação.
R10	Emitir um modelo de relatório de inspeção predial para que fique salvo a data, local, usuário de cada elemento construtivo.
R11	Permitir o histórico de alterações separadamente por cada elemento e/ou por usuário.
R12	Permitir que seja feito agendamento de alerta para a próxima atividade de manutenção, como exemplo inspeção predial, substituição de componente ou reparo preventivo.
R13	Gerar relatórios em formato .pdf e/ou .txt para histórico de cada componente de um determinado sistema da edificação, ou separado/filtrado por setor.

R14	O sistema deve permitir o agendamento e reagendamento por meio de chamada para que os usuários responsáveis sejam capazes de justificar a não execução desta na data marcada.
R15	Permitir a exclusão de item quando esse for retirado ou substituído da edificação e que por sua vez, sofrerá alteração na modelagem BIM.
R16	Disponibilizar a criação de novos parâmetros compartilhados entre o sistema de gestão e o modelo BIM, afim de atender novas demandas de dados diferentes.

3.2. REQUISITOS NÃO FUNCIONAIS

Tabela 3: Requisitos não Funcionais. Fonte: Autor (2020).

Descrição dos Requisitos de Segurança	
R17	Informar ao usuário quando tentar fazer operação indevida, restrita ou perigosa.
R18	Deve possuir mecanismos que garantam a não perda de informações. Opções de recuperação de conteúdo.
R19	Sistema deverá implementar um sistema de restrição de acesso somente aos usuários cadastrados, se necessário com cadastro de chave privada com certificado A1 ou A3.

3.3. REQUISITOS DE INTERFACE

Tabela 4: Requisitos de Interface. Fonte: Autor (2020).

Descrição dos Requisitos de Interface	
R20	Interface baseada em linguagem de marcação HTML, gerada a partir de scripts, para utilização da ferramenta em navegadores Web.
R21	Deve possuir mecanismo que garante a acessibilidade digital.
R22	Sistema deverá ter interface amigável, permitindo aos usuários uma rápida identificação do procedimento de consulta.
R23	O sistema permitirá o envio de registros de alertas por meio de aplicativos em aparelhos portáteis como celulares e tablets.
R24	Disponibilidade de linguagem no idioma português.

3.4. REQUISITOS DE DOCUMENTAÇÃO

Tabela 5: Requisitos de Documentação. Fonte: Autor (2020).

Descrição de Documentação

R25	O manual de usuário precisa conter uma referência completa do sistema com o qual o usuário possa aprender todas as funcionalidades, bem como os elementos de interface.
R26	O usuário precisa ter acesso ao manual com as devidas dúvidas mais frequentes.
R27	O manual deve possuir a opção de impressão além da interface digital no próprio sistema antes mesmo de realizar o <i>login</i> de usuário, e que contenha ajuda on-line.
R28	A ajuda <i>on-line</i> deve oferecer um sistema de ajuda que ofereça informações de acordo com o contexto.
R29	As informações para suporte devem conter os dados da empresa.

3.5. DIAGRAMAS DE CASOS DE USO

Para melhor compreender os tipos de recursos via os requisitos funcionais que a ferramenta poderá fornecer, segue o diagrama com seus devidos tipos de uso de acordo com o usuário e as funções bases do sistema.

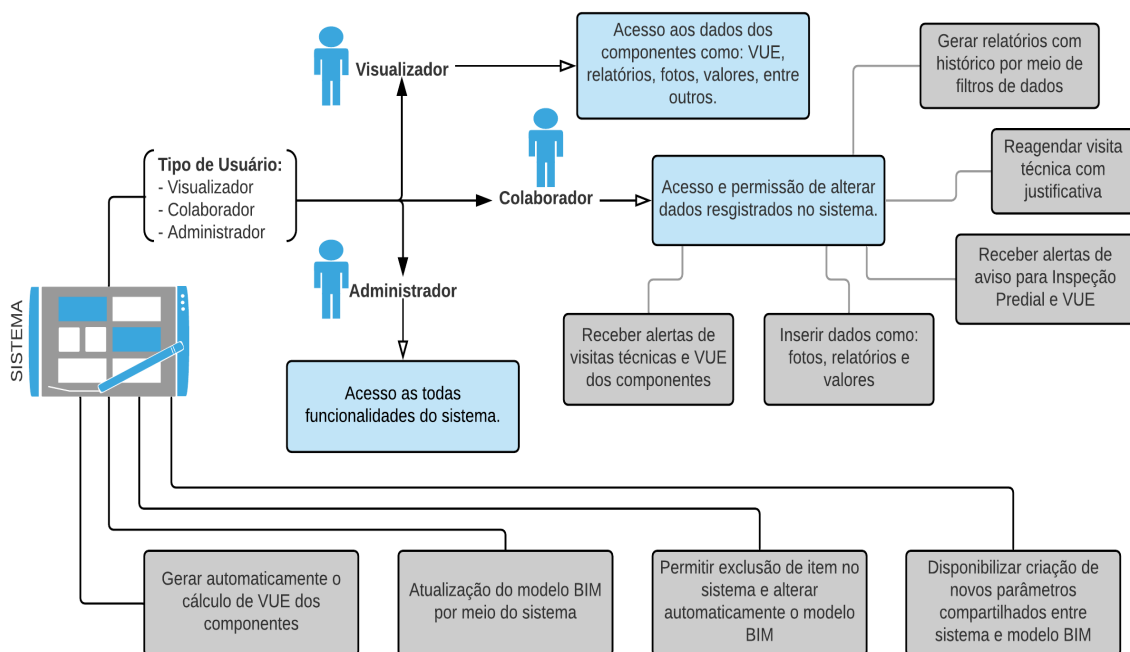


Figura 45 - Diagrama de casos de uso por meio de usuários e atividades bases do Sistema. Fonte: Autor (2020).

4. MAPEAMENTO DE REQUISITOS COM CASOS DE USO

De forma funcional e mais detalhada o mapeamento dos requisitos por meio de casos de uso, permite o aprofundamento dos usos. Por meio dos atores e das funcionalidades, os requisitos ficam melhor descritos para então iniciar a modelagem do banco,

desenvolvimento e outras etapas posteriormente, assim como, os testes de requisitos. A seguir estão os casos de uso para cada um dos requisitos funcionais determinados anteriormente.

[R1]	Registro de acesso dos usuários
Descrição	Identificar os usuários. Autenticação do acesso aos recursos da ferramenta de acordo com o perfil individual.
Condições	O administrador deverá receber notificação de novo cadastramento de usuário.
Referência	Realizar login por meio de novo cadastro de usuário ou já existente.
Pré-condições	[R2] [R3] [R4] Levar em consideração o nível de acesso ao sistema por cada requisito.
Descrição	<ol style="list-style-type: none"> 1. Usuário faz login no sistema ou faz solicitação de um novo acesso. 2. O sistema permite restaurar a senha em caso de esquecimento. 3. Após o login de acordo com o nível de acesso, o sistema exibe uma tela, antes da tela principal, contendo avisos importantes atualizados pelo administrador, contendo um botão de “registrar leitura”. 4. Após a leitura dos avisos, o usuário terá acesso a plataforma com seus limites de acesso.

[R2]	Acesso de usuários do tipo Visualizador
Descrição	Sistema deve permitir que usuários do tipo Visualizador tenham acesso as informações dos elementos que foram disponibilizados.
Condições	Usuários desse tipo deve ter acessos aos dados e ferramentas que o administrador configurou no ato de criar o usuário.
Referência	Realizar o acesso de usuários do tipo Visualizador.
Pré-condições	[R1] [R6] [R9] [R10] [R11] [R13] Levar em consideração o nível de acesso ao sistema por cada requisito.
Descrição	<ol style="list-style-type: none"> 1. Usuário faz login no sistema ou faz solicitação de um novo acesso. 2. O sistema permite restaurar a senha em caso de esquecimento. 3. Após o login de acordo com o nível de acesso, o sistema exibe uma tela, antes da tela principal, contendo avisos importantes atualizados pelo administrador, contendo um botão de “registrar leitura”. 4. Após a leitura dos avisos, o usuário terá acesso a plataforma com seus limites de acesso.

[R3]	Acesso de usuários do tipo Colaborador
Descrição	Sistema deve permitir que usuários do tipo Colaborador tenham acesso as informações dos elementos que foram disponibilizados.
Condições	Usuários desse tipo deve ter acessos aos dados e ferramentas que o administrador configurou no ato de criar o usuário.
Referência	Realizar o acesso de usuários do tipo Colaborador.
Pré-condições	[R1] [R9] [R11] [R13] [R14] [R15] [R16] Levar em consideração o nível de acesso ao sistema por cada requisito.
Descrição	<ol style="list-style-type: none"> 5. Usuário faz login no sistema ou faz solicitação de um novo acesso. 6. O sistema permite restaurar a senha em caso de esquecimento.

	<p>7. Após o login de acordo com o nível de acesso, o sistema exibe uma tela, antes da tela principal, contendo avisos importantes atualizados pelo administrador, contendo um botão de “registrar leitura”.</p> <p>8. Após a leitura dos avisos, o usuário terá acesso a plataforma com seus limites de acesso.</p>
--	--

[R4]	Acesso de usuários do tipo Administrador
Descrição	Sistema deve permitir que usuários do tipo Administrador tenham acesso as funcionalidades do sistema.
Condições	Usuários desse tipo deve ter acessos a toda plataforma do sistema de forma, que realize as modificações.
Referência	Realizar o acesso de usuários do tipo Administrador.
Pré-condições	[R1] Levantar em consideração o nível de acesso ao sistema deve ser completo.
Descrição	<ol style="list-style-type: none"> 1. Usuário faz login no sistema ou cria um novo acesso. 2. O sistema permite restaurar a senha em caso de esquecimento. 3. Após o login de acordo com a permissão total de acesso, o sistema dará todo acesso.

[R5]	Edição de propriedades
Descrição	Receber dados diretamente do modelo central BIM e que seja substituído no sistema de gestão por meio de confirmação de alteração de informações.
Condições	Os colaboradores devem ter acesso as ferramentas de edição no sistema.
Referência	Permitir que as propriedades dos componentes sejam editadas.
Pré-condições	[R3] [R7] [R9] [R10] [R11] [R12] [R13] [R14] [R15] [R16] Levantar em consideração o nível de acesso ao sistema por cada requisito.
Descrição	<ol style="list-style-type: none"> 1. Usuário clica em cada componente que possui carregado no sistema. 2. O sistema permite editar os dados. 3. Após a edição alertar por meio de aviso, que precisa confirmar a alteração.

[R6]	Recebimento dos dados do Modelo Central
Descrição	Receber dados diretamente do modelo central BIM e que seja substituído no sistema de gestão por meio de confirmação de alteração de informações.
Condições	Transição de intercambiabilidade de dados do modelo BIM ao banco de dados do sistema de gestão.
Referência	Recebimento de dados confiáveis do modelo BIM para o sistema.
Pré-condições	[R11] Possuir uma confiabilidade de segurança no recebimento dos dados oriundos do modelo.
Descrição	<ol style="list-style-type: none"> 1. O usuário atualiza ou faz login no sistema. 2. As informações que são inseridas, modificadas ou excluídas no modelo, são enviadas ao sistema. 3. O usuário recebe aviso de alerta de todos os itens que sofreram modificação no modelo.

[R7]	Edição de dados no sistema
Descrição	Permitir inserir dados em qualquer item do sistema que por sua vez estará ligado ao elemento modelado em BIM.
Condições	A edição dos dados de cada componente no sistema deve ser de forma confiável e segura, apenas para os usuários que tem permissão, além de atualizar as informações no modelo.
Referência	Edição de informações em cada elemento/componente no sistema.
Pré-condições	[R6] [R8] [R15] Possuir uma confiabilidade de segurança na edição dos dados e atualização simultânea no modelo.
Descrição	<ol style="list-style-type: none"> 1. O usuário entra no componente desejado. 2. O sistema permite edição das informações. 3. O usuário recebe um aviso de alerta para confirmar a alteração. 4. Após a edição o usuário deve clicar no comando de atualizar o modelo central.

[R8]	Cálculo da VUE
Descrição	Realizar o cálculo automático da fórmula do método fatorial afim de obter a Vida Útil Estimada (VUE) dos componentes nos sistemas construtivos.
Condições	O cálculo da VUE deve ser automático mediante as informações que foram inseridas nos fatores.
Referência	Cálculo da Vida Útil Estimada dos componentes.
Pré-condições	[R9] [R14] Possuir uma confiabilidade de segurança do cálculo da fórmula e os índices estabelecidos no sistema.
Descrição	<ol style="list-style-type: none"> 1. O usuário insere os valores dos fatores no modelo ou no sistema. 2. O sistema calcula ou recalcula os valores de VUE. 3. O usuário recebe um aviso de alerta caso haja algum índice inserido fora do padrão estabelecido.

[R9]	Exibição das informações
Descrição	Exibir informações de VUE, fotos e relatórios de inspeção predial de cada componente da edificação.
Condições	Exibição de todas as informações importantes e necessárias para a gestão de manutenção da edificação.
Referência	Exibir dados para gestão de manutenção.
Pré-condições	[R6] [R7] [R8] [R9] [R11] [R13] Possuir uma confiabilidade de segurança na emissão dos dados.
Descrição	<ol style="list-style-type: none"> 1. O usuário clica no componente e consegue visualizar no quadro de propriedades as informações. 2. Em caso de emissão de relatórios, o usuário tem opções de ferramentas para gerar o banco de dados de todo o edifício. 3. Há a necessidade de possuir tipos de filtros na emissão dos relatórios gerais.

[R10]	Modelo de Relatório de Inspeção Predial
Descrição	Emitir um modelo de relatório de inspeção predial para que fique salvo a data, local, usuário de cada elemento construtivo.
Condições	Ter modelo de relatório para criar relatório de inspeção predial, para cada visita do técnico.
Referência	Possuir modelo de relatório para preenchimento direto no sistema.

Pré-condições	[R6] [R7] [R8] [R11] [R12] [R14] Possuir opção de edição dos relatórios.
Descrição	<ol style="list-style-type: none"> 1. O usuário ao receber o aviso de necessidade de Visita Técnica em determinado componente e/ou local. 2. O sistema permite criar novo relatório vinculado a tal componente, com dados obrigatórios de preenchimento. 3. Após a criação do relatório de Inspeção Predial o sistema emiti a alerta de salvar. 4. O sistema deve gerar a assinatura digital de acordo com o login cadastrado, com data e horário. 5. Há a permissão de inserir anexo ao relatório como fotos e pdf.

[R11]	Relatório de Histórico
Descrição	Permitir o histórico de alterações separadamente por cada elemento e/ou por usuário.
Condições	Emissão de relatórios filtrado por histórico realizado em cada componente, e/ou relatórios filtrado por histórico de cada ação do usuário selecionado.
Referência	Possuir modelo de histórico automático pelo sistema.
Pré-condições	[R3] [R4] Possuir todas as ações realizadas pelos usuários em cada componente ou por cada login.
Descrição	<ol style="list-style-type: none"> 1. O usuário do tipo colaborador ou administrador clica na ferramenta de emissão de relatório. 2. Abre uma janela com as opções de filtro de relatórios. Com as informações que deseja. 3. Há a opção de gerar em modo .pdf ou .txt.

[R12]	Agendamento de alerta
Descrição	Permitir que seja feito agendamento de alerta para a próxima atividade de manutenção, como exemplo inspeção predial, substituição de componente ou reparo preventivo.
Condições	Aviso de alerta para realizar visita técnica.
Referência	Alerta de realizar visita pré-agendada.
Pré-condições	[R10] [R14] Permitir receber, agendar ou reagendar visita técnica.
Descrição	<ol style="list-style-type: none"> 1. O sistema emite alertas automaticamente mediante o período de VUE. 2. Além da data estimada da VUE, permitir que o usuário faça agendamento após visita técnica.

[R13]	Exportação de Relatório
Descrição	Gerar relatórios em formato .pdf e/ou .txt para histórico de cada componente de um determinado sistema da edificação, ou separado/filtrado por setor.
Condições	Permitir formatos de exportação de relatório.
Referência	Ferramenta de gerar relatórios fora do sistema.
Pré-condições	[R10] [R11] [R12] Permitir exportar todos os possíveis tipos de relatórios.
Descrição	<ol style="list-style-type: none"> 1. O usuário permite exportar em vários formatos todos os tipos de relatórios.

	2. O sistema emite o aviso de opção de salvar o arquivo no local desejado.
--	--

[R14]	Agendamento e/ou Reagendamento Visitas
Descrição	O sistema deve permitir o agendamento e reagendamento por meio de chamada para que os usuários responsáveis seja capaz de justificar a não execução desta na data marcada.
Condições	Permitir que usuários agende ou reagende as visitas técnicas para realizar inspeções prediais.
Referência	O agendamento deve estar vinculado com os relatórios de inspeção predial e VUE.
Pré-condições	[R8] [R10] Permitir editar os prazos.
Descrição	<ol style="list-style-type: none"> 1. O usuário ao receber a alerta de necessidade de visita técnica pode alterar a data. 2. Em caso da não possibilidade de visita técnica na data marcada, permitir o reagendamento com prazo máximo de 15 dias de adiamento. 3. A alteração de agendamento é avisada ao usuário coordenador para manter o controle das atividades dos técnicos.

[R15]	Alterações simultâneas no Modelo e Sistema
Descrição	Permitir a exclusão de item quando esse for retirado ou substituído da edificação e que por sua vez, sofrerá alteração na modelagem BIM.
Condições	Ao realizar modificações no modelo BIM ou no sistema as alterações devem ser atualizadas em ambas plataformas digitais.
Referência	Alterações realizadas devem ser modificadas simultaneamente nas duas plataformas.
Pré-condições	[R5] [R6] Ações realizadas devem constar no modelo BIM e no sistema de gestão.
Descrição	<ol style="list-style-type: none"> 1. O usuário ao realizar modificações tanto no modelo ou no sistema, deve receber alertas de aviso. 2. O sistema permite ferramenta de atualização.

[R16]	Criação de parâmetros
Descrição	Disponibilizar a criação de novos parâmetros compartilhados entre o sistema de gestão e o modelo BIM, afim de atender novas demandas de dados diferentes.
Condições	Permitir usuário criar parâmetros para inserir novos dados.
Referência	Alteração deve ser realizada em ambos os sistemas.
Pré-condições	[R7] [R15] Ações realizadas devem constar no modelo BIM e no sistema de gestão.
Descrição	<ol style="list-style-type: none"> 1. O usuário do tipo administrador pode criar parâmetros para inserir dados nos componentes. 2. Tanto no modelo ou no sistema, deve receber alertas de aviso.