



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
NÚCLEO DE DESENVOLVIMENTO AMAZÔNICO EM ENGENHARIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM INFRAESTRUTURA E
DESENVOLVIMENTO ENERGÉTICO

THIAGO PINHEIRO VELOSO

**ANÁLISE DA VIDA ÚTIL E O CUSTO DE REPARO DE FACHADAS DE EDIFICAÇÕES
VERTICAIS**

Tucuruí-PA

2020

THIAGO PINHEIRO VELOSO

**ANÁLISE DA VIDA ÚTIL E O CUSTO DE REPARO DE FACHADAS DE
EDIFICAÇÕES VERTICAIS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Infraestrutura e Desenvolvimento Energético do Núcleo de Desenvolvimento Amazônico em Engenharia, da Universidade Federal do Pará, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Infraestrutura e Desenvolvimento Energético. Área de concentração: Infraestrutura.

Orientador: Dr. Luiz Maurício Furtado Maués.

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD Sistema de Bibliotecas da
Universidade Federal do Pará**
Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- V432a Veloso, Thiago Pinheiro.
Análise da vida útil e o custo de reparo de fachadas de edificações verticais /
Thiago Pinheiro Veloso. — 2020.
99 f. : il. color.
- Orientador(a): Prof. Dr. Luiz Maurício Furtado Maués Dissertação (Mestrado) -
Universidade Federal do Pará,
Núcleo de Desenvolvimento Amazônico em Engenharia, Programa de Pós-
Graduação em Engenharia de Infraestrutura e Desenvolvimento Energético, Tucuruí,
2020.
1. Fachadas. 2. Manifestações patológicas. 3. Durabilidade. 4. Vida útil. 5.
Norma de desempenho. I. Título.

CDD 620.0046

THIAGO PINHEIRO VELOSO

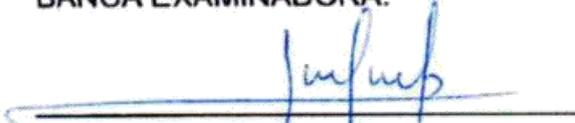
**ANÁLISE DA VIDA ÚTIL E O CUSTO DE REPARO DE FACHADAS DE
EDIFICAÇÕES VERTICAIS**

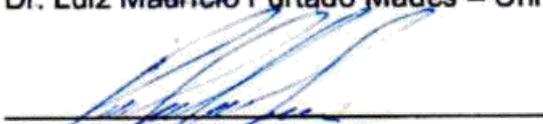
Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Infraestrutura e Desenvolvimento Energético do Núcleo de Desenvolvimento Amazônico em Engenharia, da Universidade Federal do Pará, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Infraestrutura e Desenvolvimento Energético. Área de concentração: Infraestrutura.

Orientador: Dr. Luiz Maurício Furtado Maués.

Aprovada em 28 de fevereiro de 2020.

BANCA EXAMINADORA:


Dr. Luiz Maurício Furtado Maués – Universidade Federal do Pará – Orientador


Dr. Paulo Sérgio Lima Souza – Universidade Federal do Pará – Examinador Interno


Dra. Débora de Gois Santos – Universidade Federal do Sergipe – Examinador

Dedicatória

Aos meus pais, Socorro e
Darlindo, pelo dom da vida.

AGRADECIMENTOS

Agradeço inicialmente a Deus que através da sua infinita bondade e misericórdia me permitiu ingressar no Mestrado após minha segunda graduação, algo muito desejado por mim, guiando todos os meus passos para conclusão deste trabalho.

Agradeço muito ao professor Luiz Maurício Maués, primeiro por ter aceitado me orientar quando solicitei seu apoio, segundo por ter conduzido esse trabalho de forma ativa, abrindo as portas para que a pesquisa pudesse ter sido realizada, concedendo o suporte necessário no decorrer do trabalho, propondo sugestões pertinentes, contribuindo assim de forma significativa para o tema proposto.

Agradeço também ao colega de profissão Ricardo Gonçalves de Moraes no apoio incondicional ao trabalho desenvolvido, sobretudo em me ensinar e sanar todas as minhas dúvidas referentes ao *software* “simula”, sendo fundamental para que os resultados da pesquisa fossem interpretados da melhor maneira possível.

Da mesma forma devo agradecer ao também Engenheiro e Dr. Felipe de Sá Moreira por seu apoio para o desenvolvimento do meu trabalho, dando orientações e retirando dúvidas em vários âmbitos do estudo, o que foi essencial no transcorrer da dissertação.

Agradeço aos meus pais pelo apoio, ensinamentos, carinho e paciência com que sempre me trataram. Aos meus irmãos, cunhado e cunhada pela amizade e pelas palavras de incentivo. Mas agradeço fundamentalmente a minha esposa Adele, por seu amor e companheirismo em todos os momentos da minha vida.

RESUMO

As fachadas das edificações têm apresentado com frequência nos últimos anos níveis de degradação superior aos desejados, expondo problemas relacionados à qualidade e à durabilidade, caracterizados pelo envelhecimento precoce devido, sobretudo, ao aparecimento de manifestações patológicas. Tais intercorrências ocasionam vários problemas, afetando o uso, a estética, a segurança, e, sobretudo, a durabilidade das construções. Com o advento da Norma de Desempenho (ABNT, 2013), pode-se criar parâmetros de durabilidade para todos os elementos de uma edificação, a partir da definição de prazos de durabilidade em três níveis: mínimo, médio e máximo. Nesse sentido, buscou-se avaliar a vida útil de fachadas de edificações verticais, bem como a frequência com que ocorre intervenção nas mesmas, o custo de reparo, bem como foi executada uma simulação no *software* “simula v 4.4”. A partir da coleta de dados com a aplicação de um formulário numa empresa de grande representatividade no setor de reparo de fachadas, foi possível contabilizar 40 edificações com sinais de degradação. Esses prédios foram divididos em dois grupos, levando-se em consideração o tempo de intervenção após a entrega, isto é, um grupo compreendido no período de 1 a 7 anos e o outro grupo de 8 a 15 anos. Com a adoção do *software* “simula v 4.4”, baseado no método de Monte Carlo, foram realizadas simulações de custo e de prazo, almejando determinar o número de intervenções necessárias para manutenção dessas fachadas, bem como o custo para tal, num ciclo de 50 anos. Os resultados apresentados mostram que o Grupo I teve um desempenho inferior ao Grupo II nas duas situações, necessitando de mais ações de reparo e um valor maior de execução, considerando um referencial mínimo, médio e máximo gerado pelo programa. Além disso, os números obtidos demonstram que ambos os grupos estão aquém do prazo mínimo de durabilidade preconizado pela norma, que é de 20 anos, mais além dos prazos médio e máximo, que são 25 e 30 anos respectivamente, constatando assim a possível presença de uma série de fatores que interferiram no processo de concepção e execução dessas fachadas. Desta forma, conclui-se que uma atenção especial deve ser dada na montagem das fachadas das edificações, por se tratarem de um componente muito caro da obra, e que agrega muito valor ao produto final.

Palavras-chave: Fachadas. Manifestações patológicas. Durabilidade. Vida útil. Norma de desempenho.

ABSTRACT

The façades of buildings have frequently presented levels of degradation higher than desired in recent years, exposing problems related to quality and durability, characterized by premature aging due, above all, to the appearance of pathological manifestation. Such complications cause several problems, affecting use, aesthetics, safety, and above all the durability of the buildings. With the advent of the Performance Standard (ABNT, 2013), it was possible to create durability parameters for all elements of a building, from the definition of durability terms in three levels: minimum, medium and maximum. In this sense, we sought to evaluate the useful life of vertical building facades, as well as the frequency with which intervention occurs is them, the cost of repair, as well as a simulation was performed in the software "simulates v 4.4". From the data collection with the application of a form in a company of great representation in the sector of façade repair, it was possible to account for 40 buildings with signs of dregacy. These buildings were divided into two groups taking into account the intervention time after delivery, that is, a group comprised between 1 and 7 years and another group between 8 and 15 years. With the adoption of the "simula v 4.4" software, based on the Monte Carlo method, cost and time simulations were carried out, aiming to determine the number of interventions required to manintain these facades, as well as the cost for such, in a cycle of 50 years. The results presented show that Group I had a lower performance than Group II in both situations, requiring more repair actions and a higher execution value, considering a minimum, medium and maximum reference generated by the program. In addition, the figures obtained show that both groups are below the minimum durability term recommended by the standard, which is 20 years, beyond the average and maximum terms, which are 25 and 30 years respectively, confirming the presence of a series of factors that interfered in the process of design and execution of the these facades. Thus, it is concluded that special attention should be given in the assembly of the facades of the buildings, as they are a very expensive component of the work, and that add a lot of value to the final product.

Keywords: Facades. Pathological manifestations. Durability. Lifespan. Performance standard.

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Ciclo da qualidade na construção civil.....	25
Figura 3.1 – Delineamento da pesquisa.....	53
Figura 3.2 – Etapas da RSL.....	57
Figura 3.3 – Entrada dos dados no programa	60
Figura 3.4 – Entrada de dados de cada EFM.....	62
Figura 3.5 – Histograma de probabilidade de substituições para o EFM.....	63
Figura 3.6 – Número de intervenções ao longo de 50 anos	64
Figura 4.1 – Quantidade de edifícios por anos de entrega	65
Figura 4.2 – Quantidade de edifícios por ano de intervenção	66
Figura 4.3 – Diferença cronológica entre ano de intervenção e habite-se	67
Figura 4.4 – Entrada dos dados do Grupo I no programa	69
Figura 4.5 – Entrada dos dados do EFM fachada	70
Figura 4.6 – Histograma de probabilidade de substituições para o EFM do Grupo I	71
Figura 4.7 – Entrada dos dados do Grupo II no programa	73
Figura 4.8 – Entrada dos dados do EFM fachada	74
Figura 4.9 – Histograma de probabilidade de substituições para o EFM do Grupo II	75
Figura 4.10 – Entrada dos dados do Grupo I no programa	82
Figura 4.11 – Entrada dos dados do EFM fachada	83
Figura 4.12 – Entrada dos dados do Grupo II no programa	84
Figura 4.13 – Entrada dos dados do EFM fachada	85

LISTA DE TABELAS

Tabela 4.1 – Número de intervenções ao longo de 50 anos para o Grupo I.....	72
Tabela 4.2 – Tempo de intervenção para o Grupo I.....	72
Tabela 4.3 – Porcentagem de duração para o Grupo I.....	73
Tabela 4.4 – Número de intervenções ao longo de 50 anos para o Grupo II.....	75
Tabela 4.5 – Tempo de intervenção para o Grupo II.....	76
Tabela 4.6 – Porcentagem de duração para o Grupo II.....	76
Tabela 4.7 – Preço unitário e composição do revestimento aderido de fachada...	80
Tabela 4.8 – Previsão de custo para manutenção da fachada nos edifícios do Grupo I.....	83
Tabela 4.9 – Previsão de custo para manutenção da fachada nos edifícios do Grupo II.....	85
Tabela 4.10 – Comparação do custo anual/m ² entre os Grupos I e II.....	86
Tabela 4.11 – Relação dos edifícios, área de reparo e os custos mínimo e máximo com base nos valores obtidos pelo Grupo I.....	87
Tabela 4.12 – Relação dos edifícios, área de reparo e os custos mínimo e máximo com base nos valores obtidos pelo Grupo II.....	88

LISTA DE QUADROS

Quadro 2.1 – Proposta de programa de manutenção preventiva em fachadas41

LISTA DE ABREVIATURAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CBIC	Câmara Brasileira da Indústria da Construção
CEF	Caixa Econômica Federal
EFM	Elemento fonte de manutenção
FD	Fator de dano
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
MMC	Método de Monte Carlo
NBR	Norma brasileira
SINAPI	Sistema Nacional de Preços e Índices para a Construção Civil
TMI	Tempo médio de intervenção
UV	Ultra violeta
VU	Vida útil
VUP	Vida útil de projeto

SUMÁRIO

1. Introdução	13
1.1. Justificativa.....	15
1.2. Questões de pesquisa.....	17
1.3. Objetivos.....	18
1.3.1. Objetivo geral.....	18
1.3.2. Objetivos específicos.....	18
1.4 Estrutura do trabalho.....	18
2. Revisão Bibliográfica.....	20
2.1. Construção Civil.....	20
2.2. Ciclo de Vida.....	24
2.3. Manifestações Patológicas	29
2.4. Normas.....	35
2.4.1. Manual de Uso, Operação e Manutenção	35
NBR 14037: Diretrizes para elaboração de manuais de uso, operação e manutenção das edificações - Requisitos para elaboração e apresentação dos conteúdos.....	36
2.4.2. Gestão de Manutenção predial	38
NBR 5674 - Manutenção dos edifícios – Requisitos para o sistema de gestão de manutenção.....	38
2.5. Método de Monte Carlo.....	48
3. Procedimento Metodológico.....	52
3.1. Fase 01: Embasamento Teórico	54
3.1.1. Estudo Exploratório	55
3.1.2. Procedimento de Busca e Seleção de Artigos	55
3.2. Fase 02: Coleta de Dados	57
3.3. Fase 03: Tratamento.....	59
3.3.1. Primeira Etapa.....	59
3.3.2. Segunda Etapa.....	60
3.3.3. Terceira Etapa.....	63

4. Resultados e Discussão.....	65
4.1. Descrição da Amostra da Pesquisa	65
4.2. Simulação do Prazo de Intervenção nas Fachadas.....	68
4.2.1. Grupo I.....	68
4.2.2. Grupo II.....	73
4.3. Simulação do Custo de Intervenção nas Fachadas.....	79
4.3.1. Grupo I.....	81
4.3.2. Grupo II.....	84
5. Conclusões e Sugestões para trabalhos futuros.....	90
5.1. Conclusões.....	90
5.2. Sugestões para trabalhos futuros.....	91
Referências Bibliográficas.....	93
ANEXO A – Composições analíticas.....	98

1. INTRODUÇÃO

O setor da construção civil é responsável por movimentar grande parte da economia brasileira. É grande consumidor de produtos dos outros segmentos industriais, com uma ampla cadeia produtiva. Esta é bem complexa, estendendo-se desde a indústria extrativista mineral até a comercialização dos imóveis ou a utilização da infraestrutura construída, como pontes, estradas e instalações de indústrias. Mesmo com a diminuição do ritmo de crescimento, o setor ainda continua com seu status de rentável e permeia o imaginário das diversas camadas da sociedade brasileira com o desejo “da casa própria” (BOHANA et al., 2016).

De acordo com Alves (2016), a indústria da construção civil é historicamente reconhecida por ser uma indústria que utiliza processos de produção com aspectos bastante artesanais. Entretanto, com o passar dos anos, cada vez mais a indústria da construção civil vem empregando processos que otimizam o trabalho realizado, seja com novas técnicas de construção ou com produtos industrializados, produzidos em um ambiente melhor controlado.

Para Dal Molin et al. (2016), o desenvolvimento de novas tecnologias, novos processos construtivos e materiais de construção tem fomentado a construção de edificações cada vez mais esbeltas e econômicas. Porém, a carência de mão de obra especializada, a alta competitividade do setor e/ou a busca por maiores lucros por meio da redução dos custos de produção, têm interferido negativamente na qualidade das habitações produzidas no Brasil nos últimos anos.

Nesse sentido, é comum encontrar construções com níveis de degradação superiores aos desejados com problemas relacionados à qualidade e à durabilidade devido a falhas de execução e ao aparecimento de manifestações patológicas. Essas intercorrências afetam a estética, a segurança, a usabilidade e a vida útil das edificações, interferindo diretamente no custo de manutenção e reparo das mesmas. Essa degradação prematura das edificações ou suas partes, e a consequente redução de desempenho, é um problema frequente em todo o mundo (REAL, 2010).

Entretanto, segundo Bohana et al. (2016), as intervenções não se limitam apenas a parte estrutural da edificação, contemplando outras áreas, como a fachada da mesma. Apesar de toda a evolução tecnológica da indústria da construção e do processo de fabricação de cerâmicas, as fachadas de edifícios mais antigos, como também de novas construções, apresentam graves anomalias.

As patologias em revestimentos cerâmicos em fachadas têm várias origens e diversas causas, extendendo-se desde a fase de projeto até à execução. Sendo assim, a causa das patologias mais comuns que ocorrem no sistema de revestimento cerâmico, devem-se à falta de formação e informação dos profissionais da área (técnicos e ladrilhadores), bem como a negligência por parte da indústria de construtores. Nesse contexto, as patologias mais frequentes são: os descolamentos de ladrilhos, as fissuras e as anomalias estéticas (LOPES, 2009).

Além disso, a complexidade crescente das construções, a falta de sistematização do conhecimento, a inexistência de um sistema efetivo de garantias e de seguros, a velocidade exigida ao processo de construção, as novas preocupações arquitetônicas, a aplicação de novos materiais, bem como a inexistência de uma equipe de especialistas nos diversos sistemas das construções, são causas fundamentais da não qualidade dos edifícios (DAL MOLIN et al., 2016).

De acordo com Gonçalves (2016), os edifícios são compostos por componentes e elementos de durabilidade variável, cuja falha prematura pode comprometer o desempenho do sistema como um todo, e apresentam uma dinâmica própria associada à evolução do uso que lhes é dado. Como tal, é fundamental tentar compreender e prever de que forma as decisões tomadas em cada fase dos empreendimentos (planejamento, concepção, construção, operação, manutenção, reabilitação, fim de vida) afetam o seu desempenho no ciclo de vida definido, para melhorar a qualidade e durabilidade dos componentes da edificação.

Visando à melhoria da qualidade dos produtos da indústria da construção como um todo, entrou em vigor, em 2013, a “Norma de Desempenho” NBR 15575 (ABNT, 2013), que estabelece parâmetros mínimos de desempenho para os sistemas construtivos, das edificações habitacionais, de modo a atender as necessidades e exigências dos usuários ao longo do ciclo de vida da habitação, atuando de forma complementar com o conjunto de normas prescritivas da ABNT vigentes e já difundidas na comunidade da construção.

Esta norma teve sua primeira tentativa de lançamento em 12 de maio de 2008, com entrada em vigor prevista para 12 de maio de 2010. No entanto, a norma não entrou em vigor e passou por uma reformulação/adequação sendo novamente publicada em março de 2013, com entrada em vigor a partir de 19 de julho do mesmo ano (POSSAN e DEMOLINER, 2013).

Portanto, com o advento da Norma, coube às empresas se adequarem a fim de garantir o tempo mínimo de uso das mais variadas particularidades de uma edificação. Neste sentido, a abordagem de desempenho visa à especificação para a durabilidade (qualidade), ou seja, o profissional e o construtor em conjunto com o proprietário devem ainda na fase de projeto considerar a vida útil mínima dos elementos ou sistemas que compõe uma edificação, garantindo que desempenhem suas funções durante a vida útil mínima especificada (CBIC, 2013).

A partir dessa abordagem introdutória, fundamenta-se a seguir as razões que norteiam e que justificam a concepção e o desenvolvimento desta pesquisa.

1.1. Justificativa

O envelope, ou pele de um edifício, corresponde à camada que reveste a estrutura do edifício e que está sujeita à degradação física e a alterações das expectativas dos utilizadores. Esta camada inclui a fachada, que constitui o envolvente vertical exterior de um edifício, e a cobertura, apresentando funções ao nível da proteção e conforto – protege o seu espaço interior contra toda e qualquer ação externa, e da estética – contribui para a beleza arquitetônica do edifício e para a sua integração paisagística (REAL, 2010).

Dentro desse contexto, uma das funções do revestimento externo é proteger a edificação contra a ação de agentes agressivos. Desta forma, o revestimento fica exposto a inúmeras solicitações deletérias, tais como variações térmicas, vento, umidade, ruído, chuva, incidência solar, carregamentos estático e dinâmico, impacto e peso próprio (MOSCOSO, 2013).

Sendo assim, é importante entender o funcionamento do revestimento externo e analisar as manifestações patológicas existentes nesses locais, a fim de aprimorar esse sistema e minimizar a ocorrência de problemas. As influências dessas ações deletérias levam à perda de desempenho do revestimento e, conseqüentemente, da sua durabilidade (SCHIMELFENIG et al., 2018).

De acordo com Pacheco e Vieira (2017), para minimizar esses impactos, são necessárias manutenções e inspeções periódicas, que têm a finalidade de detectar os problemas existentes, estudar as causas e avaliar o estado de deterioração do edifício. Para tanto, é importante garantir que essas inspeções ocorram de maneira

adequada, levando em conta o histórico do edifício, para que seja possível entender o comportamento das fachadas e propor melhorias nos projetos, na execução, na utilização e na manutenção delas.

As manifestações patológicas em fachadas resultantes da influência dos fenômenos atmosféricos vão desde um comprometimento estético sem maiores riscos, passando por fissuras, infiltrações e manchamentos mais acentuados, chegando até aos casos mais críticos de descolamentos e deslocamentos dos revestimentos (FREITAS et al., 2014).

Para Lima e Neves (2013), tais patologias ocorrem normalmente nos primeiros e últimos andares do edifício, geralmente pela falta de especificação de juntas de movimentação e detalhes construtivos adequados. A inclusão desses elementos no projeto de revestimento em conjunto ao uso das argamassas bem dosadas ou colantes podem evitar o aparecimento desses problemas.

Além desses, podem ser acrescentados aos fatores desencadeadores de manifestações patológicas associadas com os revestimentos cerâmicos de fachada: materiais e componentes utilizados em desacordo com as especificações dos regulamentos; deficiências de projeto, como falta de coordenação, escolha de materiais inadequados e negligência em relação aos detalhes da construção; problemas na produção, envolvendo o controle de recebimento dos materiais, a preparação das misturas, o cumprimento dos prazos para a liberação dos serviços e o controle de qualidade; além do uso, com a ausência de manutenção necessária para um desempenho adequado do conjunto com o passar dos anos (LORDSLEEM e FARO, 2017).

Segundo Pacheco e Vieira (2017), os fatores climáticos também influenciam em quase todas as manifestações patológicas identificadas nas fachadas, sendo o deslocamento cerâmico a ocorrência mais associada a esses fatores. Isto acontece porque, de acordo com os mesmos autores, os panos de fachada com maior incidência do sol e da chuva podem sofrer variações bruscas de temperatura, resultando no choque térmico.

A dilatação térmica é uma das características com maior importância no bom comportamento dos revestimentos cerâmicos, em especial nos revestimentos cerâmicos assentados na parte exterior da edificação, em virtude de estarem

sujeitas a maiores amplitudes térmicas. “A face externa dos edifícios pode atingir amplitudes superiores a 50°C ao longo do ano. Estas solicitações podem provocar tensões ou deformações elevadas, havendo ou não restrições ao movimento” (LOPES, 2009).

Portanto, para Mazer et al. (2016), é importante conhecer esses agentes (fissuras, eflorescência, deslocamento etc.) e seus mecanismos de degradação, bem como todas as características dos componentes do sistema de revestimentos cerâmicos aderentes em fachadas de edifícios, pois só, deste modo, pode-se planejar e executar construções isenta de patologias. Desta forma, há ultimamente um crescente interesse em torno da determinação da durabilidade e da vida útil dos materiais e componentes de estruturas e edifícios, bem como da integração da durabilidade na concepção e projeto de edifícios.

1.2. Questões de pesquisa

Tendo em vista as deficiências e falhas dos sistemas de revestimento cerâmico empregados nas edificações por empresas construtoras, as principais questões de pesquisa que nortearam a realização do presente trabalho consistem em: qual o **custo** para manutenção ou revitalização de fachadas de edificações na cidade de Belém do Pará? Com que **frequência** são realizadas intervenções nas fachadas de edificações verticais na cidade de estudo? as mesmas cumprem o prazo estabelecido pela **Norma de Desempenho**?

Com base na revisão bibliográfica e em resultados obtidos em estudos empíricos exploratórios realizados nas etapas iniciais do trabalho, para o desenvolvimento da proposta do modelo, foram formuladas as seguintes proposições para o local da pesquisa:

- a) qual a probabilidade mínima e máxima dessas intervenções ocorrerem num período de 50 anos?
- b) quanto custará a manutenção das fachadas pelo mesmo período de tempo.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo Geral

Avaliar a vida útil e o custo de reparo de fachadas de edificações verticais na cidade de Belém do Pará.

1.3.2. Objetivos Específicos

- a) realizar uma simulação através de números aleatórios utilizando o *software* “simula v 4.4”, a fim de encontrar a frequência com que ocorrem as intervenções nas fachadas e os custos do seu reparo.
- b) analisar o comportamento dos dois grupos de edificações diante das simulações realizadas.
- c) Fazer uma projeção do montante de capital necessário para a manutenção das fachadas de algumas edificações da amostra, a partir da elaboração de uma composição orçamentária baseada por cotação e pelo SINAPI.

1.4. Estrutura do trabalho

Este trabalho divide-se em 6 capítulos. O capítulo 1 apresenta uma breve introdução sobre a problemática do tema proposto, bem como as justificativas para elaboração do trabalho, as questões de pesquisa, e os objetivos gerais e específicos a serem alcançados. O capítulo 2 apresenta a revisão bibliográfica, onde são abordados os conceitos teóricos do problema de degradação de fachadas em virtude do surgimento de manifestações patológicas, ocasionadas por diversos fatores ocorridos durante o processo construtivo.

O capítulo 3 apresenta o processo metodológico do trabalho, onde foram utilizados bancos de dados para que pudesse ter sido realizada a revisão sistemática da literatura; a partir da elaboração de um formulário foi possível fazer a coleta de dados da pesquisa, objetivando executar a simulações de custo e de prazo utilizando para tal fim o *software* “simula v 4.4”; com isso pôde-se gerar os

resultados, com análise e interpretação dos mesmos.

No capítulo 4 são apresentados e discutidos os resultados numéricos, com o auxílio de gráficos e tabelas, bem como suas métricas de desempenho para efeito de comparação; ainda neste capítulo são abordadas as limitações das fachadas dos edifícios analisados, bem como sua relação comparativa com as normas existentes. No capítulo 5 serão apresentadas as conclusões do trabalho desenvolvido, os avanços obtidos e as limitações encontradas. Por fim, no capítulo 6, são citadas sugestões de novos trabalhos a serem desenvolvidos nesta mesma linha de pesquisa.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo faz-se uma avaliação com mais afinco sobre as fachadas das edificações, abordando custo do ciclo de vida, as manifestações patológicas decorrentes da má execução durante o assentamento do revestimento cerâmico, as normas que parametrizam o processo de execução e manutenção das mesmas, bem como o método de Monte Carlo sob o qual o estudo será balizado.

2.1. Construção civil

De forma geral, no Brasil, têm-se adotado na construção dos conjuntos habitacionais, soluções urbanísticas, arquitetônicas e construtivas repetitivas e em larga escala. Desta forma, aspectos importantes implícitos em sistemas de controle de qualidade não estão sendo considerados pelos profissionais, devido à falta de informação do que ocorre no ambiente construído no decorrer do uso, referentes tanto ao desempenho físico, como também à satisfação do usuário (KURZ et al., 2018).

A construção civil coexiste com a ocorrência de manifestações patológicas nas suas obras, originadas pelas mais variadas razões. Para Mazer et al. (2016), são vários os fatores que influenciam as construções, podendo ser separada em cinco grupos diferentes, de acordo com a sua natureza, em fatores atmosféricos, biológico, carga, incompatibilidade e uso.

Dentre esses grupos, destacam-se, conforme os mesmos autores, os fatores atmosféricos, ao quais são definidos como os grupos de fatores associados ao ambiente, incluindo temperatura, vento, poluentes do ar e umidade da chuva, neve ou gelo. Tais fatores sempre atuam nos edifícios e podem ter uma série de variações, dependendo das estações e da localização geográfica do empreendimento.

Segundo Alves (2016), a fachada que aponta para a direção geográfica com maior incidência e velocidade de ventos tende a apresentar maior ocorrência de manifestações patológicas, indicando uma provável relação entre esses dois fatores (vento e patologias).

Todavia, de acordo com Lordsleem e Faro (2017), de todas as falhas observadas na execução de fachadas, como materiais inapropriados, deficiência de

projeto, negligência na produção e controle de qualidade, sem dúvida, a que mais preocupa é o descolamento ou perda de aderência entre a peça cerâmica e o substrato. Trata-se da manifestação mais perigosa e que requer mais atenção, devido aos riscos causados aos usuários.

Para Freitas et al. (2014), o deslocamento cerâmico pode estar também relacionado com a durabilidade dos revestimentos de fachada, em virtude da interação dos mesmos com os fenômenos climáticos. Chuva, vento, insolação e material particulado em suspensão no ar são exemplos de elementos da natureza e do processo de urbanização, que, por sua agressividade, colocam os edifícios em situações desfavoráveis, reduzindo a vida útil (VU) das construções, em virtude da falta de compreensão sistêmica desses fatores no ato de projetar.

A ocorrência de manifestações patológicas em edifícios é, em grande parte, devido à adoção “in loco” de procedimentos inadequados, falta de atenção nas recomendações dos regulamentos e falhas nas especificações do projeto e nos materiais utilizados. É notório que, nos revestimentos da fachada, esses fatores são preocupantes quando se considera as condições ambientais às quais a pele do prédio permanece sujeita ao longo dos anos. Essa situação pode ser agravada pelas adversidades e recursos naturais existentes para a realização de atividades de manutenção. As falhas associadas às fachadas são certamente um dos problemas mais temidos dos construtores, principalmente quando coloca em risco a vida das pessoas (LORDSLEEM e FARO, 2017).

Com o objetivo de promover prazos de garantia para os elementos da edificação, incluindo a fachada, em decorrência do surgimento de manifestações patológicas, foi criada em 2013 a “Norma de Desempenho” NBR 15575 (ABNT, 2013). Até o surgimento da mesma não havia no Brasil nenhum referencial técnico ou jurídico sobre o prazo que deveria durar a estrutura de um prédio bem como qualquer outro componente da edificação. Portanto, a referida Norma estabelece prazos de vida útil de projeto (VUP), a qual é caracterizada como “o período estimado de tempo para o qual o sistema é projetado, a fim de atender aos requisitos de desempenho estabelecidos na Norma” (ABNT, 2013).

Por outro lado, entende-se como VU “o período de tempo em que um edifício e/ou seus sistemas se prestam às atividades para as quais foram projetados e construídos, com atendimento aos níveis de desempenho previstos na Norma NBR 15575 (ABNT, 2013), considerando a periodicidade e a correta execução dos

processos de manutenção especificados no respectivo manual de uso, operação e manutenção”.

Nesse sentido, a vida útil das fachadas está diretamente relacionada à vida útil prevista em projeto, às características dos materiais, ao perfeito cumprimento das especificações de projeto executivo durante a construção como um todo, ao adequado uso e operação da edificação e de suas partes, à constância e efetividade das operações de limpeza e manutenção. Além disso, somam-se à estas: alterações climáticas, níveis de poluição no local da edificação e mudanças no entorno da mesma ao longo do tempo (CBIC, 2013).

Sendo assim, conforme a “Norma de Desempenho” NBR 15575 (ABNT, 2013), a VUP estipula prazos de durabilidade em três diferentes níveis: mínimo, intermediário e superior. Classificações além do mínimo se justificam como balizadores do que é possível de ser técnica e economicamente obtido. No que tange ao revestimento de fachada, seja ele aderido ou não, a norma estabelece um prazo mínimo igual ou maior que 20 anos, intermediário igual ou maior a 25 anos, e um superior de 30 anos ou mais.

Vale ressaltar que os prazos de vida útil se iniciam na data de conclusão da edificação habitacional, vigorando a partir da data de expedição do Auto de Conclusão da Edificação (“habite-se”), ou outro documento legal que ateste a conclusão da referida obra. Entretanto, segundo a CBIC (2013), quando decorrido metade do prazo da VUP, desde que não haja histórico de necessidade de intervenção significativa, considera-se atendido o requisito da Vida Útil de Projeto.

Esta prerrogativa da Norma de Desempenho pode ter sido em virtude de uma “pressão” das construtoras e incorporadoras, as quais vem a se beneficiar com essa antecipação do prazo mínimo de garantia; para tanto não deve haver neste caso comprometimento de outro elemento da edificação, além da fachada.

Para Silva et al. (2014), a vida útil das fachadas sofre ainda a influência do comportamento das propriedades dos elementos (sistemas) e dos seus componentes (subsistemas), além da interação entre estes ao longo do tempo. Sendo assim, fachadas que apresentam manifestação patológica principalmente em idades precoces devem ser avaliadas no sentido de verificar quais foram os fenômenos de degradação que conduziram à perda de sua funcionalidade e, por conseguinte, provocaram um envelhecimento prematuro em função da vida útil prevista.

Para Mazer et al. (2016), os fatores biológicos ocorrem devido a ação de fungos ou pequenas espécies de vegetação que necessitam de condições especiais para se desenvolver, tais como: temperaturas entre 10°C e 35°C, alta umidade relativa, presença de nitrogênio, fósforo, carbono e em menor quantidade ferro, cálcio, cloro, magnésio, entre outros componentes químico. Isso mostra que a presença de água, em qualquer estado, é fundamental para o desenvolvimento desses organismos e coloca as fachadas dos edifícios como um dos lugares mais favoráveis para sua aparição. Nesse sentido, a região amazônica destaca-se por ser uma área de grande incidência de chuvas associada a um sol forte, além de ser extremamente úmida.

Ademais, existem ainda os fatores de carga, os quais podem ser representados pela ação física das chuvas e dos ventos na fachada dos edifícios. Fatores de incompatibilidade podem ocorrer devido a algum tipo de divergência química ou física. A química pode ocorrer devido à diferença na composição química de materiais de base e revestimento ou adição incorreta de algum material, como gesso na argamassa. Já a divergência física ocorre quando um revestimento fornece cargas insustentáveis na base ou substrato, gerando deslocamentos (SCHIMELFENIG et al., 2018).

Não obstante, de acordo com os autores supracitados, os fatores de uso são determinados pela influência direta dos usuários do edifício nos materiais de construção, ao longo da vida do projeto, execução, uso, operação e manutenção.

Portanto, entende-se que o monitoramento da temperatura é essencial para se produzirem subsídios que retroalimentem novos projetos e a especificação de materiais voltados ao correto desempenho dos revestimentos, garantindo assim o conforto, a satisfação dos usuários e a durabilidade requerida para os edifícios (FREITAS et al., 2014).

Além disso, há de se considerar os custos do ciclo de vida de um edifício. Estes incluem custos de projeto, custos de construção, custos de operação, custos de manutenção, custos de reabilitação e custos de demolição/desconstrução. Simplificadamente, os custos do ciclo de vida podem ser estimados através da contabilização dos recursos dispendidos em cada uma das fases do mesmo. Estes recursos podem ser uma disponibilidade financeira, material, humana ou imaterial

consumida ou utilizada na execução de atividades (REAL, 2010).

Segundo Kurz et al (2018), para que a análise dos custos do ciclo de vida seja amplamente aceita, as preocupações acerca das incertezas nas previsões da obra devem ser tratadas e reduzidas progressivamente. Tal fato pode ser obtido através da escolha da informação mais viável, do desenvolvimento de modelos de previsão mais viáveis ou então introduzindo as incertezas no sistema, fazendo com que o nível de risco seja quantificado. Portanto, empreiteiros e fornecedores devem ser encorajados a colaborar e a proporcionar a informação mais viável acerca da durabilidade, manutenção e substituição dos produtos, facilitando a previsão do funcionamento do edifício a longo prazo.

Apesar da insatisfação, o usuário não tem o hábito de recorrer aos responsáveis para solicitação da manutenção da fachada, muito provavelmente pela falta de informação de seus direitos e sobre o processo de reclamação, que muitas vezes se torna demorado para obtenção de resultados. Entretanto, a exigência de manutenção por parte dos moradores é essencial para obtenção de resultados positivos na conservação do condomínio, podendo gerar em intervenções menores, mas cruciais para que não ocorra o desenvolvimento de problemas maiores (KURZ et al., 2018).

Nesse sentido, torna-se importante entender o ciclo de vida de cada elemento da edificação, bem como seu custo, a fim de prolongar sua funcionalidade o maior tempo possível, conforme será visto adiante.

2.2. Ciclo de Vida

A vida útil é “o período de tempo em que um edifício e/ou seus sistemas se prestam às atividades para as quais foram projetados e construídos, considerando a periodicidade e a correta execução dos processos de manutenção especificados no respectivo manual de uso, operação e manutenção”, de acordo com a Norma NBR 15575 (ABNT, 2013). Nesse sentido, a vida útil das fachadas está diretamente relacionada à vida útil prevista em projeto, às características dos materiais, ao perfeito cumprimento das especificações de projeto executivo durante a construção como um todo, ao adequado uso e operação da edificação e de suas partes, à constância e efetividade das operações de limpeza e manutenção, além de alterações climáticas, níveis de poluição no local da edificação e mudanças no

entorno da mesma ao longo do tempo (CBIC, 2013).

Para Rodrigues et al (2018), o gerenciamento do ciclo de vida do edifício permite controlar toda a vida útil de uma edificação e as informações relacionadas a ela, conforme ciclo observado na Figura 2.1. Logo, uma eficiente gestão do ciclo de vida permite aos proprietários comparar soluções diferentes, encontrar a melhor opção, e isto significa encontrar a hipótese mais barata e menos nociva para todo o ciclo de vida. Portanto, um investimento inicial maior em materiais de qualidade pode ter um retorno mais favorável ao longo da vida útil do ativo, uma vez que a durabilidade total do edifício depende da durabilidade dos componentes individuais e dos materiais neles empregados.

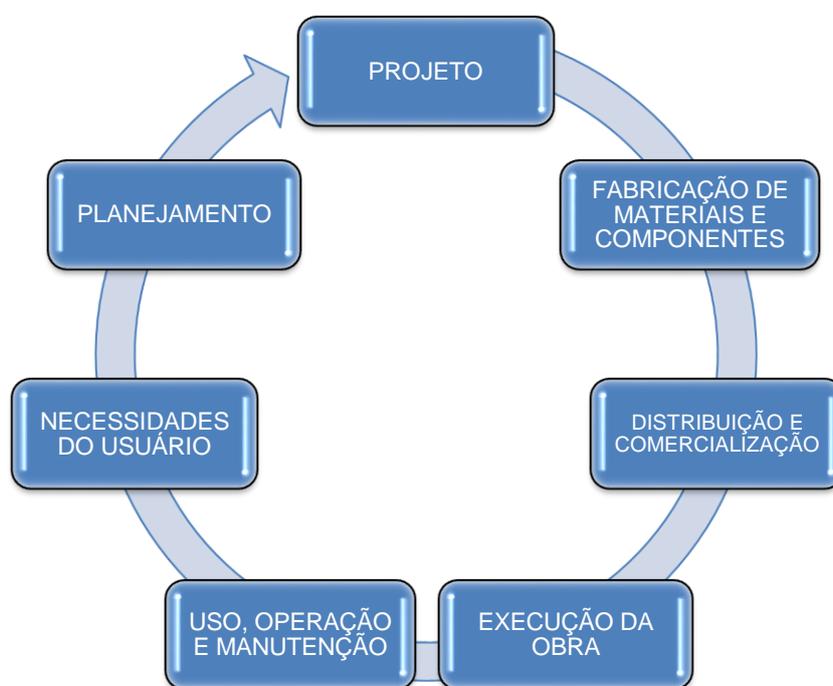


Figura 2.1 - Ciclo da qualidade na construção civil.
Fonte: Adaptado de Melhado (1994).

Segundo Quing et al. (2014), o gerenciamento de ciclo de vida de construção é um conceito de negócio holístico desenvolvido para gerenciar um edifício e seu ciclo de vida, incluindo materiais, processo de construção, qualidade de acabamento, análise de resultados, especificações de testes, informações de componentes ambientais, padrões de qualidade, requisitos de engenharia, mudanças de especificações, procedimentos de fabricação, fornecedores de componentes entre outros. Assim, para que o mesmo seja implementado, é válido

criar e gerenciar os dados e as informações corretamente, de tal modo a incluir fluxo de trabalho, gerenciamento de programas e operações de gerenciamento de velocidade, permitindo que as empresas atendidas trabalhem juntas, associadas posteriormente com a Avaliação do Ciclo de Vida e com o Custo do Ciclo de Vida.

Rodrigues et al. (2018) consideram que cada edifício é único, logo a necessidade de manutenção, reparo e renovação de ativos varia de acordo com muitos fatores, incluindo: a qualidade da construção, detalhes do projeto, condições de exposição e o padrão de cuidado dado pelo proprietário e sua propriedade. Apesar das diferenças entre edifícios individuais, determinou-se que muitos deles seguem um padrão similar, uma vez que passam por diferentes estágios em seus respectivos ciclos de vida.

O ciclo de vida começa com a manufatura de materiais que inclui a remoção de matéria prima da terra, transporte até o local de fabricação, manufatura de materiais intermediários acabados, fabricação de produtos de construção, embalagem e distribuição de produtos de construção. O setor de construção civil inclui atividades relacionadas à construção de novos edifícios ou reforma de construções existentes, geralmente incluindo: transporte de materiais e produtos para o canteiro de obras, uso de ferramentas elétricas e equipamentos durante a construção civil, fabricação no local e uso de energia (DURAIBI, 2016).

No entanto, para Quing et al. (2014), há o estágio de uso e manutenção, considerado o mais longo, pois se refere à fase de operação do edifício, a qual inclui todas as atividades relacionadas ao uso do edifício ao longo de seu ciclo de vida. Essas atividades contêm a manutenção das condições de conforto dentro do prédio, o consumo de energia, o uso da água e a geração de resíduos ambientais. Também leva em conta o reparo e a substituição de conjuntos e sistemas de construção, bem como o transporte e o equipamento usado para reparo e substituição nesta fase.

Finalmente, há o fim da vida, que inclui a energia consumida e o lixo ambiental produzido devido à demolição de edifícios e disposição de materiais nos aterros, incluindo o transporte de materiais de construção desmontados, atividades de reciclagem e reutilização relacionadas com resíduos de demolição, dependendo da disponibilidade de dados (DURAIBI, 2016).

Segundo Soust-Verdaguer et al. (2016), as residências de alto padrão apresentam os maiores impactos ambientais devido a sua maior área, população

média e perfil de consumo em comparação com as habitações de menor padrão. Vale ressaltar que, diferentemente da habitação multifamiliar, as residências unifamiliares não compartilham áreas comuns, sistemas construtivos ou elementos como fundação, estrutura e cobertura.

Ainda de acordo com os mesmos autores, a habitação unifamiliar de alto padrão teve o maior impacto ambiental de todos os casos estudados, principalmente porque a sua expressiva área construída é cerca de 5 vezes maior do que a habitação multifamiliar do mesmo padrão e 10 vezes maior que a moradia unifamiliar de baixo padrão.

Para Evangelista et al. (2018), quanto maior a área construída e o consumo de materiais de construção, mais significativa é a fase pré-operacional (projeto, organização e preparação do canteiro de obras). Por outro lado, a fase pós-operacional (execução do trabalho e encerramento do projeto), teve pouca relevância, com contribuições inferiores a 6%.

Nesse contexto, ainda de acordo com os mesmos autores, o projeto arquitetônico e o sistema construtivo influenciam os subsistemas com os maiores impactos, de modo que as unidades habitacionais multifamiliares, a alvenaria e o revestimento apresentam os maiores impactos, tendo em vista que muitas unidades habitacionais compartilham da mesma fundação e estrutura. A exceção ocorreu para estruturas autoportantes, onde este subsistema se destaca dos demais. Em residências unifamiliares, fundação, estrutura, alvenaria e revestimento são os subsistemas que apresentam os maiores impactos ambientais.

A partir desta conjuntura, percebe-se que nos últimos anos tem-se visto um aumento no interesse em determinar a durabilidade e vida útil dos elementos construtivos de edifícios, bem como de materiais e componentes. Tal interesse é justificado por questões econômicas e ambientais. Entre as questões econômicas, incluem-se o grande número de edifícios existentes, construídos principalmente na segunda metade do século XX, oriundos de capital imobiliário, representado, muitas vezes, por empresas multinacionais. Também é necessário lembrar que os custos anuais de inspeção e manutenção de um edifício representam um peso importante na economia de um país ou na competitividade de uma indústria ou empresa. Em relação às questões ambientais, não se deve esquecer a escassez de recursos materiais e energéticos, bem como o impacto ambiental causado pelos edifícios (ORTEGA et al., 2015).

Portanto, de acordo com Bauer et al. (2015), a durabilidade está diretamente relacionada à busca pelo desenvolvimento sustentável. Logo, uma redução limitada no consumo de materiais ou na geração de resíduos representaria uma economia total significativa que poderia ter um grande impacto na sociedade como um todo. Assim sendo, espera-se que uma contribuição importante para as mudanças neste campo se deva à consciência da influência da durabilidade dos materiais e sistemas e quão importante é estabelecer métodos confiáveis para a quantificação da durabilidade e para a predição de vida útil. Dessa forma, cada vez mais, os fabricantes de materiais e sistemas de construção estão cientes desse problema e buscam métodos para avaliar o risco prematuro de deterioração de seus produtos devido a condições específicas.

Monjo-Carrió (2007), no artigo "Durabilidade versus Vulnerabilidade", estabelece que a durabilidade de um elemento construtivo esteja relacionado com a sua vulnerabilidade. Nessa situação, a vulnerabilidade deve ser entendida como o conjunto de fragilidades ou possíveis processos patológicos que acometem um determinado elemento construtivo, quando exposto a ações externas previsíveis durante sua vida útil. O autor ainda ressalta que o primeiro passo para estabelecer os fatores que afetam a durabilidade de fachadas e telhados, é estudar sua vulnerabilidade, ou seja, aqueles processos de deterioração pelo qual a maioria pode ser exposta.

Para Ortega et al. (2015), conhecer os mecanismos de deterioração que ocorrem com mais frequência permite estabelecer diretrizes de projeto que melhorem a resposta dos sistemas atuais ao ambiente, aumentando assim sua vida útil. As repercussões no campo econômico que estudos deste tipo podem relatar podem ser importantes, por influenciarem a melhoria da qualidade dos projetos, sem descuidar da economia que seria obtida evitando reparos dispendiosos, que em alguns casos eles devem constituir um reforço generalizado do edifício, ou em outros uma demolição prematura.

Para que a análise dos custos do ciclo de vida seja amplamente aceitável, as preocupações acerca das incertezas nas previsões devem ser tratadas e reduzidas progressivamente. Isto pode ser feito através do recolhimento de informações ou através do desenvolvimento de modelos de previsão mais confiáveis ou introduzindo as incertezas no sistema fazendo com que o nível de risco seja quantificado. Portanto, empreiteiros e fornecedores devem ser encorajados a

colaborar a fim de proporcionar informações mais verídicas acerca da durabilidade, manutenção e substituição dos produtos, facilitando a previsão do funcionamento do edifício a longo prazo (REAL, 2010).

Logo, segundo o mesmo autor, a fachada é responsável por uma parte significativa dos custos de construção de um edifício, e por se encontrar sujeita a maior degradação em decorrência da ação de agentes externos, torna-se um elemento com grande necessidade de manutenção e, portanto, elevados custos de manutenção associados. Desta forma, a fachada pode ser vista como um elemento preponderante na constituição de um edifício, cujo ciclo de vida deve ser estudado.

Em decorrência disso, torna-se essencial conhecer as manifestações patológicas que mais agredem as fachadas das edificações e, de certa forma, tomar medidas para evitá-las, como será abordado no tópico seguinte.

2.3. Manifestações patológicas

A fachada de um edifício tem como uma de suas funções a estética, sendo considerado o cartão de visita de um dado empreendimento, usado com frequência como elemento de valorização das unidades de um edifício. Além disso, o revestimento externo protege a edificação contra a ação de agentes agressivos, em decorrência de variações térmicas, vento, umidade, ruído, chuva, incidência solar, carregamentos estático e dinâmico, impacto e peso próprio. Portanto, as fachadas das edificações, por estarem expostas às intempéries naturais, representam uma das áreas mais deterioradas ao longo do tempo (LIMA et al., 2017).

Assim, de acordo com Pacheco e Vieira (2017), é importante entender o funcionamento do revestimento externo e analisar as manifestações patológicas existentes nesses locais, a fim de aprimorar esse sistema e minimizar a ocorrência de problemas. As influências dessas ações deletérias levam à perda de desempenho do revestimento e, conseqüentemente, da sua durabilidade. Portanto, com o intuito de minimizar esses impactos, são necessárias manutenções e inspeções periódicas, que têm a finalidade de detectar os problemas existentes, estudar as causas e avaliar o estado de deterioração do edifício. Para tanto, é importante garantir que essas inspeções ocorram de maneira adequada, levando em conta o histórico do edifício, para que seja possível entender o comportamento das fachadas e propor melhorias nos projetos, na execução, na utilização e na manutenção delas.

Segundo os autores acima citados, as principais incidências patológicas percebidas em fachadas com revestimento cerâmico são, entre outras, deslocamento do revestimento, fissuras e trincas, eflorescência, manchamento, deterioração do revestimento e corrosão. Entre esses danos, o deslocamento cerâmico é o mais estudado, por reduzir a vida útil do edifício e ser um fator de risco para pedestres e carros que circulam nas proximidades dos edifícios.

Para Lima et al. (2017), a definição dos materiais e dos projetos constituem etapas importantes na execução do revestimento externo, a fim de evitar o surgimento dessas manifestações patológicas. No que concerne ao revestimento cerâmico, é fundamental a escolha correta das placas, rejuntas, argamassas e a especificação das juntas, para que sejam compatíveis entre si e desempenhem sua função corretamente. Já as juntas de movimentação nas fachadas devem ser consideradas como um subsistema independente e possuir um projeto específico que analise a questão estrutural e a durabilidade dos materiais utilizados no preenchimento.

O deslocamento cerâmico pode ocorrer por diversas causas, atuando em conjunto ou separadamente. Para ajudar na análise, é importante observar a forma do deslocamento, ou seja, em qual camada do revestimento houve o desprendimento. Se a argamassa de fixação da cerâmica permanecer na base e apenas a placa descolar, significa que pode ter havido retração da base, expansão das peças cerâmicas, preparação incorreta do substrato, material de fixação impróprio, erro de execução durante o assentamento e/ou movimentações térmicas. Porém, se a argamassa de fixação se descolar com a cerâmica, o problema não estará relacionado com a cerâmica em si, e sim com a aderência da argamassa à base. Os locais de maior incidência dessa anomalia são panos fechados, trechos curvos, fachada voltada para o lado oeste e partes com cerâmica de cor escura (MOSCOSO, 2013).

Outros fatores que influenciam significativamente no aparecimento desse problema são as ausências de juntas de dilatação que geram elevados esforços no revestimento, além dos fatores climáticos que influenciam em quase todas as manifestações patológicas identificadas nas fachadas. Além disso, os panos de fachada com maior incidência do sol e da chuva podem sofrer variações bruscas de temperatura que se caracterizam pelo choque térmico (ULIANA et al., 2014).

Segundo Barbosa (2013), o choque térmico gera tensões que atuam na argamassa colante de fachadas de edificações por meio da ação da fadiga termomecânica e no revestimento externo com cerâmica. O sistema falha mais rápido com placas de cor escura do que com as de cor clara. Isso ocorre porque o coeficiente de absorção térmica da escura é maior, o que ocasiona maior concentração de calor na estrutura. Outro ponto relacionado à cor da cerâmica é que ela influencia na fadiga, pois, nos sistemas com cerâmica escura, as tensões de fadiga são maiores em virtude de a dilatação térmica nessa cerâmica ser maior.

Após essas análises, constata-se que, para identificar as manifestações patológicas que incidem nas fachadas, é necessário realizar inspeções que quantifiquem e qualifiquem tais danos. Entretanto, de acordo com o Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia (IBAPE, 2012), a metodologia para que se realizem essas inspeções não é normatizada, contudo existem apenas algumas diretrizes nacionais que orientam os profissionais na execução das vistorias. Desta forma, as inspeções devem ser periódicas, programadas e realizadas por profissionais habilitados, onde a cada inspeção deve ser gerado um relatório que servirá de guia para a próxima inspeção e para a execução de manutenções. Apesar da ausência de normatizações, muitas pesquisas já foram realizadas nesse contexto, no Brasil e no mundo.

Para Uliana et al. (2014), nas fachadas com revestimento cerâmico as inspeções normalmente são visuais e/ou por meio do teste de percussão, sendo que o ideal é que previamente seja realizada a lavagem da fachada com jato d'água pressurizada, com o intuito de facilitar a visualização de tais manifestações patológicas, como o gretamento e a fissuração das cerâmicas. Porém, antes da lavagem, é necessário vistoriar as fachadas para identificar as manchas e sujeiras presentes.

No Brasil, também são desenvolvidas pesquisas que buscam entender os mecanismos de degradação que ocorrem nas fachadas, bem como os respectivos danos. Para a avaliação global das fachadas, a definição da melhor forma de inspeção ainda está em desenvolvimento, mas já apresentou avanços com pesquisas que contribuíram para a evolução do conhecimento. O uso de equipamentos (câmeras de alta resolução, câmeras termográficas e utilização de veículos aéreos não tripulados) pode facilitar o acesso aos locais com maior dificuldade de visibilidade e fornecer mais informações que propiciem um diagnóstico

mais preciso (ANTUNES, 2010).

Além disso, a orientação cardeal das fachadas pode apresentar influência nas anomalias relacionadas ao deslocamento cerâmico. De acordo com Pacheco e Vieira (2017), as fachadas com alta incidência da radiação solar apresentam pior comportamento. Portanto, a influência da radiação solar sobre o revestimento deve ser considerada e analisada, pois, na ausência do sol, o desempenho da fachada é melhor. Sendo assim, fica evidente que as causas provenientes das ações externas (como chuva, sol, variação de temperatura) contribuem para o surgimento e/ou aumento de diversas anomalias.

As edificações estão sujeitas a movimentações diferenciadas causadas por tensões mecânicas, tensões térmicas, fadiga, choque térmico, expansão por umidade (elementos cerâmicos), infiltrações, esforços higrotérmicos, dentre outros fenômenos, podendo afetá-las de forma global ou em suas partes. A expansão por umidade dos elementos cerâmicos é um exemplo de fenômeno que ocorre em um elemento específico do sistema de revestimento, provocando danos diretamente no elemento cerâmico os quais podem levar ao descolamento, dentre outras anomalias. Por outro lado, elevadas tensões térmicas e tensões mecânicas, de tração, podem provocar as falhas de aderência entre as diversas camadas do sistema de revestimento. Neste sentido, qualquer fenômeno de degradação que ocorra em um ou mais de um elemento do sistema de revestimento poderá se propagar e, ao provocar um processo progressivo de degradação poderá comprometer o desempenho global da fachada (SILVA et al., 2014).

Segundo Bauer et al. (2012), a movimentação diferencial se propaga para cada elemento ou camada que compõe o sistema de revestimento (elementos cerâmicos, rejunte, argamassa colante e emboço), provocando o início do surgimento das primeiras degradações nas fachadas. Portanto, se o processo de degradação não for tratado no início, quando os danos são pequenos, poderá implicar em elevados custos de reparo no futuro, além da evolução da degradação leve para problemas físicos reais da fachada.

O fator de dano (FD) é eficiente na avaliação preliminar da degradação das fachadas em função da idade e da orientação cardeal nas fachadas dos edifícios. A análise do fator de danos permite identificar que as fachadas mais críticas são aquelas com idades superiores a dez anos. Para as fachadas jovens (até 10 anos), esta mesma análise mostrou envelhecimento precoce que pode se tornar crítico

caso não se efetuem atividades de manutenção. Os resultados diferenciados nas orientações solares decorrem do tempo e grau de exposição aos fatores e agentes de degradação. Esse procedimento de análise serve como balizamento inicial do estágio de degradação das fachadas com revestimento cerâmico com o objetivo de mensuração da degradação. Uma vez que se consiga medir a degradação, é possível identificar e correlacionar os principais parâmetros e fatores intervenientes nos processos que degradam as fachadas (BAUER et al., 2015).

Além das manifestações patológicas decorrentes de revestimento cerâmico, as manifestações patológicas em pinturas prediais de obras novas têm surgido com maior frequência, e a busca pela identificação de sua gênese, de parte de seus autores, tem acompanhado este crescimento. O domínio técnico sobre tintas e pinturas prediais nunca foi buscado pelos profissionais da área da construção, da mesma forma que os outros serviços ou materiais, inclusive de maior apelo acadêmico. Ao prevalecer o senso comum de que a pintura apresenta vida útil curta e que somente uma repintura periódica é capaz de manter conservada a estética predial, não tem contribuído para gerar conhecimento a partir dos erros cometidos (BREITBACH et al., 2016).

Neste sentido, segundo os mesmos autores, tem sido um desafio para a Construção Civil Brasileira fazer com que a pintura cumpra sua função de acabamento final e proteção com durabilidade. Entretanto, é importante ressaltar o fato de que, no Brasil, as tintas são produzidas com a mesma formulação para serem comercializadas e aplicadas em qualquer ponto do território nacional. Logo, frente a enorme diversidade biológica e climática do país, é compreensível que estas tintas apresentem desempenho desigual e insatisfatório nas diferentes regiões.

Para Lopes (2004), a preparação do substrato para receber a pintura é a primeira providência para garantir sua ancoragem em substrato poroso, como revestimento argamassado ou concreto aparente. Fissura de retração do revestimento argamassado é o principal agente agressivo do sistema de pintura predial. A tinta látex quando aplicada, forma um filme termoplástico aderido em um substrato irregular, recobrando frestas que estão sujeitas a movimentação por variação térmica. Deste processo pode resultar o rompimento do filme e o início de sua degradação pela penetração da água da chuva. O desprendimento do filme de tinta é a manifestação patológica mais frequente em obras novas, normalmente vinculada a infiltrações. O clima dominante subtropical favorece a degradação do

filme de tinta. A falta de critérios técnicos para fundamentar decisões sobre o sistema de pinturas e especificação técnicas de materiais tem causado muitas manifestações patológicas.

A pintura externa de edificações é a solução de acabamento final mais empregada em decorrência de seu baixo custo e desempenho satisfatório, pelo menos durante os primeiros anos. Em função da sua facilidade de aplicação nem sempre as melhores práticas são empregadas, provocando manifestações patológicas que aliadas à algumas deficiências intrínsecas a formulação de tintas e vícios construtivos, contribuem para reduzir sua vida útil. A constante exposição de tintas aos agentes atmosféricos e poluentes, o seu envelhecimento natural e a adoção de sistemas de pinturas inadequados originam a degradação do revestimento e o aparecimento de anomalias que comprometem o desempenho estético e de proteção (BREITBACH et al., 2016).

Um dos fatores que originam anomalias é a variação das tensões ao longo da superfície, decorrentes de variação de temperatura e de concentração da tinta originada durante o processo de secagem dos filmes, induzindo sua movimentação das regiões de tensões mais baixas para as mais altas. Quanto mais clara e brilhante for à superfície, menor será a absorção e maior a reflexão. Cores escuras, por absorverem radiação, podem apresentar ganho de calor solar. Cores claras, por refletirem radiação, podem apresentar baixo ganho de calor solar. Assim, as cores diferem quanto a sua capacidade de absorção de calor, podendo influenciar no grau de biodeterioração em função do diferente teor de energia absorvido. As faces não expostas diretamente a incidência solar, como a fachada sul, podem receber até 50 % menos raios U.V., do que as paredes diretamente expostas (BARBOSA, 2013).

Ainda de acordo com o autor acima citado, a fachada sul normalmente apresenta maior ataque microbiológico em função do pouco sol incidente nesta orientação que prolonga os efeitos da umidade abundante. Entretanto, embora a pintura seja suscetível ao ataque microbiológico, não causa sobrecarga no reboco e não costuma causar desprendimento danoso.

Segundo Sato et al. (2002), o principal agente catalizador das manifestações patológicas em pinturas é a água, ora criando ambiente propício ao desenvolvimento de microorganismos, ora exercendo pressão negativa na formação de bolhas, ou ainda deteriorando o filme ao promover eflorescência. Dentre os vícios construtivos mais frequentes na construção civil, e que propiciam a penetração da água, estão as

juntas de dilatação, as microfissuras de retração autógena, a umidade ascendente do solo e a ausência ou instalação de pingadeiras com caimento invertido para dentro ou até mesmo sem caimento. Além disso, na fase final da obra, quando a pintura está sendo realizada, muitas vezes a urgência da entrega da edificação é priorizada em detrimento de boas técnicas e dos tratamentos corretivos prévios, como o fechamento de fissuras e trincas.

Dado o exposto, torna-se fundamental definir parâmetros para que ninguém se sinta prejudicado. Nesse sentido, foram criadas as normas com o intuito de estabelecer limites no mercado da construção civil, conforme será analisado a seguir.

2.4. Normas

A vida útil prevista no projeto da habitação só poderá ser atingida no caso do seu uso correto e adoção de eficientes processos de manutenção, obedecendo-se fielmente ao que estiver estipulado no Manual de Uso, Operação e Manutenção, popularmente conhecido como “Manual do usuário” ou “Manual do síndico”. Com relação à preparação do manual e à gestão da manutenção, a Norma NBR 15575 (ABNT, 2013): Edificações Habitacionais – Desempenho, remete às Normas NBR 14037 (ABNT, 2011): Diretrizes para elaboração de manuais de uso, operação e manutenção das edificações – Requisitos para elaboração e apresentação dos conteúdos; e a NBR 5674 (ABNT, 2012): Manutenção dos edifícios – Requisitos para o sistema de gestão de manutenção (CBIC, 2013).

2.4.1. Manual de Uso, Operação e Manutenção

A NBR 15575 (ABNT, 2013) estabelece, nas suas partes de 1 a 6, que todos os componentes, elementos e sistemas da edificação devem manter a capacidade funcional durante a vida útil de projeto. Para tal, ainda segundo a mesma, faz-se necessário que sejam procedidas intervenções periódicas de manutenção especificadas pelos respectivos fornecedores.

Na realidade, o ideal é que sejam feitas manutenções preventivas e, sempre que necessário, manutenções corretivas realizadas assim que algum problema se manifestar, a fim de impedir que pequenas falhas progridam rapidamente para

extensas manifestações patológicas.

Nesse sentido, as manutenções devem ser praticadas em obediência ao Manual de Uso, Operação e Manutenção fornecido pelo incorporador e/ou pela construtora que entregou o empreendimento, de tal forma que o referido documento deve ser elaborado em obediência à norma NBR 14037 (ABNT, 2011). Sinteticamente, esta norma apresenta disposições relativas à linguagem utilizada, registro das manutenções, perdas de garantia, recomendações para situações de emergência e outras.

A) NBR 14037 - Diretrizes para elaboração de manuais de uso, operação e manutenção das edificações – Requisitos para elaboração e apresentação dos conteúdos (ABNT, 2011).

Esta Norma estabelece os requisitos mínimos para elaboração e apresentação dos conteúdos a serem incluídos no Manual de Uso, Operação e Manutenção das edificações, sendo sua elaboração e entrega de responsabilidade do construtor e/ou incorporador, especificando:

- a) Informações aos proprietários e ao condomínio sobre as características técnicas da edificação construída;
- b) Procedimentos recomendáveis e obrigatórios para a conservação, uso e manutenção da edificação, bem como a operação dos equipamentos;
- c) Orientações e informações aos proprietários e o condomínio com relação as suas obrigações no que tange a realização de atividades de manutenção e conservação, bem como condições de uso da edificação;
- d) Prevenção à ocorrência de falhas ou acidentes em virtude de uso inadequado;
- e) Contribuir para que a edificação atinja a vida útil de projeto determinada.

Vale ressaltar que a NBR 14037 (ABNT, 2011) aplica-se a edificações em geral independente da altura, tipologia ou padrão construtivo. Além disso, o proprietário e o condomínio podem contratar um representante legal, de acordo com legislações específicas, para que possam ser realizadas as atividades pelas quais são responsáveis.

De acordo com o CBIC (2013), o manual deve ser escrito em linguagem simples e direta, utilizando vocabulário preciso e adequado ao proprietário e ao condomínio, podendo se fazer uso de ilustrações, desenhos esquemáticos, fotografias, tabelas, e outros, devendo ser produzido e fornecido em meio físico, sendo impresso ou eletrônico (CD, DVD, *pen drive*). No mesmo deve constar o modelo de programa de manutenção preventiva, cuja elaboração e implementação atendam a NBR 5674 (ABNT, 2012), mencionando a periodicidade das manutenções, informando os procedimentos e roteiros recomendáveis para a manutenção da edificação e descrever as condições de manutenibilidade previstas no projeto, sendo sua execução efetuada por pessoal qualificado ou empresa especializada.

No processo de entrega das chaves, um exemplar do manual deve ser entregue aos primeiros proprietários, contendo informações sobre cada área de uso privativo, bem como um exemplar do manual específico as áreas comuns e seus equipamentos, ficando sob responsabilidade do proprietário ou do condomínio o arquivamento de tais documentos, garantindo a sua entrega a quem o substituir.

O fabricante do produto (construtor, incorporador público ou privado) deve especificar em projeto e/ou nos respectivos manuais todas as condições de uso, operação e manutenção dos diversos elementos, componentes e equipamentos integrantes da obra. Isso inclui recomendações gerais e específicas para prevenção de falhas e de acidentes decorrentes de utilização inadequada, como: sobrecargas admissíveis/passíveis de serem incorporadas à construção; contato com componentes elétricos energizados; acesso de crianças desacompanhadas a piscinas; inspeções de telhados em dias de chuva ou sob vento forte; entre outros.

Cabem aos Manuais de Uso, Operação e Manutenção apresentarem periodicidade, forma de realização e de registro das inspeções e das manutenções preventivas e corretivas. Para tanto, devem basear-se nas normas técnicas aplicáveis, especificando materiais, processos e equipamentos necessários à realização das mesmas, trazendo ainda a previsão quantitativa de todos os insumos necessários para as diferentes modalidades de manutenção.

2.4.2. Gestão da manutenção predial

Uma vez que a unidade habitacional é entregue, a vida útil da construção prevista no projeto só se reverterá em realidade caso sejam realizadas manutenções preventivas sistemáticas, de acordo com os materiais e processos indicados no Manual de Uso, Operação e Manutenção. Com relação à gestão da manutenção, deve ser atendida a NBR 5674 (ABNT, 2012), segundo sugere a norma de desempenho NBR 15575 (ABNT, 2013).

A) NBR 5674 - Manutenção dos edifícios – Requisitos para o sistema de gestão de manutenção (ABNT, 2012).

A referida norma estabelece requisitos para a gestão do sistema de manutenção de edificações, preservando as características originais da edificação, como também a perda de desempenho decorrente da degradação dos seus sistemas, elementos ou componentes. Não se restringe apenas a habitações, e as edificações existentes antes da vigência desta norma devem se adequar ou criar os seus programas de manutenção atendendo ao apresentado nesta norma.

Todos os requisitos da mesma levam em conta os prazos de vida útil de projeto (VUP) previsto na norma de desempenho NBR 15575 (ABNT, 2013). Admite-se ainda que as VUPs estabelecidas para habitações sejam também utilizadas para parametrizar edificações com outras destinações.

Existe dois tipos de manutenção: manutenção preventiva e corretiva. Entende-se por manutenção preventiva aquela caracterizada por serviços cuja realização é programada com antecedência, com base em solicitações dos usuários, estimativas da durabilidade esperada dos sistemas, elementos ou componentes das edificações em uso, gravidade e urgência. Já a manutenção corretiva é baseada nos 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 (CBIC, 2013).

De acordo com a NBR 5674 (ABNT, 2012), são requisitos do sistema de gestão da manutenção:

a) Organização do sistema de gestão da manutenção

O sistema de manutenção deve conter diretrizes para preservar o desempenho previsto em projeto ao longo do tempo e minimizar a depreciação patrimonial. Dessa forma, promovem a realização coordenada dos diferentes tipos de manutenção das edificações, definindo incumbências e autonomia de decisão aos envolvidos e estabelecendo adequado fluxo de informações e registros.

A NBR 5674 (ABNT, 2012) possibilita flexibilizar os programas de manutenção em função da tipologia, tamanho da obra, localidade da implantação etc., apresentando exemplos de modelos não restritivos ou exaustivos a serem adaptados em função das características específicas da edificação.

b) Provimento dos recursos

Deve-se prever infraestrutura material, financeira e humana capaz de atender aos diferentes tipos de manutenção (limpeza e conservação rotineiras, manutenções corretivas e preventivas). Ademais, quando o condomínio não for integrado por profissionais da área, recomenda-se a contratação de mão de obra capacitada a fim de realizar as possíveis intervenções (o síndico tem a prerrogativa de decidir sozinho sobre a necessidade).

c) Previsão orçamentária anual

O sistema de manutenção deve possuir mecanismos capazes de prever os recursos necessários para a realização dos serviços essenciais em períodos futuros, incluindo certa reserva destinada à realização de manutenção corretiva. As previsões orçamentárias devem expressar claramente a relação custo/ benefício dos serviços de manutenção, devendo ser aprovadas em reuniões de condomínio quando for o caso.

d) Operação do sistema de gestão da manutenção

d.1) Programa de manutenção

O programa consiste na determinação das atividades essenciais de manutenção, periodicidade, responsáveis pela execução, documentos de referência e recursos necessários, devendo ser atualizado periodicamente. Deve considerar todos os elementos, componentes e equipamentos, baseando-se no conteúdo do Manual de Uso, Operação e Manutenção e também em projetos, memoriais, catálogos técnicos e orientações de fornecedores. Além disso, deve especificar se os serviços precisam ser realizados por empresa capacitada, especializada ou equipe de manutenção local, conforme definições anteriores.

d.2) Listas de verificação e relatórios de inspeção

As inspeções devem ser feitas com periodicidade definida em função das características de cada obra, tipo de equipamentos e de acabamentos, sendo realizadas com base em *check-lists* / listas de verificação elaboradas de forma a facilitar os registros e sua recuperação. As listas de verificação devem conter exatamente “quando”, “onde”, “como”, “o quê” deve ser inspecionado, apresentando campos para registro da normalidade ou anormalidade de componentes, materiais, acessórios e outros (ABNT, 2012).

É desejável a inclusão das formas mais comuns de degradação natural dos elementos e sistemas ao longo da sua vida útil. Neste caso, na lista de inspeção das fachadas, podem estar relacionadas, por exemplo, falhas decorrentes da degradação natural da pintura, como calcinação, gretamento, descoloração, descolamento, assim como fissuras, destacamentos, manchas de escoamento de água, desagregações também podem estar relacionadas (CBIC, 2013).

De acordo com o referido guia orientativo, as fachadas fazem parte dos sistemas de vedações verticais de uma edificação e devem ser tratadas de forma mais rigorosa pelo síndico, devido ao grande impacto que elas trazem à vida dos usuários e ao desempenho da edificação. A falta de um plano de manutenção, intervenções e inspeções planejadas podem trazer riscos à segurança dos usuários, desvalorização do imóvel, gastos excessivos com reparos e, eventualmente,

indenizações por danos causados via deslocamentos e infiltrações. Por isso, é muito importante que o síndico, ou o responsável pela gestão de manutenção, fique atento às recomendações e exigências, conforme quadro 2.1

Quadro 2.1 - Proposta de programa de manutenção preventiva em fachadas.
Fonte: Adaptado da ABNT NBR 5674 (2012).

PERIODICIDADE	ELEMENTO / COMPONENTE	ATIVIDADE	RESPONSÁVEL
A cada ano	Revestimento cerâmico externo	Verificar a calafetação e fixação de rufos, para raios, antenas, esquadrias, elementos decorativos, etc.	Empresa capacitada / Empresa especializada.
		Verificar sua integridade e reconstituir os rejuntamentos dos pisos, paredes, peitoris, soleiras, ralos, chaminés, grelhas de ventilação, e outros elementos.	Empresa capacitada / Empresa especializada.
	Paredes externas / Fachadas e muros	Verificar a integridade e reconstituir, onde necessário.	Equipe de manutenção local / Empresa especializada.
A cada três anos	Fachada	Efetuar lavagem; Verificar os elementos, por exemplo: rejuntas e mastiques, e se necessário, solicitar inspeção especializada.	Equipe de manutenção local / Empresa capacitada / Empresa especializada.
		As áreas externas devem ter sua pintura revisada, e se necessário, repintada, evitando assim o envelhecimento, a perda de brilho, o descascamento e que eventuais fissuras possam causar infiltrações.	Equipe de manutenção local / Empresa capacitada.

Caso o condomínio não tenha recebido o manual, e não existam meios de obtê-lo, o procedimento adequado é entrar em contato com o fabricante do material do revestimento, para que o mesmo repasse as informações necessárias. Se este também for desconhecido, deve-se recorrer aos prazos genéricos da Tabela A.1 da NBR 5674 (ABNT, 2012) - "Manutenção de Edificações: Requisitos para o sistema de gestão de manutenção", conforme anexo na norma.

Com relação aos procedimentos acima relatados, existem alguns detalhes no seu procedimento, como descrito a seguir:

- Lavagem de fachada

A lavagem de fachadas pode ser realizada por equipe própria ou empresa capacitada, seguindo as recomendações a seguir:

- I) Não utilizar máquina de alta pressão de água, vassouras de piaçava, escovas com cerdas duras, peças pontiagudas, esponjas ou palhas de aço, espátulas metálicas, objetos cortantes ou perfurantes na limpeza, pois podem danificar o sistema de revestimento; não utilizar jato de água em alta pressão;
- II) Essas lavagens devem ser realizadas com jatos (leque aberto), provenientes de um compressor, utilizando pressão de 70 bar, distante cerca de 70 cm do substrato a ser limpo;
- III) Quando não for obtido um resultado satisfatório somente com o jato de água, recomenda-se a adição de soluções de hipoclorito de sódio (12%). Na fração 1:10 (hipoclorito: água) ou detergente neutro 1:6 (detergente neutro: água);
- IV) Consultar o fornecedor do material no caso de uso de outros itens de limpeza, para indicação de produtos autorizados à limpeza do revestimento;
- V) Não utilize soluções que contenham produtos agressivos e/ou escovas abrasivas de quaisquer tipos;
- VI) Verificadas quaisquer fissuras, estufamentos, deslocamentos e infiltrações, procure empresa especializada.

- Cerâmica e rejuntamento

No caso de fachadas revestidas com cerâmica, o rejuntamento de revestimentos cerâmicos pode ser feito por empresa capacitada ou especializada, seguindo as recomendações a seguir:

- I) Nunca utilizar ácido fluorídrico ou produtos de origem duvidosa;
- II) Para remover os restos de rejunte dos produtos cerâmicos (Rústicos), a limpeza deve ser efetuada utilizando detergente à base de ácido clorídrico (HCL), devendo ser realizada em uma única vez para não comprometer o rejunte, evitando assim corrosão, ou seja, o ataque químico sobre o rejunte;
- III) Com o auxílio de um rodo ou uma desempenadeira de borracha, complete o rejuntamento com a nata em toda a superfície da cerâmica;
- IV) As juntas poderão ser frisadas ou palitadas, se necessário;
- V) Após aproximadamente 15 minutos do término do rejuntamento, retire o excesso de nata com uma esponja úmida em água. Após a secagem total, faça o acabamento com esponja seca;
- VI) Verificadas quaisquer fissuras, estufamentos, deslocamentos e infiltrações, procure empresa especializada.

- Repintura

A repintura da fachada pode ser feita por equipe local, empresa capacitada ou especializada, seguindo as recomendações a seguir:

- I) Antes de executar qualquer tipo de pintura, proteger as esquadrias de alumínio com fitas adesivas de PVC (não utilize fitas tipo "crepe", pois elas costumam manchar as esquadrias quando em contato prolongado), sem que fique nenhuma área desprotegida ou com mau contato. É preciso removê-las imediatamente após o uso, uma vez que sua cola contém ácidos ou produtos agressivos, que em contato prolongado com as esquadrias poderão danificá-las;
- II) Limpar as esquadrias imediatamente com pano seco e em seguida com

pano umedecido em solução de água e detergente neutro, caso haja contato com a tinta;

- III) Repintar as áreas e elementos com as mesmas especificações da pintura original;
- IV) Passar impermeabilizante entre os frisos;
- V) Em caso de necessidade de retoque, deve-se repintar todo o pano da parede (trecho de quina a quina ou de friso a friso), para evitar diferenças de tonalidade entre a tinta velha e a nova em uma mesma parede;
- VI) Verificadas quaisquer fissuras, estufamentos, deslocamentos e infiltrações, procure empresa especializada.

d.3) Registros e arquivamento de documentos

O planejamento, o programa anual, a organização, os recursos e todas as inspeções e manutenções devem ser documentados, de forma a propiciar evidências da gestão do programa de manutenção, dos custos embutidos e dos benefícios alcançados. Tais registros prestam-se ainda a realimentar o planejamento de serviços futuros, os programas anuais, os projetos e a execução dos serviços de manutenção. A documentação deve incluir:

- I) Manual de Operação, Uso e Manutenção das edificações, conforme Norma NBR 14037 (ABNT, 2011);
- II) Manual dos fornecedores dos equipamentos e serviços;
- III) O programa da manutenção;
- IV) O planejamento da manutenção contendo o previsto e o efetivado, tanto do ponto de vista cronológico como financeiro;
- V) Os contratos firmados;
- VI) Catálogos, memoriais descritivos, projetos, desenhos, procedimentos executivos dos serviços de manutenção e propostas técnicas;
- VII) Relatórios de inspeção, datados e assinados pelo responsável técnico pela manutenção;
- VIII) Os comprovantes dos documentos listados no Anexo A da NBR 14037 (ABNT, 2011), incluindo aqueles passíveis de renovação (AVCB, eventuais licenças ambientais, certificado de limpeza e desinfecção de

reservatórios de água potável, etc);

- IX) Registros requeridos de serviços de manutenção realizados;
- X) Ata das reuniões de assuntos afetos à manutenção.

Os registros devem ser mantidos legíveis e disponíveis para prover evidências da efetiva implementação do programa de manutenção, recomendando que cada um inclua:

- I) Correta identificação (relatório de inspeção, registro de correção corretiva, etc);
- II) As funções dos responsáveis pela coleta dos dados que compõe o registro;
- III) Estabelecimento da forma de arquivamento do registro;
- IV) Estabelecimento do período de tempo pelo qual o registro deve ficar armazenado, assegurando sua integridade.

Toda a documentação dos serviços de manutenção executados deve ser arquivada, ficando sob a guarda do responsável legal (proprietário do imóvel ou síndico). Deve permanecer disponível e ser prontamente recuperável aos proprietários, condôminos, construtor/incorporador e profissionais ou empresas de manutenção, sempre que necessário. Quando houver troca do responsável legal (proprietário ou síndico), toda a documentação deve ser entregue formalmente ao sucessor.

e) Incumbências e responsabilidades

- O construtor ou incorporador deve entregar ao proprietário do imóvel o Manual de Operação, Uso e Manutenção da edificação, elaborado em atendimento à norma NBR 14037 (ABNT, 2011).
- O proprietário de uma edificação, síndico, profissional ou empresa terceirizada responsável pela gestão da manutenção devem atender à norma NBR 5674 (ABNT, 2012), às normas técnicas aplicáveis e ao Manual de Operação, Uso e Manutenção da edificação. Devem ainda estabelecer o planejamento e os programas anuais de manutenção preventiva.

- Os usuários da edificação, proprietários, inquilinos, condôminos e cessionários ou outros devem cumprir e prover os recursos para o programa de manutenção preventiva da sua unidade e, solidariamente, das áreas comuns.
- A empresa ou profissional contratado para responder pela gestão do sistema de manutenção da edificação deve encarregar-se de:
 - I) assessorar o proprietário ou síndico nas decisões que envolvam a manutenção da edificação, inclusive sugerir a adaptação do sistema da manutenção e planejamento anual das atividades;
 - II) providenciar e manter atualizados os documentos e registros da edificação, fornecer documentos que comprovem a realização dos serviços de manutenção, tais como contratos, notas fiscais, garantias, certificados, etc;
 - III) implementar e realizar as verificações ou inspeções previstas no programa de manutenção preventiva;
 - IV) elaborar as previsões orçamentárias;
 - V) supervisionar a realização dos serviços de acordo com as normas técnicas brasileiras, projetos e orientações do Manual de Operação, Uso e Manutenção;
 - VI) orçar os serviços de manutenção;
 - VII) assessorar o proprietário ou síndico no treinamento de equipe própria ou na contratação de serviços de terceiros para a realização da manutenção da edificação;
 - VIII) estabelecer e implementar a gestão do sistema dos serviços de manutenção, conforme a norma NBR 5674 (ABNT, 2012);
 - IX) orientar os usuários sobre o uso adequado da edificação em conformidade com o estabelecido no Manual de Operação, Uso e Manutenção da edificação;

X) orientar os usuários para situações emergenciais, em conformidade com o Manual de Operação, Uso e Manutenção da edificação.

Em função da tipologia da edificação e da complexidade dos equipamentos empregados, a NBR 5674 (ABNT, 2012) admite que o programa de manutenção possa ser elaborado considerando a orientação dos fornecedores, de profissionais e empresas especializadas, levando em conta, por exemplo, elevadores, escadas rolantes, piscinas, quadras poliesportivas, *playground*, pisos elevados, sistemas elétricos automatizados e outros. Além disso, visa preservar as características originais da edificação e recuperar a perda gradativa de desempenho decorrente da degradação dos seus sistemas, elementos ou componentes.

Ao contrário da norma NBR 15575 (ABNT, 2013), que não se aplica a obras em fase de construção e edificações pré-existentes, a norma NBR 5674 (ABNT, 2012) prevê que “edificações existentes antes da vigência da norma devem se adequar ou criar seus programas de manutenção atendendo às prescrições nela registradas”.

Salvo disposições legais em contrário, a responsabilidade pela manutenção de edificações unifamiliares ou de áreas privativas das edificações multifamiliares é dos ocupantes da unidade individualizada, podendo ser eles proprietários, cessionários, inquilinos ou outros. Por outro lado, as áreas comuns são de responsabilidade do síndico, que pode delegá-la para gestor profissional ou empresa especializada, mediante prévia aprovação dos condôminos (ABNT, 2012).

Ainda, recomenda-se que as responsabilidades acima estejam inseridas com destaque nos respectivos Manuais de Uso, Operação e Manutenção (áreas privativas e áreas comuns), chamando-se inclusive a atenção dos síndicos para que, em caso de terceirização, sejam contratadas empresas e profissionais de manutenção com reconhecida capacidade.

A fim de gerar resultados para a pesquisa, foi utilizado o método de Monte Carlo, o qual é a ferramenta principal do programa adotado no estudo, o qual realiza vários ciclos em uma mesma simulação, conforme será descrito no tópico seguinte.

2.5. Método de Monte Carlo

Os matemáticos norte-americanos John Von Neumann e Stanislaw Ulam são considerados os principais autores da técnica de simulação pelo Método de Monte Carlo (MMC). Já antes de 1949 foram resolvidos vários problemas estatísticos de amostragem aleatória empregando-se essa técnica. Entretanto, pelas dificuldades de realizar simulação de variáveis aleatórias à mão, a adoção do MMC como técnica numérica universal tornou-se realmente difundida com a chegada dos computadores (DONATELLI e KONRATH, 2005).

Atualmente, a simulação de Monte Carlo é uma ferramenta matemática com ampla utilização em diversos segmentos na área das ciências e da engenharia; para isto, usa o poder da computação para explorar todos os resultados possíveis de um problema, dados certos limites de variabilidade expressos no modelo. Boyle et al. (1997) empregaram a simulação de Monte Carlo para estimar a precificação de segurança, enquanto Keen e McGreevy (1990) usaram a simulação de Monte Carlo na modelagem estrutural de vidros.

O MMC pode ser descrito como um método probabilístico e/ou estatístico, no qual se utiliza uma sequência de números aleatórios para a realização de uma simulação. Nesse sentido, ainda pode ser definido como uma ferramenta para modelagem de problemas estocásticos. Há inclusive quem descreva-o como um método universal para a solução de modelos matemáticos (YORIYAZ, 2019).

Segundo o mesmo autor, a origem do nome Monte Carlo está ligada aos cassinos de Monte Carlo, capital do principado de Mônaco, já que na época que foi desenvolvido os cassinos forneciam uma fonte excelente de números aleatórios e um dos pilares do MMC está ligado diretamente à utilização destes números. Neste método, o formato da distribuição de saída será obtido a partir da avaliação do modelo matemático por meio da combinação de amostras aleatórias das variáveis de entrada, respeitando as respectivas distribuições. Talvez por isso, seja conhecido como método da propagação de distribuições.

Nesse sentido, a técnica de análise de risco mais utilizada é a simulação de Monte Carlo. Os fatores técnicos da informação de custo e da experiência do avaliador serão parte integrante do modelo, enquanto os fatores não técnicos são considerados de maneira holística. Os conceitos de gerenciamento de risco prababilístico são empregados para representar diferentes possibilidades para os parâmetros de entrada no modelo de Monte Carlo. A simulação de Monte Carlo é

aplicada para encontrar potenciais cenários realistas e identificar o nível de confiança no resultado do custo do ciclo de vida (WANG et al., 2012).

Ainda de acordo com os mesmos autores, a simulação de Monte Carlo usa o poder da computação para explorar todos os elementos possíveis de um problema, dado certos limites de variabilidade expressos no modelo. Além disso, os impactos das variáveis de entrada podem ser medidos por análise de sensibilidade. A principal vantagem deste método em relação aos modelos determinísticos é que ele permite que a incerteza e os riscos durante a fase de operação de longo prazo dos edifícios sejam envolvidos nas análises de custo.

Para Render et al. (2017), o método determinístico é um modelo matemático que resulta em um conjunto de saídas, com base no conjunto de entradas iniciais conhecidas. Este método é relativamente simples já que a análise da viabilidade econômica/financeira do projeto a ser investido será apresentada por meio dos resultados calculados em relação aos dados de entradas.

Por outro lado, o método probabilístico é utilizado para apresentar resultados combinatórios, com base em certas propriedades, construído em um intervalo de probabilidades de cenários esperados. Esse método é muito utilizado para ampliar as possibilidades de resultados para a análise de um determinado projeto, permitindo, à equipe envolvida, a obtenção de resultados pessimistas, esperados e otimistas, que levam em consideração variações nos resultados com base em cenários que se pretende observar, já que todo investimento implica em riscos (FELIPE e LEISMANN, 2019).

No contexto da modelagem do ciclo de vida, esta técnica pode ser usada para descobrir a variabilidade provável no resultado esperado do modelo, bem como identificar quais são as áreas que tem maior efeito dentro desses resultados. Isso, por sua vez, permitirá que os tomadores de decisão façam escolhas mais acertadas e mais apropriadas em relação ao investimento e se concentrem nos itens de custo significativo que tenham o maior impacto nos custos esperados.

Para tanto, a definição das variações que podem ocorrer e impactar nos resultados de um projeto que se pretende investir, de acordo com Oliveira et al. (2019), deve-se partir de cenários factíveis, com a adoção de um modelo matemático (o mesmo adotado no modelo determinístico) que gerarão informações sobre a viabilidade econômica/financeira, permitindo a equipe envolvida na análise

estabelecer critérios particulares de decisão.

Durante uma simulação pelo Método de Monte Carlo, as amostras dos valores são obtidas aleatoriamente das distribuições de probabilidade de *inputs* (entradas). Cada conjunto de amostra é chamada de iteração, e o resultado produzido a partir da amostra é registrado. O MMC faz isso centenas ou milhares de vezes, e o produto disso é uma distribuição de probabilidade dos resultados possíveis. Dessa forma, o MMC fornece um quadro muito mais abrangente do que poderá acontecer, não informando apenas o que poderá ocorrer, mas também a probabilidade de ocorrência (SANTOS, 2019). Portanto, com a utilização do MMC para simulação de cenários, seja através do *Microsoft excel*[®] ou do *software* “simula v 4.4”, torna-se possível sistematizar a análise de eventos futuros em relação ao estudo em análise, com o objetivo de ampliar as possibilidades de acerto.

Entretanto, o uso de uma planilha do *Microsoft Excel*[®] com as variáveis chave é necessária, chamada assim de Modelagem. Este é um conceito global que usualmente significa qualquer tipo de atividade onde se tenta criar uma representação de uma situação da vida real de forma a poder analisá-la. Sua representação, ou modelo, pode ser utilizado para examinar a situação e, possivelmente, ajudar a entender o que o futuro pode trazer (FELIPE e LEISMANN, 2019).

Desta forma, Vose (2008) apresenta as vantagens da simulação pelo Método de Monte Carlo em gerenciamento de risco, a saber:

- Não requer conhecimento em matemática sofisticada;
- Pode ser aplicado em computadores comercialmente disponíveis, a fim de executar a análise;
- A simulação de Monte Carlo é um processo paralelo, isto é, os resultados da interação são independentes um do outro;
- Os elementos do modelo podem ser correlacionados por vários cenários, confiáveis e realistas.

Para Yoriyaz (2019), a aplicação do MMC no custo do ciclo de vida permitirá que os fatores de entrada do modelo de ciclo de vida usem uma faixa de valores em vez de um número determinístico como nos modelos tradicionais de ciclo de vida.

Portanto, a saída do modelo de simulação de Monte Carlo leva em consideração vários cenários relacionados a eventos futuros, assim como as frequências de substituição dos elementos de construção, ou também denominados elementos fonte de manutenção (EFM).

A resposta do edifício aos estímulos patológicos não é feita individualmente por elementos ou componentes segundo a visão sistêmica, mas decorre da interação conjunta de “parcelas” que são envolvidas na cadeia de causas e efeitos antes apresentada. De acordo com Rodrigues (2001), convencionou-se chamar estas “parcelas” de EFM, e no que diz respeito à degradação, um edifício é constituído por um conjunto de “partes” com mecanismos particulares de degradação.

Como há um grande número de variáveis envolvidas na análise de simulação, o *software* “simula v 4.4” será utilizado para realização dos cálculos, baseado no Método de Monte Carlo. Para tanto, o primeiro passo a ser definido é quantos EFM será(ão) analisado(s), o número de anos que se pretende modelar, bem como a quantidade de ciclos, a qual é convencionada em um milhão de interações.

A partir daí, será inserido o nome do EFM que será analisado, bem como as variáveis do tempo médio de intervenção (TMI), além do histograma de preço, tudo isso de acordo com as formulações que forem adotadas para a análise do EFM de estudo. Com isto, basta solicitar o início dos cálculos e o *software* mostrará os resultados através de números e gráficos.

Para melhor entendimento, será descrito a seguir o procedimento metodológico, abordando todas as particularidades pedidas pelo *software* “simula” para que a simulação possa ser realizada a contento da pesquisa.

3. PROCEDIMENTO METODOLÓGICO

A pesquisa pode ser definida como o procedimento racional e sistemático que objetiva responder a determinados problemas, sendo desenvolvida mediante à utilização de conhecimentos disponíveis, assim como métodos, técnicas e procedimentos científicos. O caráter sistemático exige que as ações desenvolvidas ao longo de seu processo sejam efetivamente caracterizadas e planejadas, o que é feito através do delineamento da pesquisa, cuja elaboração determina as etapas necessárias ao desenvolvimento da pesquisa (GIL, 2002).

Portanto, segundo o mesmo autor, quanto à caracterização, as pesquisas podem ser classificadas com base em sua natureza, sua abordagem, seus objetivos e com base nos procedimentos técnicos utilizados. Logo, esta pesquisa que teve seu início em dezembro de 2018, quanto ao seu enquadramento metodológico, é caracterizada quanto a sua natureza em pesquisa aplicada; quanto à abordagem em pesquisa quantitativa; com relação aos objetivos em pesquisa exploratória; e quanto aos procedimentos técnicos em Ex-post facto.

No que diz respeito ao planejamento, esta pesquisa foi delineada em 4 (quatro) fases, a saber:

- a) Fase I: revisão sistemática da literatura;
- b) Fase II: através de um estudo exploratório sobre o tema da pesquisa, foi realizada a coleta de dados na maior empresa especializada em revitalização de fachadas da cidade alvo da pesquisa (seleção de mapas);
- c) Fase III: foi executada a modelagem dos dados obtidos através do programa “simula v 4.4”;
- d) Fase IV: realizou-se a análise e interpretação dos resultados gerados a partir do delineamento proposto.

Vale ressaltar que a revisão bibliográfica sobre os diversos assuntos contemplados foi uma constante durante todas as fases da pesquisa, e mais adiante, cada fase foi detalhada para melhor entendimento do procedimento metodológico proposto. A Figura 3.1 sistematiza e sintetiza o delineamento da pesquisa.

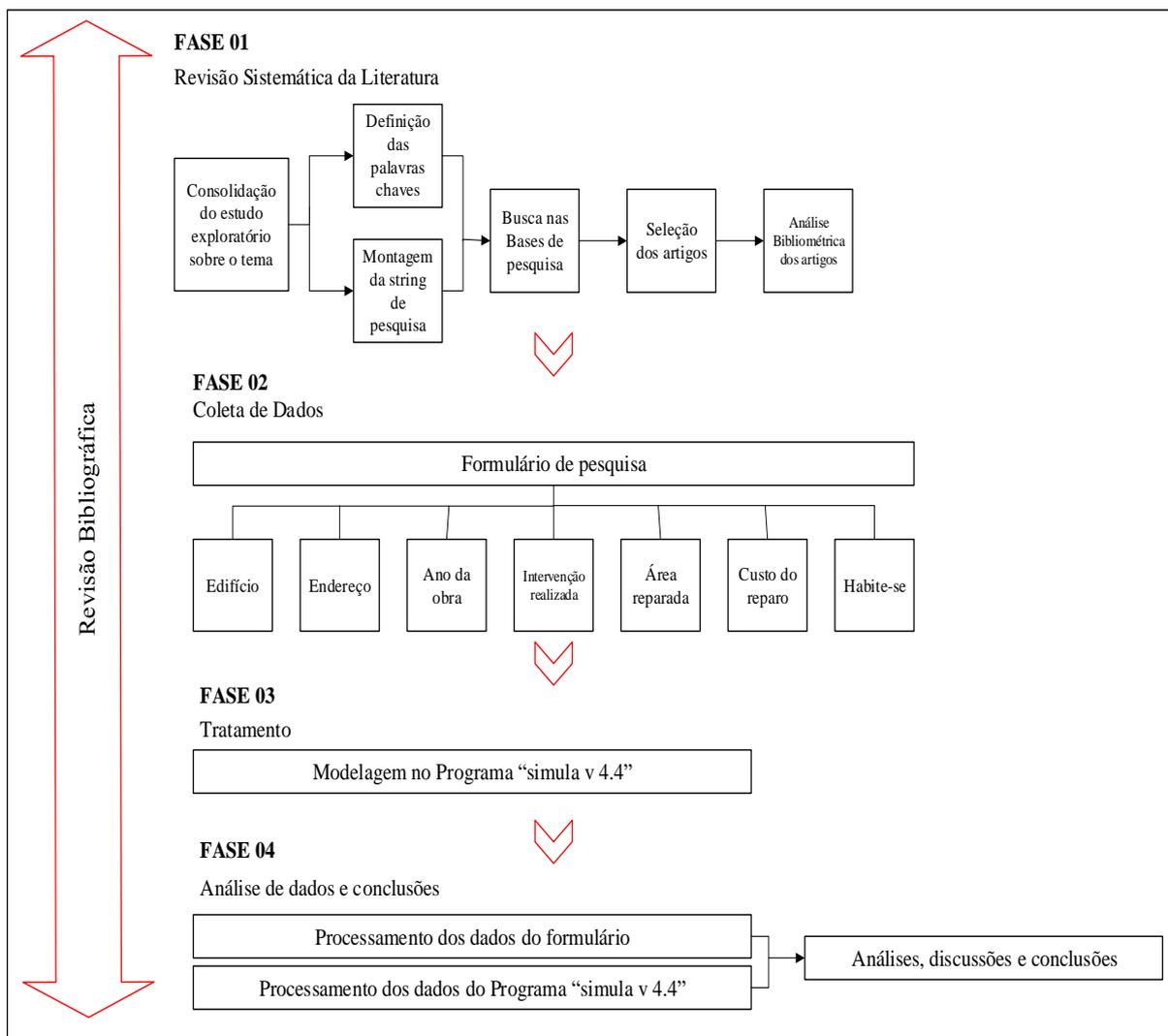


Figura 3.1 - Delineamento da pesquisa.

Fonte: O Autor.

A revisão de literatura, caracterizada como uma das etapas mais importantes de um projeto de pesquisa, está relacionada à fundamentação teórica que é adotada para tratar o tema e o problema de pesquisa. Por meio da mesma é realizada a estruturação conceitual que dará sustentação ao desenvolvimento da pesquisa. Logo, um dos objetivos que a revisão da bibliografia possui é estipular o estado da arte do tema-problema, ou seja, quais são as principais lacunas de conhecimento e onde se encontram os principais entraves teóricos e/ou metodológicos da área pesquisada (TEIXEIRA, 2005).

A atual dinâmica das pesquisas fez com que o pesquisador explorasse, do início ao fim, informações e referências que se relacionam ou embasam o tema. Apesar da abordagem da revisão conceitual ser trabalhada de forma mais intensa no início da pesquisa, a constância deste aprofundamento (e até mesmo simples consultas) encontram-se presentes em todas as fases do estudo.

Partindo-se deste princípio, a referente pesquisa foi conduzida com uma abordagem intensa na fase inicial de embasamento teórico, através de uma revisão sistemática da literatura, incluindo buscas nacionais e internacionais. Por outro lado, de forma constante, mas não sistemática, foram efetuadas revisões na literatura durante todo o estudo, a fim de complementar e aprofundar a abordagem do tema.

3.1. Fase I: Embasamento teórico

A fase de embasamento teórico, proposta como parte inicial desta pesquisa, tem o objetivo e a finalidade de esclarecer e aprofundar os conhecimentos científicos relacionados ao tema desta pesquisa, de forma a estabelecer o estado da arte, assim como validar a problemática do tema. Para isto, foi utilizada a revisão sistemática da literatura que, assim como outros métodos de revisão, caracteriza-se como uma forma de pesquisa que utiliza como fonte de dados à literatura a respeito de determinado assunto (SAMPAIO e MANCINI, 2007).

A primeira fase de revisão sistemática, a partir da análise da literatura, contemplou uma pesquisa tanto na bibliografia nacional como na internacional, as quais abordavam problemas em fachadas de edificações, muitas vezes em decorrência da falta de manutenção, influenciando, desta forma, na vida útil das mesmas, contribuindo assim para a formulação do problema de pesquisa, o qual foi definido no primeiro capítulo deste trabalho. Com o tema de pesquisa definido, a revisão sistemática ocorreu no portal de periódicos da CAPES, onde foram acessadas algumas bases de pesquisa.

O resultado do levantamento demonstrou que existem poucos estudos relacionados ao programa “simula v 4.4”, sendo que a maioria retrata manifestações patológicas encontradas nas fachadas das edificações em função de intempéries, problemas relacionados à falta ou ausência de manutenções preventivas, e outros abordavam o ciclo de vida das fachadas em função dos materiais ou técnicas utilizadas.

3.1.1. Estudo exploratório

De acordo com Gil (2002), o estudo exploratório configura-se como um período de investigação informal e relativamente livre, no qual se procura obter o entendimento dos fatores correlacionados ao objeto de pesquisa. Portanto, é uma fase que objetiva descobrir, além das variáveis significativas no contexto estudado, os tipos de instrumentos usados para obter as medidas necessárias.

Portanto, após a determinação do objeto de estudo, isto é, do tema que foi abordado, o estudo exploratório foi o primeiro passo efetivo da revisão sistemática da literatura, o qual fornece uma familiaridade inicial do pesquisador com o devido assunto. Configuram-se como estratégias para realizar tal passo desde conversas com profissionais da área, até pesquisas em bases de dados comuns (como *Google Scholar*[®]) com palavras afins ao tema.

Naturalmente, o estudo exploratório sobre o tema continuou nos meses subsequentes, através de reuniões com o orientador e pesquisas em bases de busca, sendo elas: *Science Direct*[®], *Scopus*[®], *Web of Science*[®], *Engineering Village*[®] e *Scielo*[®].

A definição das palavras-chaves e da *string* de pesquisa fecharam a etapa inicial do estudo exploratório. Neste sentido, as primeiras são definidas a partir deste conhecimento prévio exploratório a respeito do tema. A segunda é balizada através dos operadores booleanos e das palavras-chaves determinadas, os quais juntos direcionam os buscadores para registros exclusivos e aderentes ao tema.

3.1.2. Processo de busca e seleção de artigos

Antes de efetivar a operacionalização da busca, foi necessário definir os critérios que iriam balizá-la, tais como: definição das bases de buscas que foram utilizadas, definição dos idiomas dos artigos, definição dos critérios de inclusão/exclusão na seleção e na extração, definição dos critérios de qualificação dos artigos, dentre outros.

Para tal atividade foi utilizado o *software* desenvolvido na Universidade Federal de São Carlos (UFSCAR) denominado “StArt”, o qual tem a finalidade de auxiliar na realização do método de revisão sistemática da literatura. O primeiro passo deste método, assim como do programa, é o preenchimento do protocolo de pesquisa, o qual obriga o pesquisador a determinar os seguintes critérios

balizadores: (1) Objetivo da revisão, (2) questões primárias e secundárias, (3) palavras-chaves e sinônimos, (4) critério de definição de base de pesquisas, (5) idioma e (6) definição das bases.

Para realizar a pesquisa foram utilizadas as *strings* (palavras chave), tanto em português como em inglês, com variações das mesmas, a fim de ampliar a quantidade de artigos selecionados na pesquisa. Assim sendo, os temas abordados neste trabalho foram “fachadas”, “vida útil de fachadas”, “edifícios” e “ciclo de vida”.

Com estas definições da revisão sistemática já previamente determinados no protocolo de pesquisa, foram executadas as buscas nas bases de pesquisa assim como, logo em seguida, a seleção, extração e classificação dos artigos obtidos. A etapa de seleção foi conduzida em três processos de leitura: do título do artigo, do resumo e o do artigo completo.

Portanto, conforme os critérios pré-estabelecidos no protocolo, ocorreu à exclusão ou permanência do artigo. A etapa de extração foi realizada paralelamente à de classificação, sendo a primeira responsável pela listagem de informações específicas como título, ano, autores e instituição (por exemplo) e a segunda por hierarquizar os artigos selecionados. Esta hierarquização não estipulou apenas a qualidade dos artigos, mas também a relevância e vinculação ao tema, sendo estes critérios determinados pelo próprio pesquisador.

Sendo assim, de um total de 521 trabalhos importados nas bases de busca anteriormente citadas, 492 foram aceitos e os outros 29 foram excluídos em virtude de duplicação, através do *software* “stArt”. Destes 492, pôde-se aceitar 39 e rejeitar 453, levando em consideração alguns critérios, como: não abordar o tema proposto; resumo insatisfatório para a pesquisa; tratar-se de trabalhos de conclusão de curso (TCC). Na etapa da extração, dos 39 trabalhos selecionados, 33 foram aceitos e os outros 6 foram rejeitados por tratarem-se de publicações não disponíveis. Este processo está esquematizado na figura 3.2.

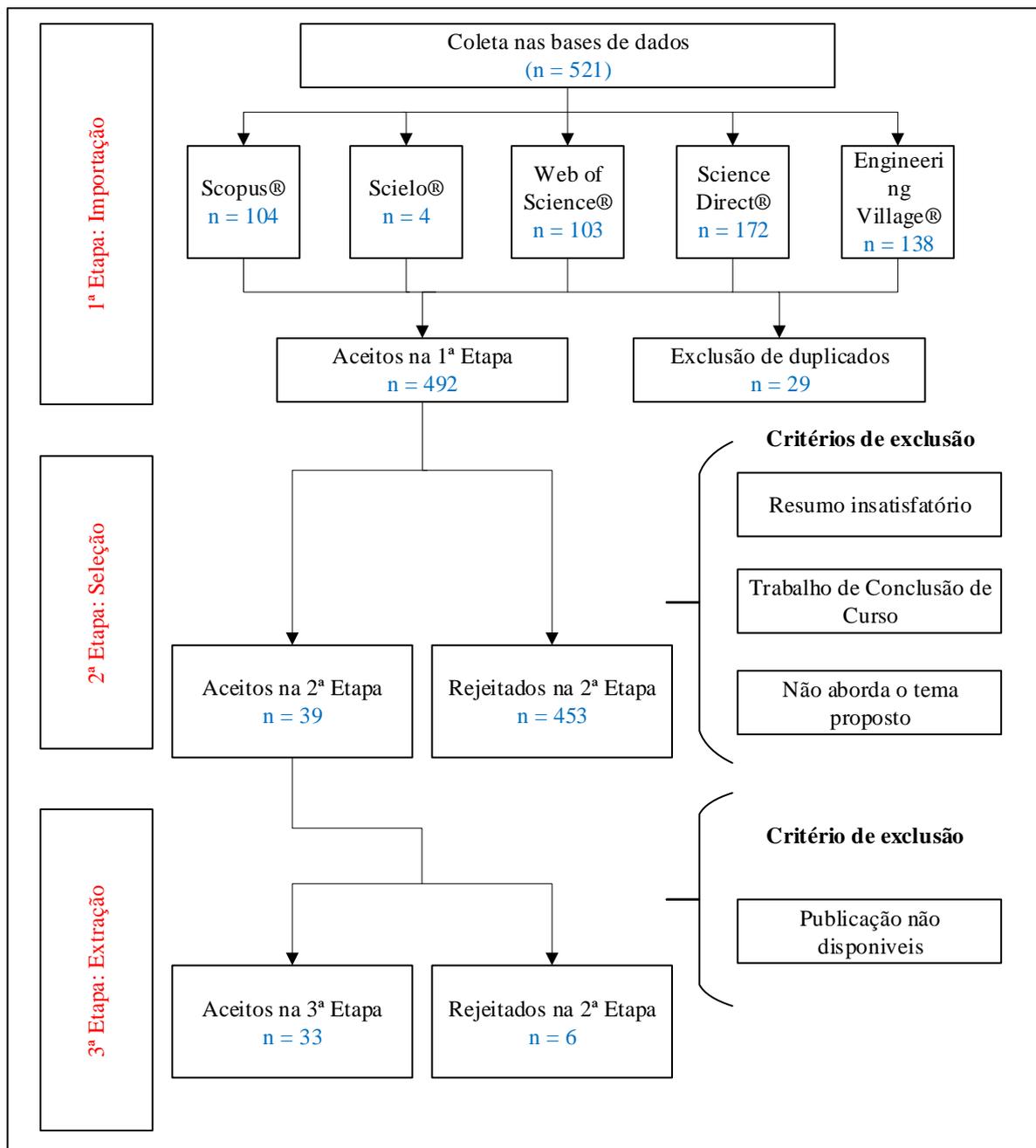


Figura 3.2 - Etapas da RSL.

Fonte: O Autor.

3.2. Fase II: Coleta de dados

Paralelamente à revisão bibliográfica, ocorreu a segunda fase da pesquisa, onde foi feito um estudo exploratório sobre intervenções em fachadas de edificações localizadas em Belém do Pará, a saber: nome do edifício, endereço do mesmo, tipo de intervenção executada na fachada, o ano em que esta ocorreu, a área em metros quadrados, o custo do reparo, bem como o habite-se da edificação. De posse desses dados, foi possível ter-se uma idéia acerca da quantidade e frequência dos

reparos nas fachadas das edificações na cidade alvo do estudo (Belém do Pará).

Para tanto, foi aplicado um formulário piloto, a fim de que fosse possível validar o processo de coleta, verificando se todas as informações previamente definidas foram pertinentes e possíveis de serem coletadas e, ainda, identificando a necessidade de realizar algum ajuste no formulário com a introdução de novas informações.

Com este propósito, foram realizadas várias visitas junto a uma empresa de referência na revitalização de fachadas na cidade de Belém. Através do acesso aos seus arquivos, foi possível analisar e contabilizar contratos firmados de intervenções em fachadas de edificações, fossem eles de reparo ou apenas de manutenção. Desta forma, buscou-se preencher os campos previamente determinados no formulário.

Com isso, averigou-se quais intervenções foram realizadas nas fachadas das edificações, sejam elas de tratamento, lavagem, rejuntamento ou até mesmo troca e reposição de pastilhas. Além disso, foi realizado um levantamento do habite-se dos empreendimentos que contemplaram todos os quesitos pesquisados, para que os mesmos possam ser utilizados no delineamento através do programa “simula v 4.4”, a fim de confrontá-los com o que determina a norma de desempenho com relação à durabilidade das fachadas.

De posse do habite-se das edificações coletadas na empresa de revitalização de fachadas prediais, foi feita a modelagem com o auxílio do programa “simula v 4.4”. Para isso, realizou-se uma contagem cronológica a partir da data de entrega do empreendimento (habite-se), até o ano da primeira intervenção na fachada do respectivo edifício.

Desta forma, foram montados grupos de edifícios que apresentam a mesma idade de intervenção na fachada após sua entrega. Além disso, de posse do custo de reparo dos mesmos, houve uma simulação abrangendo os dois fatores (idade e custo). Com relação às manifestações patológicas, as mesmas não puderam ser delineadas pelo *software*, apenas serviram para dar robustez no referencial teórico da pesquisa.

3.3. Fase III: Tratamento

De posse dos dados, os mesmos foram inseridos no programa “simula v 4.4”. O algoritmo foi desenvolvido em 1988, porém sua primeira forma foi apresentada em 1989. O formato do programa foi desenvolvido durante a tese de doutorado do Professor Rui Rodrigues (2001), na Universidade do Porto, Portugal, tendo como objetivo geral modelar acontecimentos registrados em edifícios ao longo de um determinado período de tempo, dispondo-se, para isso, de dados acerca das durações de certos componentes e do preço de reparação, ou de substituição no final da vida útil. Contudo, os componentes não apresentaram um único valor para vida útil, caso tivesse sido assim, a questão teria sido resolvida por modelos determinísticos, a fim de obter um valor bem definido.

Na realidade, os valores de vida útil se apresentam normalmente como uma distribuição de probabilidade de ocorrência. Portanto, a saída do modelo de simulação de Monte Carlo leva em consideração vários cenários relacionados a eventos futuros, como as frequências de substituição dos elementos de construção. Esse método foi aplicado a amostra final, coletada a partir do formulário elaborado, utilizando para tal o *software* “simula v 4.4”, com o intuito de analisar o custo do ciclo de vida dos elementos fonte de manutenção em questão para um período de até 50 anos, conforme permite o programa selecionado.

As variáveis do programa “simula v 4.4” agrupam-se em quatro categorias: as de simulação, as de caracterização de cada elemento fonte de manutenção, as de armazenagem dos EFMs e as do algoritmo do programa. A operacionalização do programa será descrita a seguir.

3.3.1. Primeira etapa

Corresponde à etapa inicial, onde o operador indica as três variáveis solicitadas, conforme identificada na Figura 3.3, a saber:

- 1) O intervalo de tempo em anos que se pretende simular;
- 2) O número de elementos utilizados nesta simulação;
- 3) O número máximo de interações (ciclos) que será utilizado.



Figura 3.3 - Entrada dos dados no programa.

Fonte: O Autor (Adaptado do *software* “simula v 4.4”).

O mesmo serve para dimensionar as matrizes necessárias para o próximo passo. Portanto, ao carregar na tecla “prosseguir” passa-se para o quadro de entrada dos dados propriamente dito. Além disso, permite sempre e a qualquer instante voltar a este, a fim de realizar as alterações que se julguem necessárias as variáveis definidas anteriormente.

3.3.2. Segunda etapa

Esta fase é onde o operador passa a maior parte do tempo trabalhando no programa, pois representa a fase de introdução e alteração dos dados. Nela é possível a introdução de dados dos histogramas de frequência bem como das características dos elementos como do seu custo.

Apresenta-se então uma área inicial contendo várias informações, as quais devem ser preenchidas, de acordo com o exemplo hipotético da Figura 3.4, dentre elas:

- 1) O nome do elemento, ou seja, o elemento fonte de manutenção (EFM) que se pretende analisar. No caso deste trabalho foi adotado o revestimento externo e/ou pintura, a depender dos dados coletados;
- 2) Número de classes do histograma do tempo médio de intervenção, isto é, o número total de grupos que foram analisados;

- 3) Definição do histograma de tempo médio de intervenção (TMI): será representado pela duração prevista do evento (marca) e da frequência prevista de cada duração. Nesta pesquisa a marca será representada pelo grupo de idades formadas a partir da diferença cronológica entre o habite-se e o ano da primeira intervenção na fachada da edificação. O programa enumera automaticamente a marca caso a primeira seja editada, bem como calcula a frequência da última marca, onde a totalidade deve ser de 100%;
- 4) O número de classes do histograma de preço o qual será formado pela quantidade de preços que serão utilizados como parâmetro para a simulação;
- 5) A definição do histograma de preço, indicando o valor associado a cada elemento, ou seja, quanto custa a intervenção a ser efetuada em cada elemento estudado. Quando for trabalhado a simulação de prazo, ao invés do custo, adota-se apenas 01 classe de valor numérico “um” e frequência de 100%;
- 6) Possibilidade de adotar uma taxa de juros corrigindo os valores para o tempo presente;
- 7) A margem de incerteza serve para parar a simulação do elemento, evitando que as interações só terminem quando o número máximo de ciclos for ultrapassado.

Elemento 1/1

Seleção do Histograma

Nome do Elemento
fachada

Recalcular Elemento

Substituir para probabilidade $\geq a$
0,00 %

Parar quando a incerteza for inferior a
1,00 %

Histograma de TM: de Classes: 3

Marca	Frequência
3	20
5	30
7	50

Histograma de Preço: de Classes: 1

Marca	Frequência
1	100

Taxa de Juro = 0 + 0 *ano + 0 *ano²

Quadro Inicial Iniciar Calculos Quadro de Resultados

Figura 3.4 - Entrada de dados de cada EFM.
Fonte: O Autor (Adaptado do *software* “simula v 4.4”).

O programa auxilia o operador a preencher os dados, evitando que este insira dados incorretos, como por exemplo escrever letras onde se espera uma entrada numérica, podendo também copiar os dados de um elemento para outro, modificando apenas alguns dos dados. Além disso, tem a opção de retornar à primeira etapa e redefinir os dados básicos do programa.

Nesta etapa, o utilizador pode dar início ao cálculo propriamente dito, escolhendo a opção “Iniciar Cálculos”. Antes de passar aos cálculos propriamente ditos, o programa fez uma última verificação dos dados a procura de algum erro, ou simples falta de algum dado. Caso fosse detectada a ausência de um certo dado, o programa não iniciou o processo de cálculo, exibindo uma mensagem explicativa, a qual esclarece a falha.

Caso não acuse nada irregular, o *software* deu prosseguimento aos cálculos, passando para a etapa seguinte.

3.3.3. Terceira etapa

Nesta etapa, inicia-se um conjunto de cálculos a cargo da rotina de simulação, gerando um quadro onde vão aparecendo as curvas de densidade de probabilidade ao longo da vida útil de cada elemento, como pode ser visualizado no exemplo da Figura 3.5.

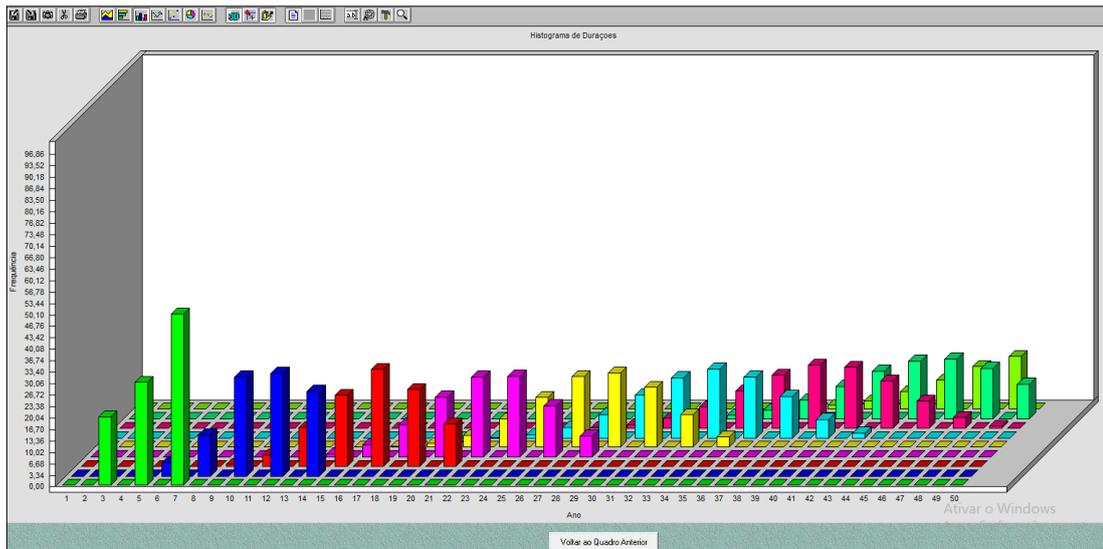


Figura 3.5 - Histograma de probabilidade de substituições para o EFM.
Fonte: O Autor (Adaptado do *software* “simula v 4.4”).

O gráfico e a tabela vão sendo atualizados à medida que os elementos vão sendo calculados. O fato do gráfico mostrar dados da simulação anterior, antes de ser atualizado, não tem qualquer interferência nos resultados do programa.

Além disso, no final do quadro de resultados (deslizando o cursor para a direita até o final), encontram-se dados como o preço mínimo e o máximo para controle da dispersão do programa, e o preço médio esperado bem como a variância associada à essa dispersão de preços, conforme exemplo da Figura 3.6.

41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	Preço Min.	Preço Med.	Preço Max.	Variância
20,358	16,008	18,963	17,82	16,575	19,716	16,128	19,305	17,225	17,672	7	8,556533	13	0,8853872
20,358	16,008	18,963	17,82	16,575	19,716	16,128	19,305	17,225	17,672	7	8,556533	13	Total

Figura 3.6 - Número de intervenções ao longo de 50 anos.

Fonte: O Autor (Adaptado do *software* “simula v 4.4”).

O “preço” indicado na Figura 3.6 pode representar o preço propriamente dito indicando o custo de reparo do EFM simulado, como também pode resultar na quantidade de intervenções necessárias para o elemento da edificação outrora especificado. Isso se deu conforme desejado na segunda etapa, seja através de histograma de preço baseado em custo ou em prazo.

Os preços dos insumos e os custos de composição de serviços pelo Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI) são coletados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), com diferenciação de valores entre os Estados da Federação. Desta forma, o IBGE realiza o tratamento dos dados e a formação dos índices, e os disponibiliza para a Caixa. Esta por sua vez realiza a especificação de insumos, composições de serviços e orçamentos de referência.

Baseado nessa sequência, os resultados poderão ser interpretados, de acordo com o que foi proposto no programa.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Descrição da amostra da pesquisa

A partir da coleta de dados, através de uma análise estatística descritiva, foi possível chegar a um total de 40 edificações que passaram por intervenção na fachada em virtude de manifestações patológicas no revestimento cerâmico, preenchendo todos os requisitos pré-estabelecidos no formulário proposto no processo metodológico do trabalho. Como a quantidade de edifícios coletados com problemas de pintura foi insignificante (apenas 3 casos) perante os 40 edifícios em cerâmica, eles foram descartados por não apresentarem uma quantidade numérica representativa.

Como a Norma de Desempenho NBR 15575 (ABNT, 2013) preconiza um período mínimo de duração na fachada de 20 anos para revestimento aderido ou não, optou-se em selecionar as edificações que foram entregues com até 20 anos, ou seja, entre os anos 2000 a 2019. Esses dados podem ser mais bem observados na Figura 4.1, onde mostra-se a quantidade de edifícios por ano de entrega, segundo resultado obtido no formulário proposto pelo método do estudo.



Figura 4.1 - Quantidade de edifícios com intervenção na fachada por ano de entrega.
Fonte: O autor.

Conforme a Figura 4.1, pode-se observar que na primeira década (2000-2009) da amostra, o número de edifícios entregues foi de 14 unidades ou 35% do total. Já na década seguinte (2010-2019), foram totalizados 26 edifícios, o que equivale a 65% da amostra.

O ano de 2012 destaca-se dentre os demais pois no mesmo foram entregues 10 edificações, representando 25% do total. Além disso, quando estende-se até o ano de 2016, a representatividade deste período passa a ser de 57,50%, isto é, mais da metade do total coletado no estudo. Logo, em virtude do período auge da construção civil ocorrido no Brasil, caracterizado por uma grande quantidade de lançamentos imobiliários entre os anos de 2009 a 2011, as entregas ocorreram justamente nesse período (2012 a 2016). Por outro lado, quando se avalia o ano em que foi realizada a intervenção na fachada das edificações estudadas, encontram-se os dados da Figura 4.2.

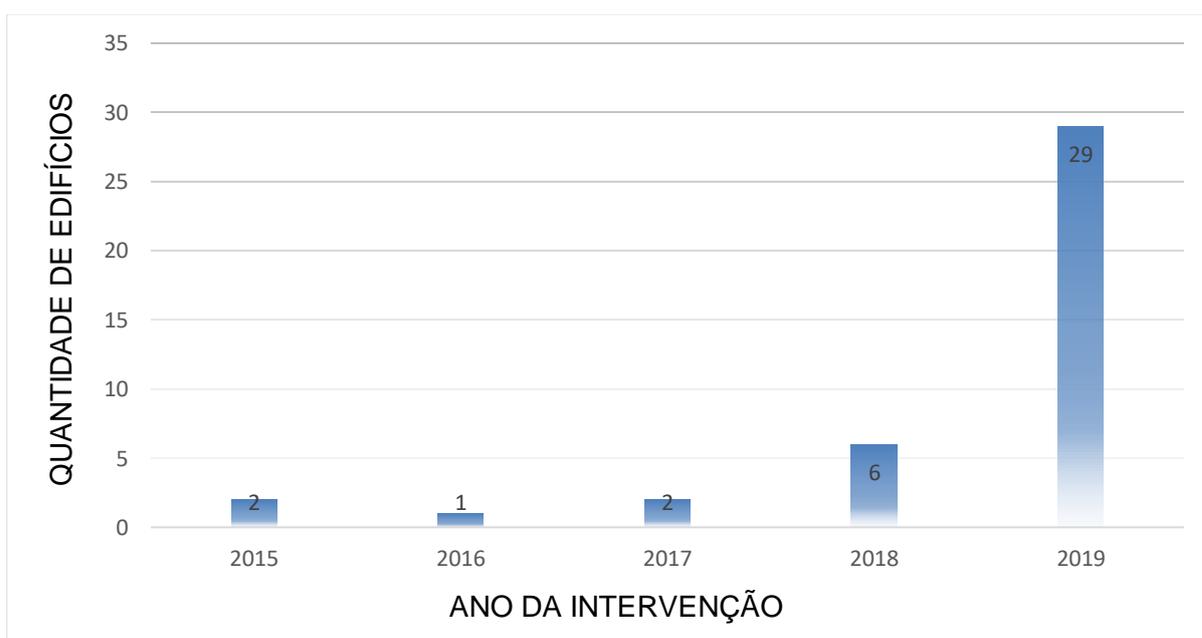


Figura 4.2 - Quantidade de edifícios por ano de entrega.
Fonte: O autor.

Entre os anos de 2015 e 2017 as intervenções se deram de forma estável e crescente de 2018 a 2019, segundo dados levantados na empresa de grande representatividade no setor de revitalização de fachadas na cidade de Belém do Pará. Tal ocorrência pode ser justificada pela crise econômica que assolou o país fortemente em 2016 e 2017, não permitindo que novos contratos de revitalização de

fachadas fossem fechados.

Ademais, observa-se que os edifícios necessitados de reparo são justamente os que foram entregues em decorrência do “boom” imobiliário (2012 a 2016). Deste modo, quando se faz uma subtração entre o ano da intervenção e o ano da entrega do edifício, é possível montar vários grupos de prédios com a mesma idade, ou seja, mesmo tempo de intervenção após a entrega, conforme demonstrado na Figura 4.3.

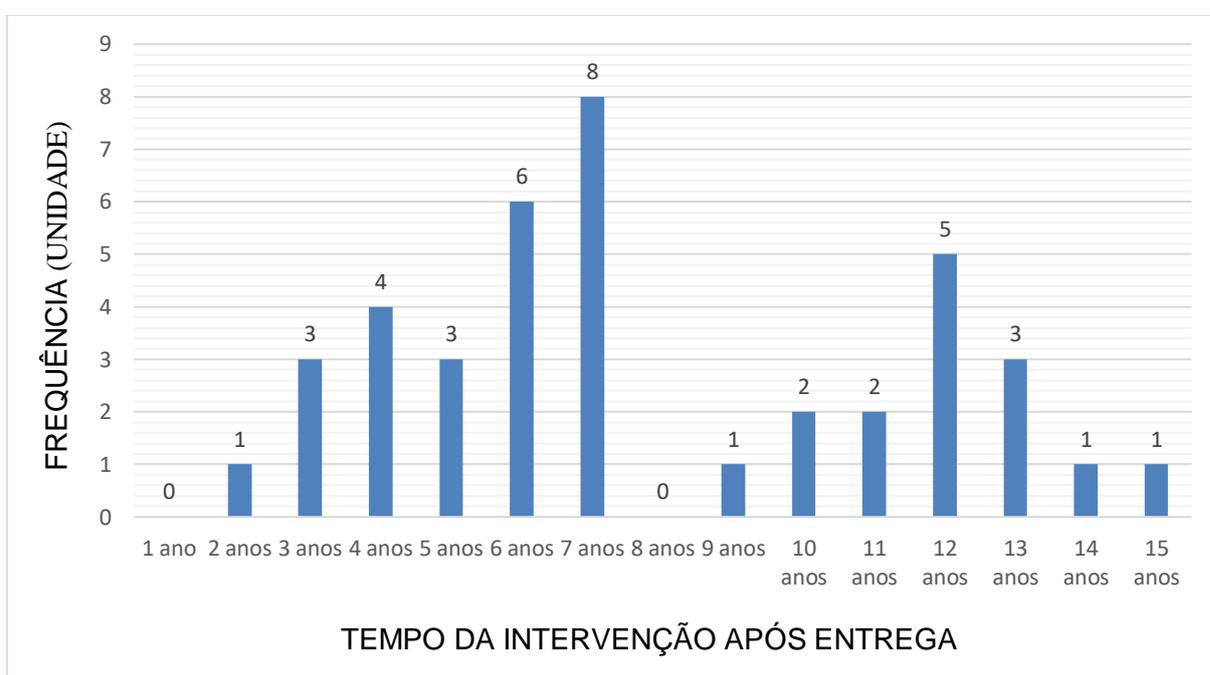


Figura 4.3 – Tempo da intervenção após entrega.
Fonte: O autor.

De acordo com a Figura 4.3, observa-se que o período de 1 a 7 anos corresponde a maior parcela dos edifícios analisados. São 25 ou 62,50% da amostra, isto é, prédios que apresentaram intervenção nas suas fachadas no mesmo ano em que foram entregues ou até 7 anos depois. Por outro lado, o período de 8 a 15 anos totaliza 15 edifícios ou 37,50% do total.

Além disso, ao cruzar os dados, identifica-se que o período em que houve a maior entrega de edifícios (2012 a 2016) corresponde justamente aos prédios que passaram pelo maior número de intervenções, evidenciando que com o “boom” da construção civil, houve um maior comprometimento na execução das fachadas, talvez em decorrência da carência de mão de obra especializada, por negligência de

construtores e engenheiros, ou devido à necessidade de cumprimento do prazo de entrega da obra.

De posse dessas informações, pode-se realizar uma simulação objetivando encontrar o número de intervenções que essas edificações necessitarão ao longo de 50 anos, bem como os preços mínimo, médio e máximo para custo de manutenção. Para tal fim foi utilizado o *software* “simula v 4.4”, como detalhado a seguir.

4.2. Simulação do prazo de intervenção nas fachadas

Visando analisar o prazo quando as fachadas precisarão passar por uma intervenção técnica, optou-se pelo *software* “simula v 4.4”. Com os dados oriundos da pesquisa, alimentou-se o programa, de modo a fazer uma prospecção da quantidade de manutenções que serão necessárias ao longo de 50 anos, de acordo com o ciclo máximo permitido pelo mesmo.

De uma maneira didática, optou-se por dividir o resultado da amostra em dois grupos de acordo com a diferença cronológica entre o ano da intervenção e o habite-se. Assim sendo, o Grupo I contemplou as edificações com até 7 anos de reparo, e o grupo II pelas compreendidas entre 8 até 15 anos, conforme demonstrado nos itens a seguir.

4.2.1. Grupo I

Este grupo é formado pelos edifícios que necessitaram de intervenção nas suas fachadas no período de 1 a 7 anos após suas entregas, totalizando 25 prédios. Logo na entrada do programa, cabe ao operador indicar as variáveis pedidas, como:

- 1) o número de anos máximo que se pretende avaliar, que no caso do estudo será de 50 anos;
- 2) o número de elementos, ou seja, o elemento fonte de manutenção (EFM) que será analisado, o qual na pesquisa corresponde a fachada, ou seja, 01 EFM;
- 3) por fim, o número máximo de interações ou ciclos, isto é, um milhão de acordo com o máximo permitido pelo *software*.

Assim sendo, pode-se analisar a Figura 4.4, de acordo com o que foi descrito anteriormente.



Figura 4.4 - Entrada dos dados do Grupo I no programa.
Fonte: O autor (adaptado do *software* “simula v 4.4”).

Na segunda etapa, denominada seleção do histograma, é definido o nome do elemento fonte de manutenção, que no trabalho em questão foi a fachada. A partir daí, parte-se para o preenchimento do tempo médio de intervenção (TMI), o qual nesta etapa possui o total de 07 classes.

Essas classes são justamente os sete primeiros anos da diferença cronológica entre o ano da intervenção e o habite-se. Sendo assim, o ano 01 não possui nenhum edifício catalogado, como demonstrado na Figura 5.3, logo sua frequência é de 0%. Já o ano 02 possui 01 edificação, o que corresponde a 4% do total desta amostra, a qual é de 25 prédios. Da mesma forma foram sendo preenchidos os demais anos, totalizando uma frequência de 100%.

Com relação ao histograma de preço, foi definido a princípio uma única classe com 100% de frequência, com o objetivo de se obter a quantidade de manutenções necessárias para esse grupo de edificações ao longo de 50 anos. Esta etapa pode ser melhor visualizada na Figura 4.5.

Elemento 1/1

Seleção do Histograma

Nome do Elemento: fachada

Recalcular Elemento

Substituir para probabilidade $\geq a$

0,00 %

Parar quando a incerteza for inferior a

1,00 %

Histograma de TM N. de Classes: 7

Marca	Frequência
1	0
2	4
3	12
4	16
5	12
6	24
7	32

Histograma de Preço N. de Classes: 1

Marca	Frequência
1	100

Taxa de Juro = 0 + 0 *ano + 0 *ano²

Quadro Inicial Iniciar Calculos Quadro de Resultados

Figura 4.5 - Entrada dos dados do EFM no programa.
 Fonte: O autor (adaptado do *software* “simula v 4.4”).

A partir do preenchimento desses dados, ao clicar no botão “iniciar cálculos”, os resultados foram gerados, tendo-se ainda a opção de voltar ao quadro inicial da primeira etapa, caso o programa acuse algo que foi inserido inadequadamente.

O primeiro dado gerado pelo *software* condiz a um gráfico que demonstra o histograma de probabilidade de substituições para o EFM, ou seja, a situação inicial das 07 classes em relação ao tempo médio de intervenção, e depois como elas tendem a se comportar ao longo dos 50 anos de análise, de acordo com a Figura 4.6.

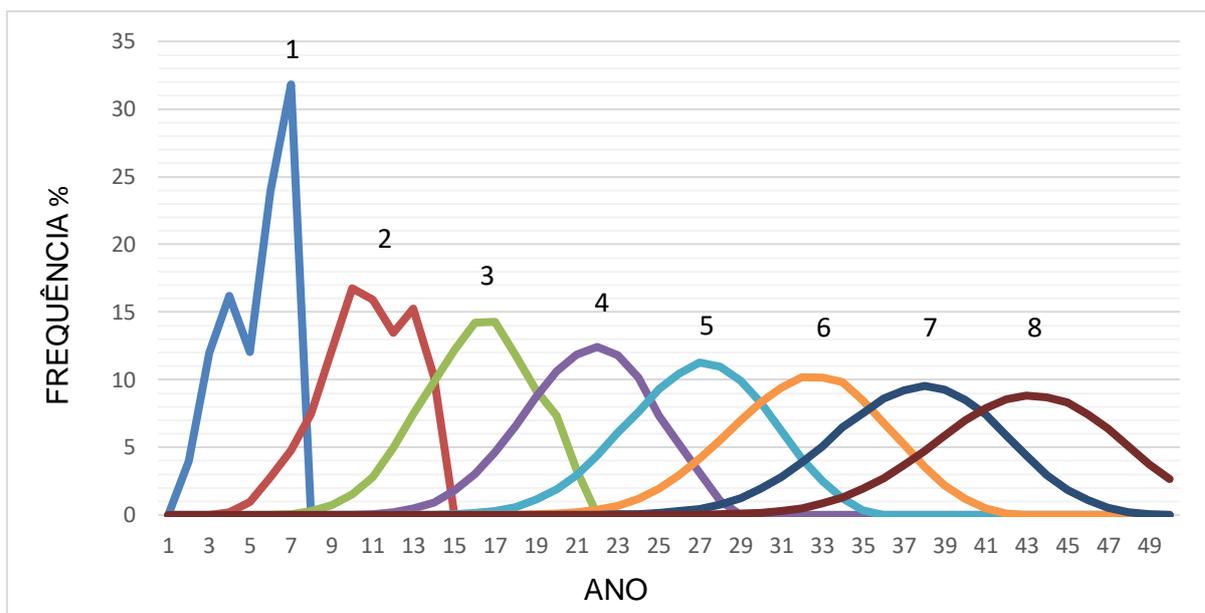


Figura 4.6 – Histograma de probabilidade de substituições para o EFM do Grupo I.
Fonte: O autor (adaptado do *software* “simula v 4.4”).

Cada curva do histograma representa uma das 08 substituições que ocorrerão ao longo dos 50 anos, a se considerar o número médio, vide Tabela 4.1. Outro aspecto a destacar tem a ver com a possibilidade de se observar o comportamento dos histogramas de frequência da taxa de falhas após a primeira substituição (1-7 anos). Ocorre uma profunda descaracterização da curva inicial que se dilui com o tempo, intercruzando probabilidades entre as intervenções seguintes.

Além disso, pode-se perceber como as várias substituições do elemento em análise se apresentam com o tempo, e numa certa data determina-se a frequência atribuída a cada substituição, a ser representada pelo pico de cada curva. Portanto, a partir da quarta substituição (curva “4”), os edifícios em análise tendem a se comportar de forma mais equilibrada, formando curvas como a de Gauss (em forma de sino), caracterizado por um gráfico de distribuição normal de um determinado conjunto de dados e representa uma função que possui propriedades peculiares.

Além do comportamento demonstrado na Figura 4.6, o programa mostra com precisão a quantidade de intervenções necessárias para este grupo de edifícios, seja o número mínimo, o médio e o máximo, conforme a Tabela 4.1.

Tabela 4.1 – Número de intervenções ao longo de 50 anos para o Grupo I.
 Fonte: O autor (adaptado do *software* “simula v 4.4”).

EFM	Nº MÍNIMO	Nº MÉDIO	Nº MÁXIMO
Fachada	7,0	8,96	14,0

Analisando a Tabela 4.1, constata-se que o número mínimo de intervenção para esse grupo é de 7,0, o máximo de 14,0 e o médio de 8,96, isto é, as edificações presentes neste grupo necessitam na média de aproximadamente 09 intervenções ao longo de 50 anos para que seja mantido o nível de serviço de projeto dessas fachadas.

A partir dos resultados divulgados na Tabela 4.1, é possível calcular o tempo de intervenção no elemento fonte de manutenção; neste caso, o revestimento cerâmico de fachada, seja ele mínimo, médio e máximo. Para isso, basta dividir o máximo de ciclos (50 anos) pelo número de intervenções conforme identificados na Tabela 4.1. Desta forma, encontram-se os seguintes resultados, como pode-se visualizar na Tabela 4.2.

Tabela 4.2 – Tempo de intervenção para o Grupo I.
 Fonte: O autor (adaptado do *software* “simula v 4.4”).

EFM	TEMPO MÍNIMO	TEMPO MÉDIO	TEMPO MÁXIMO
Fachada	3,57 anos	5,58 anos	7,14 anos

De acordo com a Tabela 4.2, conclui-se que para esse grupo de edificações precisa-se em média de 5,58 anos para realizar uma intervenção de reparo na fachada, isto é, praticamente $\frac{1}{4}$ do tempo mínimo exigido pela Norma de Desempenho NBR 15575 (ABNT, 2013), que é de 20 anos.

Além disso, é possível determinar a porcentagem de duração do revestimento cerâmico no Grupo I, realizando-se uma divisão entre o tempo de intervenção (Tabela 4.2) e a durabilidade prevista em norma (20 anos). Os resultados podem ser visualizados na Tabela 4.3.

Tabela 4.3 – Porcentagem de duração para o Grupo I.
 Fonte: O autor (adaptado do *software “simula v 4.4”*).

EFM	MÍNIMA	MÉDIA	MÁXIMA
Fachada	17,85%	27,90%	35,70%

Logo, a partir da Tabela 4.3, entende-se que as fachadas dos prédios do grupo I na média praticamente atingem 28% da vida útil de projeto determinado pela Norma NBR 15575 (ABNT, 2013). Portanto, este fato demonstra que o Grupo I não se enquadra no requisito mínimo de desempenho quanto à durabilidade para seu EFM. Na sequência será apresentada a simulação para o 2º grupo de edificações.

4.2.2. Grupo II

Faz parte deste grupo as edificações que tiveram intervenção nas suas fachadas no período de 8 a 15 anos após a sua entrega, correspondendo a um total de 15 prédios. Da mesma forma como no Grupo I, será preenchido na primeira etapa do “simula”: o número de anos (50); o número de elementos (01); e o número de ciclos (1000000), de acordo com a Figura 4.7.



Figura 4.7 - Entrada dos dados do Grupo II no programa.
 Fonte: O autor (adaptado do *software “simula v 4.4”*).

Ao clicar na tecla “prosseguir”, segue-se para a segunda etapa, onde nesta será identificado o EFM (fachada), bem como o preenchimento do histograma de TMI e do histograma de preço. O Grupo II é caracterizado por um total de 08 classes, que no caso são os valores numéricos de 8 a 15 anos.

Nesta amostra, com relação ao tempo médio de intervenção, a marca de 08 anos não possui nenhuma edificação, como divulgado na Figura 4.3, portanto sua frequência será de 0%. Já na marca de 09 anos foi contabilizado 01 prédio, o que equivale a 6,67% do total de 15 edifícios deste grupo. Da mesma forma foram preenchidas todas as outras marcas até o 15º ano e suas frequências equivalentes, de acordo como mostrado na Figura 4.8.

Elemento 1/1

Seleção do Histograma

Nome do Elemento: fachada

Recalcular Elemento

Substituir para probabilidade \geq a

0,00 %

Parar quando a incerteza for inferior a

1,00 %

Histograma de TMI: de Classes: 8

Marca	Frequência
8	0
9	6.67
10	13.33
11	13.33
12	33.33
13	20
14	6.67
15	6.67

Histograma de Preço: de Classes: 1

Marca	Frequência
1	100

Taxa de Juro = 0 + 0 *ano + 0 *ano²

Quadro Inicial Iniciar Calculos Quadro de Resultados

Figura 4.8 - Entrada dos dados do EFM fachada.
Fonte: O autor (adaptado do software “simula v 4.4”).

No histograma de preço bastou inserir a marca 01 e a frequência de 100%, pois a princípio está se avaliando a quantidade de intervenções necessárias ao longo de 50 anos, e não o preço das mesmas propriamente dito. Ao clicar no botão “iniciar cálculos” os resultados são gerados, como mostra-se na Figura 4.9.

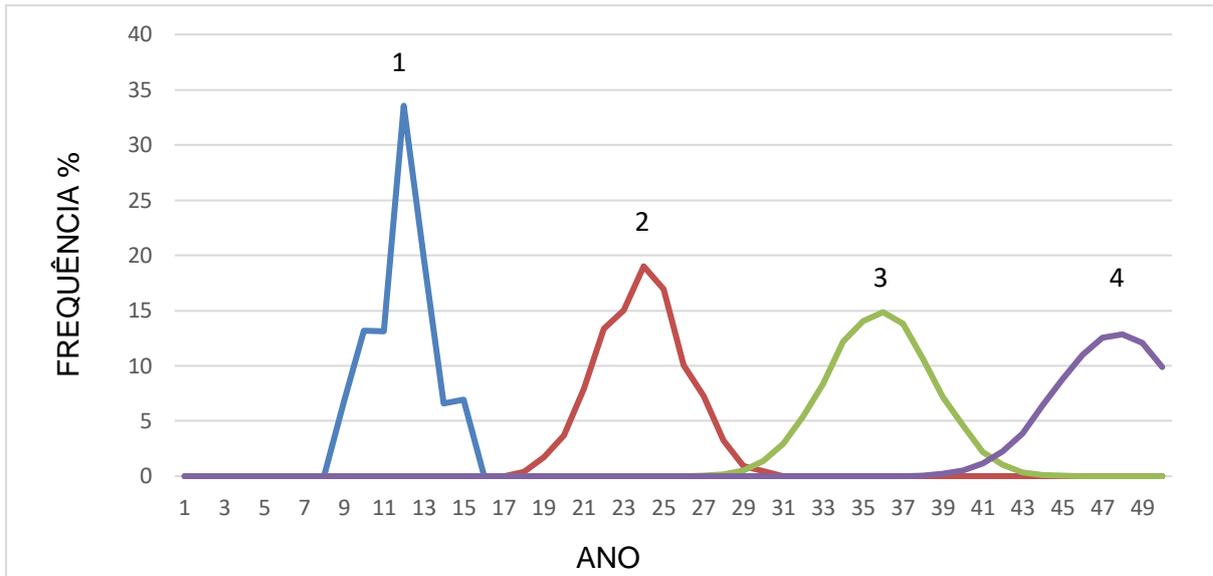


Figura 4.9 – Histograma de probabilidade de substituições para o EFM do Grupo II.
Fonte: O autor (adaptado do *software* “simula v 4.4”).

Assim como relatado no Grupo I, observa-se na Figura 4.9 o comportamento das quase 04 curvas de substituição (Tabela 4.4), e como suas falhas vão se diluindo ao longo do tempo. Percebe-se que a partir da terceira substituição (curva “3”) as intervenções se caracterizam de forma mais homogênea, com formato sinuoso, assim como as curvas de Gauss, até completarem os 50 anos do ciclo.

No que diz respeito ao número de intervenções, o programa gerou os seguintes resultados, como pode ser visualizado na tabela 4.4.

Tabela 4.4 – Número de intervenções ao longo de 50 anos para o Grupo II.
Fonte: O autor (adaptado do *software* “simula v 4.4”).

EFM	Nº MÍNIMO	Nº MÉDIO	Nº MÁXIMO
Fachada	3,0	3,8	5,0

Com os dados gerados, pode-se observar que para o Grupo II o número mínimo de intervenção nas fachadas é 3,0, o médio 3,82, e o máximo de 5,0. Logo, este grupo necessita na média do equivalente a 04 intervenções ao longo de 50 anos a fim de manter a funcionalidade de suas fachadas.

Com os resultados da Tabela 4.4, pôde-se, da mesma forma como no Grupo I, calcular o tempo de intervenção para este revestimento cerâmico de fachada, tanto mínimo, como médio e máximo. Para tanto, dividiu-se o ciclo máximo (50 anos) pelo

número de intervenções, como demonstrado na Tabela 4.1. Os resultados podem ser observados na Tabela 4.5.

Tabela 4.5 – Tempo de intervenção para o Grupo II.
Fonte: O autor (adaptado do *software* “simula v 4.4”).

EFM	TEMPO MÍNIMO	TEMPO MÉDIO	TEMPO MÁXIMO
Fachada	10,0 anos	13,09 anos	16,67 anos

Afirma-se, segundo a Tabela 4.5, que os prédios pertencentes ao Grupo II necessitam na média em torno de 13,0 anos para realizar uma intervenção de reparo na fachada, ou seja, valor ainda abaixo do que preconiza a Norma NBR 15575 (ABNT, 2013), porém é mais que o dobro do valor encontrado para o Grupo I, que foi de 5,58 anos.

Fazendo uso dos resultados da Tabela 4.5, determina-se a porcentagem de duração do revestimento cerâmico para o Grupo II, assim como no Grupo I, bastando-se dividir o tempo de intervenção pela durabilidade mínima prevista em norma, que é de 20 anos. Na Tabela 4.6 encontram-se os resultados desta equação.

Tabela 4.6 – Porcentagem de duração para o Grupo II.
Fonte: O autor (adaptado do *software* “simula v 4.4”).

EFM	MÍNIMA	MÉDIA	MÁXIMA
Fachada	50,0%	65,45%	83,35%

Contudo, pelos dados da Tabela 4.6, fica evidente que as fachadas dos edifícios do Grupo II alcançaram quase 85% da vida útil determinado em norma. Logo, este fato demonstra que o Grupo II também não se encaixa dentro do mínimo estipulado pela Norma de desempenho, porém fica bem próximo de alcançar, bem diferente do comportamento encontrado nas edificações do Grupo I.

Há de levar em consideração que se faz referência pelo menos ao tempo mínimo de 20 anos, o qual não foi alcançado por nenhum dos dois grupos. Portanto, estão além do tempo médio (25 anos) bem como do tempo máximo (30 anos), todos eles estabelecidos pela Norma de Desempenho NBR 15575 (ABNT, 2013).

Sendo assim, fica evidente que no Grupo II as edificações nele presentes irão necessitar de uma menor quantidade de intervenções de reparo em suas fachadas ao longo de 50 anos, em virtude da forma como tem se comportado nos seus primeiros anos de vida, situação esta bem distinta da encontrada no Grupo I. Tal situação reflete várias hipóteses: o modo como as fachadas dessas edificações foram executadas, o rejuntamento realizado a contento, o tipo de material cerâmico empregado, a argamassa colante corretamente especificada, entre outros.

Além disso, o Grupo II, que contempla os edifícios mais antigos da amostra, é o que segundo o *software* necessitará de uma menor quantidade de intervenções, demonstrando um melhor trabalho de assentamento de pastilhas e tudo que envolve a montagem da fachada. Por outro lado, o Grupo I, formado pelos prédios mais novos, é o que irá precisar de um maior número de intervenções nas suas fachadas ao longo dos 50 anos, de acordo com o “simula v 4.4”.

Esse resultado deixa explícito o quão falho foi o período auge da construção civil na cidade de Belém do Pará, no que diz respeito à execução de fachadas, pois os prédios entregues mais recentemente são justamente os que apresentaram necessidade de reparo nas fachadas mais precoce, deixando claro que houve fatores que interferiram na montagem dessas fachadas à época de suas execuções.

Pode-se enumerar algumas particularidades que possam ter contribuído para o fato em questão, a saber:

1) Ausência de projeto de fachada.

Na sua dissertação de mestrado, Vedovello (2012) avaliou a gestão de projetos de fachada propondo recomendações em todas as etapas de desenvolvimento do processo de projeto de fachada para prédios comerciais de múltiplos pavimentos ou edificações que adotem sistemas de fachadas semelhantes.

A autora percebeu que o mercado da construção civil faz a gestão dos projetos de fachada de forma despreziosa, justamente um dos subsistemas de custo mais significativo e que se encontra no caminho crítico da obra, além de agregar grande valor ao produto final. Em virtude disso, o trabalho referenciado aponta as atividades e responsabilidades de cada um dos agentes envolvidos no desenvolvimento da fachada, desde a concepção do produto, as fases do projeto até as etapas de produção propriamente ditas.

2) Material mal especificado, não levando em consideração custo, clima e durabilidade.

Alchapar et al. (2012) estudaram a influência do envelhecimento dos materiais no seu desempenho térmico, em especial os revestimentos texturizados para fachadas. Com isso, concluíram que ao selecionar um revestimento de fachada de acordo com sua resistência ao envelhecimento conforme sua composição, recomenda-se a escolha de materiais cimentícios, uma vez que 98% deles mostraram estabilidade ou crescimento em suas habilidades de diminuir a temperatura da superfície. Em contrapartida, os materiais de composição acrílica atingiram 65% de frequência.

3) Mão de obra desqualificada e mal orientada.

A partir da identificação de processos patológicos mais frequentes em fachadas e telhados na Espanha utilizando o método Delphi, Ortega et al. (2015) afirmam o quão importante é fortalecer o treinamento recebido por profissionais do setor da construção civil no campo da patologia, como lesões frequentes, sintomas, prevenção e reparo.

Para isso, os autores recomendam: adaptar os procedimentos de controle no local a fim de detectar os danos mais comuns; estabelecer procedimentos de inspeção regular que contemplem a identificação e caracterização dos danos, aprofundando o treinamento dos técnicos responsáveis pelo reconhecimento dos sintomas, causas e reparos; produzir regulamentos e guias de suporte para manutenção e durabilidade dos edifícios, evitando o aparecimento das patologias.

4) Assentamento mal executado e uso incorreto da argamassa colante.

Pacheco e Vieira (2017) observaram que o assentamento do revestimento cerâmico realizado de forma inadequada pode gerar três tipos de deslocamento cerâmico: descolamento entre a cerâmica e a argamassa de assentamento; descolamento entre material de assentamento e o reboco; e o revestimento que apresenta som cavo ao teste de percussão.

Os autores constataram que de um grupo de três edificações, um destacou-se entre os demais com maior incidência de problema na interface assentamento/reboco, com 92% do total, provavelmente ocasionado por resquícios

de tinta no reboco proveniente do revestimento antigo. Por outro lado, outro prédio apresentou falha de aderência entre a argamassa e a cerâmica, pois algumas placas possuíam cordões de argamassa visíveis, indicando erro no preenchimento do tardo.

5) Rejuntamento mal executado com penetração de água da chuva causando umidade.

Através de um estudo sobre a estimativa de degradação de fachadas com revestimento cerâmico, Bauer et al. (2015) constataram que a partir da análise de 90 fachadas com presença de manifestações patológicas no revestimento cerâmico, as falhas no rejunte foram a segunda degradação mais identificada.

O fator de dano (FD) do rejuntamento inadequado só foi menor que o descolamento cerâmico. Além disso, observou-se que este índice de medição foi maior nos prédios com mais de 10 anos do que com idades inferiores a esta. Entretanto, a análise mostrou que nas fachadas mais jovens o envelhecimento precoce pode se tornar crítico caso não se efetuem atividades de manutenção.

Todos esses problemas vão incidir sobre o responsável pela obra, no caso a construtora, a qual deverá arcar com todos os custos para realizar os devidos reparos. Mas, além disso, existe outros problemas além do financeiro. Essas situações geralmente provocam desavenças entre ambas as partes (construtora e clientes), interferindo na imagem da empresa perante o mercado imobiliário, e muitas vezes terminam na justiça.

Fora a recomposição da fachada, em algumas situações ocorre infiltração para o interior da edificação, desqualificando a pintura interna, gerando mofo, danificando móveis, tornando-se um problema crítico. Isto irá acirrar ainda mais a relação entre a construtora e o dono do imóvel, dificultando a captação de novos clientes por parte da empresa em virtude de propagandas negativas.

Além da possibilidade de simular prazo de intervenção, com o programa “simula” também foi possível realizar uma análise dos custos de intervenção nas fachadas das edificações, conforme será analisado no transcorrer desta pesquisa.

4.3. Simulação do custo de intervenção nas fachadas

Com o objetivo de fazer uma análise do custo de reparo dessas fachadas ao longo do ciclo de 50 anos, foi realizada uma nova simulação no *software* a fim de

gerar os resultados esperados. Para tanto, a princípio foi feito um levantamento junto ao Sistema Nacional de Preços e Índices para a Construção Civil (SINAPI), mantido pela Caixa Econômica Federal (CEF) e pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

Como não foi possível apurar o custo da intervenção por m² junto a empresa onde foi aplicado o formulário, optou-se pelo SINAPI, como uma forma de balizar tal valor. Para tanto, utilizou-se como parâmetro a tabela de insumos e composições não desonerados do SINAPI para o Estado do Pará, referência 10/2019, conforme disponibilizado no anexo A.

Entretanto, como o item “revestimento cerâmico” do SINAPI para o local do estudo está onerado acima do praticado pelas construtoras de Belém, talvez por adotar um tipo de revestimento de porcelana de alto custo, bem como englobar pastilhas de piscina, as quais são notoriamente mais caras, então optou-se por fazer uma cotação junto ao mercado local.

Desta forma, além dos itens elencados pelo SINAPI, partiu-se da idéia de montar uma composição própria para a realidade local, abrangendo outros serviços que norteiam a execução de reparo de uma fachada, com o intuito de tornar mais fidedigna a pesquisa. Sendo assim, através da Tabela 4.7, pode-se analisar a composição aplicada nesta etapa.

Tabela 4.7 - Preço unitário e composição do revestimento aderido de fachada.
Fonte: O autor.

FONTE	SERVIÇO	COMPOSIÇÃO	PREÇO (R\$/m ²)
87899 (SINAPI)	Chapisco	Material e mão de obra*	7,39
87784 (SINAPI)	Emboço	Equipamento, material, mão de obra*, outros	61,87
Cotação	Revestimento cerâmico	Material e mão de obra*	100,00
Cotação	Andaime fachadeiro	Material e mão de obra*	7,00
97062 (SINAPI)	Tela de proteção	Material e mão de obra*	5,03
Cotação	Retirada de entulho	Material e mão de obra*	2,50
Cotação	Limpeza final	Material e mão de obra*	5,00
	TOTAL		188,79

*mão de obra com encargos trabalhistas.

Conforme demonstra a Tabela 4.7, observa-se que a composição do serviço de assentamento do revestimento aderido de fachada é composto pelo chapisco ao preço de R\$ 7,39 o m², contendo material e mão de obra. Além disso, soma-se o emboço incluindo equipamento, material e mão de obra ao custo de R\$ 61,87/m², de acordo com o SINAPI.

Como mencionado anteriormente, no item “revestimento cerâmico” cotou-se o valor de R\$ 100,00/m² para realização do serviço, abrangendo material e mão de obra (pastilha, argamassa, rejuntamento, adicional de altura devido fator de periculosidade). No entanto, está abaixo do preconizado pela tabela SINAPI que é de R\$ 214,65 (m²).

No que diz respeito ao andaime fachadeiro, foi cotado o custo de R\$ 7,00/m² (material e mão de obra). Para a tela de proteção, segundo o SINAPI, o serviço sai por R\$ 5,03 por m², incluindo material e mão de obra.

Quanto à retirada de entulho, a cotação ficou em R\$ 100,00/m³. Não há como transformar volume (m³) em área (m²). Porém, quanto ao custo do serviço, é possível determinar um valor definindo uma dimensão da altura da pastilha de revestimento, criando assim um índice de conversão. Como a Norma NBR 13755 – Revestimento cerâmico de fachada e paredes externas com utilização de argamassa colante (ABNT, 2017) determina que revestimento cerâmico de parede externa deve se enquadrar entre 20 e 30mm, foi adotado a média de 25mm.

Desta forma, chegou-se ao índice multiplicando as três medidas da pastilha (1x1x25) resultado na igualdade de 25mm, o que equivale a 0,025m. Logo, R\$100,00 multiplicado por 0,025 resulta em R\$ 2,50, valor este adotado na composição. Para finalizar, entra o serviço de limpeza geral, cotado para material e mão de obra em R\$ 5,00/m².

Portanto, o total dos itens adotados para a execução de reparo em fachadas ficou avaliado em R\$ 188,79/m². De posse desse valor, foi realizada a simulação no “simula v 4.4”, tanto no Grupo I como no Grupo II, objetivando obter o preço mínimo, médio e o máximo do reparo das fachadas, conforme elucidado a seguir.

4.3.1. Grupo I

Da mesma forma como na simulação de prazo, o passo inicial é preencher os dados de número de anos a ser avaliado (no caso 50); a quantidade de EFM (apenas a fachada); e o número de ciclos ou interações (1 milhão), conforme Figura 4.10.



Figura 4.10 - Entrada dos dados do Grupo I no programa.
Fonte: O autor (adaptado do *software* “simula v 4.4”).

Após clicar no botão “prosseguir”, aparece a etapa de seleção do histograma. Nesta, é designado inicialmente o nome do elemento, que no estudo em questão diz respeito à fachada. A seguir, é definido o histograma do tempo médio de intervenção, que no caso do Grupo I, será um total de 07 classes, corresponde aos sete primeiros anos de histórico de intervenção nessas fachadas, a partir de seus respectivos habite-ses, como adotado na simulação de prazo.

De forma similar como no item 4.2.1, são inseridas as marcas (equivalentes aos anos) e suas respectivas porcentagens dentro do campo amostral deste grupo. Com relação ao histograma de preço, será adotado o valor da composição autoral, no caso R\$ 189,00/m², pois o programa só aceita número inteiro, para uma frequência de 100%, em virtude de só este valor estar servindo de parâmetro, conforme evidenciado na Figura 4.11.

Figura 4.11 - Entrada dos dados do EFM fachada.
 Fonte: O autor (adaptado do *software* “simula v 4.4”).

Após preencher os dados e clicar no ícone “iniciar cálculos”, os resultados foram gerados. Sendo assim, observa-se que o preço mínimo para recuperação da fachada deste grupo de edificações é de R\$ 1.323,00/m². O valor máximo ficou em R\$ 2.646,00/m², e a média em R\$ 1.692,59/m², de acordo com a Tabela 4.8.

Tabela 4.8 - Previsão de custo para manutenção da fachada nos edifícios do Grupo I.
 Fonte: O autor (adaptado do *software* “simula v 4.4”).

EFM	PREÇO MÍNIMO	PREÇO MÉDIO	PREÇO MÁXIMO
Fachada	R\$ 1.323,00	R\$ 1.692,59	R\$ 2.646,00

Isso quer dizer que, levando em consideração a média, o condomínio ou outro agente que controle as despesas do edifício precisa fazer um aporte de capital em torno de R\$ 1.692,59/m² por ano ao longo desses 50 anos, para que possa arcar com os custos de reparo dessas fachadas. Isso equivale a R\$ 80.629,50/m² no final do ciclo. Da mesma forma, foi realizada uma simulação para o Grupo II, como

demonstrado a seguir.

4.3.2. Grupo II

Para este grupo, a etapa inicial é idêntica ao Grupo I, inserindo os dados do número de anos (50), o número de EFM (01), e o número de ciclos possíveis (1000000), de acordo com a Figura 4.12.



Figura 4.12 - Entrada dos dados do Grupo II no programa.
Fonte: O autor (adaptado do *software* “simula v 4.4”).

Após o preenchimento dos dados, clica-se no botão “prosseguir”, seguindo-se para a etapa de seleção do histograma. Nesta, inicialmente o nome do elemento será definido, isto é, a fachada. Para a montagem do histograma, procede-se no mesmo jeito do Grupo I. Coloca-se o número total de classes, que neste grupo são 08, e suas respectivas porcentagens. No preço, o mesmo valor obtido na composição, assim como mostrado na Figura 4.13.

Figura 4.13 - Entrada dos dados do EFM fachada.
Fonte: O autor (adaptado do *software* “simula v 4.4”).

Os dados gerados mostram que para este grupo o preço mínimo de reparo é de R\$ 567,00, o médio R\$ 722,54, e o máximo de R\$ 945,00/m², conforme evidencia-se na Tabela 4.9.

Tabela 4.9 - Previsão de custo para manutenção da fachada nos edifícios do Grupo II.
Fonte: O autor (adaptado do *software* “simula v 4.4”).

EFM	PREÇO MÍNIMO	PREÇO MÉDIO	PREÇO MÁXIMO
Fachada	R\$ 567,00	R\$ 722,54	R\$ 945,00

Portanto, nesta simulação, será necessário fazer uma reserva de capital em média de R\$ 722,54 por m² ao ano para que se possa fazer as manutenções de reparo necessárias para as fachadas deste grupo.

Logo, assim como na simulação de prazo, na simulação de custo o Grupo II também teve um resultado melhor em relação ao Grupo I, haja visto que o valor do reparo por m² ao ano foi menos da metade nas três variáveis analisadas, como pode-se visualizar na Tabela 4.10.

Tabela 4.10 - Comparação do custo anual/m² entre os Grupos I e II.
 Fonte: O autor (adaptado do *software* “simula v 4.4”).

EFM	PREÇO MÍNIMO	PREÇO MÉDIO	PREÇO MÁXIMO
Grupo I	R\$ 1.323,00	R\$ 1.692,59	R\$ 2.646,00
Grupo II	R\$ 567,00	R\$ 722,54	R\$ 945,00

Como o Grupo I necessita de um maior número de intervenções pelo pressuposto dos 50 anos, segundo o “simula”, é natural que o seu custo de reparo deva ser maior que o do Grupo II. Portanto, quanto maior a quantidade de intervenções, maior o valor a ser disponibilizado para que seja necessário realizar os devidos reparos.

Desta forma, levando-se em consideração esses resultados de custo, tanto do Grupo I quanto do Grupo II, pôde-se montar uma tabela estimando o valor total do reparo para diversos empreendimentos, a partir de alguns dados captados no formulário do método de estudo. Entretanto, das quarenta edificações analisadas, 15 (quinze) foram possíveis de se obter a área reparada em m².

Os quinze prédios foram separados de acordo com o grupo no qual se enquadram, e sobre suas áreas reparadas foi realizada uma prospecção do valor da intervenção, utilizando para tal fim os preços mínimo e máximo gerados pela simulação de custo do grupo que pertencem. Além disso, os edifícios foram numerados em algarismos arábicos em ordem crescente com a finalidade de preservar a identidade dos prédios.

Assim sendo, na Tabela 4.11 discrimina-se a quantidade de edifícios, suas referidas áreas de intervenção, bem como os preços mínimo e máximo necessários para a execução do serviço de recuperação da fachada por ano, baseado nos valores obtidos pelo Grupo I (Tabela 4.8), conforme explicado acima.

Tabela 4.11 - Relação dos edifícios, área de reparo e os custos mínimo e máximo com base nos valores obtidos pelo Grupo I.

Fonte: O autor.

EDIFÍCIO	ÁREA REPARADA (m ²)	CUSTO MÍNIMO (R\$)	CUSTO MÁXIMO (R\$)
01	5.276,88	139.626,24	279.252,48
02	6.188,92	163.758,82	327.517,64
03	7.232,80	191.379,88	382.759,77
04	5.703,20	150.906,67	301.813,34
05	5.452,56	144.274,73	288.549,47
06	4.199,30	111.113,47	222.226,95
07	1.600,00	42.336,00	84.672,00
08	1.150,00	30.429,00	60.858,00
09	2.692,34	71.239,31	142.478,63
10	4.865,00	128.727,90	257.455,80
	TOTAL	1.173.792,06	2.347.584,12

A projeção realizada na Tabela 4.11 mostra que o edifício de número 08 por apresentar menor área de reparo, obviamente possui o custo mais baixo de manutenção, isto é, R\$ 30.429,00 no mínimo ao ano, o que equivale a R\$ 2.535,75 de reserva mensal para que possam ser executados os reparos necessários para a funcionalidade desta fachada.

De maneira similar, o prédio de número 03 contempla a maior área de reparo, portanto necessitará de um aporte mais alto de capital para sua manutenção. Neste caso, o valor anual máximo ficou em R\$ 382.759,77, ou R\$ 31.896,64 ao mês, conforme Tabela 4.11.

Da mesma forma, na Tabela 4.12 são relacionados o número dos edifícios, suas áreas reparadas e os preços mínimo e máximo para recuperação da fachada, segundo resultados do Grupo II (Tabela 4.9).

Tabela 4.12 - Relação dos edifícios, área de reparo e os custos mínimo e máximo com base nos valores obtidos pelo Grupo II.

Fonte: O autor.

EDIFÍCIO	ÁREA REPARADA (m ²)	CUSTO MÍNIMO (R\$)	CUSTO MÁXIMO (R\$)
01	5.069,64	57.489,71	95.816,19
02	4.465,00	50.633,10	84.388,50
03	7.822,44	88.706,46	147.844,11
04	2.899,60	32.881,46	54.802,44
05	3.218,00	36.492,12	60.820,20
	TOTAL	266.202,87	443.671,45

Quanto a Tabela 4.12, o prédio “04” apresentou um custo máximo de reparo de R\$ 54.802,44, o equivalente a R\$ 4.566,87 mensais. Dentre os demais da mesma tabela, foi o que obteve menor valor em decorrência da menor área a ser reparada.

Em contrapartida, o edifício de número 03 apresentou o maior valor mínimo necessário à sua manutenção, justamente por possuir a maior área carente de intervenção. Assim sendo, seu custo mensal ficou R\$ 12.320,34, devido valor anual de R\$ 147.844,11. Logo, independente da quantidade de edificações, os resultados gerados pela Tabela 4.11 foram em todas as circunstâncias os mais desfavoráveis, justamente porque os valores aplicados para o cálculo da simulação foram os maiores, ou seja, os custos da simulação do Grupo I.

Portanto, fica evidente que o problema de execução de fachada não se trata de um aspecto isolado, pontual de cada prédio, mas sim de mal um tanto generalizado na atual conjuntura, acometendo várias edificações na cidade de Belém do Pará.

Levando em consideração essa amostra de 15 edifícios, se chega a um montante de aproximadamente 2,5 milhões de reais anuais, na pior situação, necessários apenas para que seja realizado o reparo dessas fachadas. Portanto, imagina se fosse possível obter a área reparada dos 40 prédios catalogados no estudo, o quanto esse valor chegaria.

Contudo, fica claro que livre da quantidade de prédios contabilizados, trata-

se de um valor monetário substancialmente alto, e que alguém deve arcar com esse custo, ou prejuízo, seja a construtora ou incorporadora que executou o serviço, ou os moradores dos prédios afetados, através de seus condomínios. Neste caso, provavelmente irão ocorrer desavenças entre ambas as partes, até que seja determinado o responsável em suprir com todo esse aporte de capital.

5. CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

5.1. Conclusões

Nesta pesquisa foi possível identificar e avaliar a vida útil das fachadas de edificações verticais na cidade de Belém do Pará, para tanto foi utilizado o programa “simula v 4.4”, o qual é baseado no Método de Monte Carlo. Neste sentido, os prédios analisados não conseguiram alcançar o nível mínimo de durabilidade, em conformidade com a norma de desempenho (ABNT, 2013).

Uma das grandes dificuldades impostas pela pesquisa tratava-se da aplicação do formulário para a coleta de dados, pois havia um receio de não conseguir captar um número satisfatório de edificações para compor a amostra, em virtude da necessidade de análise dos dados da empresa de revitalização de fachadas, na qual foram analisados contratos e orçamentos, o que poderia dificultar as ações por se tratar de documentos sigilosos da empresa.

Nesse sentido, foi possível contabilizar 60 edificações com histórico desde a primeira intervenção nas suas fachadas. Como a quantidade de prédios com revestimento de pintura foi insignificante diante do cerâmico, os mesmos foram descartados. No entanto, em virtude da dificuldade de obtenção do habite-se, haja visto que a Secretaria de Urbanismo da cidade alvo do estudo não possui os dados necessários a contento, chegou-se a um total de 40 prédios. Logo, desta forma, considera-se que o processo metodológico da pesquisa está adequado.

A partir dos resultados gerados pelo *software*, observa-se que no Grupo I, composto por edifícios com menor tempo de entrega, faz-se necessário praticamente uma média 09 intervenções ao longo de 50 anos, gerando um tempo médio de intervenção de 5,58 anos. Já no Grupo II, representado pelos prédios mais antigos, é preciso o equivalente a 04 intervenções na média, estabelecendo 13 anos para o tempo médio de intervenção.

Desta forma, fica evidente que ambos os grupos de edificações não atingiram o prazo mínimo de duração das fachadas de revestimento aderido, o qual é de 20 anos. Portanto, estão muito aquém do mínimo necessário estabelecido por norma, mais além dos prazos médio e máximo.

Com relação às simulações de custo, a partir de uma composição de valores baseada no SINAPI e por cotação no mercado local, o programa estimou um valor médio para as manutenções das fachadas dos dois grupos. Para os prédios do Grupo I é preciso um capital de R\$1.692,59/m² ao ano para que seja possível manter a funcionalidade das fachadas deste grupo. Por outro lado, para o Grupo II é necessário um montante de R\$ 722,54/m² ao ano para custear os reparos nas suas fachadas, funcionando desta maneira como uma previsão a ser contabilizada no orçamento dos condomínios.

Portanto, conclui-se que ocorreram intercorrências na montagem das fachadas dos prédios de ambos os grupos, provavelmente em decorrência de erros ou negligências no processo de concepção e execução das mesmas, acarretando numa vida útil prematura desse elemento da edificação. Além do mais, ficou evidente que as edificações mais jovens apresentaram um menor desempenho das suas fachadas em detrimento das mais antigas.

Logo, é fundamental que uma atenção especial seja dada no projeto e na montagem das fachadas, a fim de que sejam minimizadas as possibilidades de surgimento das manifestações patológicas, encurtando a vida útil desse elemento tão importante e dispendioso da edificação.

5.2. Sugestões para trabalhos futuros

Com o propósito de dar continuidade a novas pesquisas relacionadas à fachadas de edificações, funcionando como propostas de melhoria do trabalho, poderia-se procurar estender a coleta de dados em relação as fachadas com pintura, a fim de montar um paralelo entre o revestimento cerâmico e a tinta, e ver qual processo construtivo exige um menor número de manutenções associada a um custo mais barato.

Além disso, pode-se tentar estudar mais afincado o processo de execução das fachadas das edificações, com o intuito de montar um protocolo de trabalho que permita aumentar a durabilidade deste elemento da edificação, contribuindo para um maior tempo de vida útil da mesma.

Ademais, há a possibilidade de identificar o método de manutenção mais eficaz, para que sejam minimizados os impactos gerados com a substituição dos revestimentos cerâmicos, particularizando as situações conforme as condições climáticas do local onde o prédio está alocado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Diretrizes para elaboração de manuais de uso, operação e manutenção das edificações – Requisitos para elaboração e apresentação dos conteúdos (NBR 14037/2011)**. Rio de Janeiro, 2011.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Manutenção de edificações – Requisitos para o sistema de gestão de manutenção (NBR 5674/2012)**. Rio de Janeiro, 2012.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Edificações habitacionais – Desempenho Parte 1: Requisitos gerais (NBR 15575-1/2013)**. Rio de Janeiro, 2013.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Edificações habitacionais – Desempenho Parte 4: Sistemas de vedações verticais internas e externas - SVVIE (NBR 15575-4/2013)**. Rio de Janeiro, 2013.

ALCHAPAR, N.; CORREA, E.; CANTÓN, N. Influencia del envejecimiento de los materiales en su desempeño térmico – el caso de revestimientos texturados ára fachadas . **Revista Latinoamericana de Metalurgia y Materiales**, Venezuela, v. 33, n. 2, p. 282-291, ago/sep 2012.

ALVES, M. **Industrialização na construção civil: Análise da possibilidade de adoção de ações de um programa de desenvolvimento tecnológico europeu na construção civil brasileira**, 2016. Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, RS, 2016, 60p.

ANTUNES, G. **Estudo de manifestações patológicas em revestimentos de fachada em Brasília – sistematização da incidência de casos**, 2010. Dissertação de Mestrado submetida ao Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Faculdade de Engenharia da Universidade de Brasília, Brasil, 2010, 202p.

BARBOSA, A. **Estudo numérico-computacional e analítico do choque térmico em fachadas de edificações**, 2013. Dissertação de Mestrado submetida ao Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Faculdade de Engenharia da Universidade de Brasília, Brasil, 2013, 275p.

BAUER, E.; BEZERRA, L.; UCHÔA, J.; CHAGAS, S. Estudo do comportamento à fadiga das argamassas e sua relação com as patologias e danos nas fachadas. **PATORREB**, 2012.

BAUER, E.; CASTRO, E.K.; SILVA, M.N.B. Estimativa da degradação de fachadas com revestimento cerâmico: estudo de caso de edifícios de Brasília. **Revista Cerâmica**, São Paulo, v. 61, n. 358, p. 151-159, abr./jun. 2015.

BOHANA, M.; SILVA, F.; GUIMARÃES, J.; MARCHI, C. **Redução dos resíduos na construção civil: uma tendência para as novas construções**. In: IV Congresso Baiano de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2016, Cruz das Almas. Anais... Bahia: COBESA, 2016.

BOYLE, P.; BROADIE, M.; GLASSERMAN, P. Monte Carlo methods for security pricing. **JOURNAL OF ECONOMIC DYNAMICS & CONTROL**, v. 21, n. 8–9, p. 1267–1321, jun. 1997.

BREITBACH, A.; MARCHIORI, F.; JOSE NETO, J. **Avaliação de manifestações patológicas frequentes de pinturas externas em Florianópolis**. Congresso Euro-Americano REHABEND, Espanha, p. 24-27, mai. 2016.

CBIC - CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. **Desempenho de edificações habitacionais: Guia orientativo para atendimento à Norma ABNT NBR 15575**. Brasília, 2013.

DAL MOLIN, D.; MASUERO, A.; ANDRADE, J.; POSSAN, E.; MASUERO, J.; MENNUCCI, M. Contribuição à previsão da vida útil de estruturas de concreto. In: KAZMIERCZAK, C.; FABRÍCIO, M. **Avaliação de desempenho de tecnologias construtivas inovadoras: Materiais e Sustentabilidade**. Porto Alegre: Scienza, 2016. p. 223-270.

DONATELLI, G.D.; KONRATH, A. C. Simulação de Monte Carlo na avaliação de incertezas de medição. **Revista de ciência & tecnologia**. Porto Alegre, RS, v. 13, n. 25/26, p. 5-15, jan./dez. 2005.

DURAIBI, M. FM in BUILDING LIFE CYCLE MEFMA – Middle East Facility Management Association. Presented by Arch Mohammad Al Duraibi CEO – **Da'em Real State Investment Company One of Manafea Golding Group**, 2016.

EVANGELISTA, P.; KIPERSTOK, A.; TORRES, E.; GONÇALVES, J. Environmental performance analysis of residential buildings in Brazil using life cycle assessment. **Construction and Building Materials**, v. 169, p. 748-761, 2018.

FELIPE, L. M.; LEISMANN, E. L. Análise de viabilidade em projetos: comparação entre os métodos determinísticos e probabilísticos. **Rev. Ciênc. Empres. UNIPAR**, Umuarama, v. 20, n. 1, p. 83-106, jan./jun. 2019.

FREITAS, J.; CARASEK, H.; CASCUDO, O. Utilização de termografia infravermelha para avaliação de fissuras em fachadas com revestimento de argamassa e pintura. **Revista Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 14, n. 1, p. 57-73, jan./mar. 2014.

GIL, A. C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 4ª Edição ed. São Paulo, SP: Editora ATLAS, 2002.

GONÇALVES, EMANUEL. **Custo do ciclo de vida como ferramenta para a gestão de ativos físicos – Aplicação ao quartelamento Sede da Academia Militar**, 2016. Dissertação de Mestrado em Engenharia Militar, Academia Militar de Lisboa, Portugal, 2016, 84p.

KEEN, D. A.; MCGREEVY, R. L. Structural modelling of glasses using reverse Monte Carlo simulation. **Nature**, v. 344, p. 423, mar. 1990.

KURZ, M.; FERREIRA, C.; RODRIGUES, A.; SILVA, V.; MEDVEDOVSKI, N.; PALIGA, C.; TORRES, A. Percepção do usuário em relação à presença de manifestações patológicas em fachadas: estudo de caso. **Revista de Engenharia Civil IMED**, Passo Fundo, v. 5, n. 1, p. 3-19, jan./jun. 2018.

LIMA, J.; MEDEIROS, M.; TAVARES, S. Fachadas vegetais para melhora do conforto ambiental de edificações: escolha para Curitiba usando análise hierárquica. **Revista Arquitetura**, v. 13, n. 1, p. 50-60, jan./jun. 2017.

LIMA, A.; NEVES, P. Revestimentos cerâmicos de fachadas e juntas de movimentação: caracterização e prevenção de patologias. **Revista do Centro Universitário Luterano**, Santarém, v. 14, n.2, 2013.

LORDSLEEM, A. C.; FARO, H. B. Desprendimiento del revestimiento de fachada: Estudio de caso. **Revista ALCONPAT**, Mérida, v. 7, n. 2, p. 148-159, mai./ago. 2017.

LOPES, C. **Durabilidade na construção**: Estimativa da vida útil de revestimentos cerâmicos de fachadas, 2009. Dissertação de Mestrado Integrado em Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Portugal, 2009, 113p.

LOPES, C. Anomalias dos revestimentos por pinturas em paredes exteriores. **Construlink Press**, Lisboa, n 22, mar./abr. 2004.

MAZER, W.; SILVA, L.M.R.; LUKE, E.; SANTOS, F.C.M. Evaluación de manifestaciones patológicas en edificios basados en la orientación geográfica. **Revista ALCONPAT**, Mérida, v. 6, n. 2, p. 145-156, mai./ago. 2016.

MONJO-CARRIÓ, J. Durabilidad vs Vulnerabilidad. **Informes de la Construcción**. v. 59, n. 507, 2007.

MOSCOSO, Y.F.M. **Estudo numérico e experimental das tensões atuantes na argamassa colante de fachadas de edificações sob ação da fadiga termomecânica**, 2013. Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília, Brasília, 2013.

IBAPE - Norma de Inspeção Predial Nacional. Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia, São Paulo, 2012.

OLIVEIRA, L. G.; PAIVA, E. J.; PAIVA, A. P. Aplicação do método de Monte Carlo para a previsão de falhas: uma ferramenta de apoio à gestão da manutenção. **Revista Produção Online**. Florianópolis, SC, v. 19, n. 1, p. 72-101, 2019.

ORTEGA, L.; SERRANO-LANZAROTE, B.; FRAN-BRETONES, J. Identificación de procesos patológicos más frecuentes en fachadas y cubiertas en España a partir del método Delphi. **Informes de la Construcción**, España, v. 67, n. 537, enero/marzo 2015.

PACHECO, C.P.; VIEIRA, G. L. Análise quantitativa e qualitativa da degradação das fachadas com revestimento cerâmico. **Revista Cerâmica**, São Paulo, v. 63, n. 368, p.432-445, out./dez. 2017.

POSSAN, E.; DEMOLINER, C.A. Desempenho, durabilidade e vida útil das edificações: abordagem geral. **Revista Técnico-Científica do CREA-PR**. Curitiba, PR, 1ª ed., p. 1-14, 2013.

QUING, L.; TAO, T.; PING, W. Study in building lifecycle management platform based on BIM. Institute of Project Management of School of Mechanics and Civil Engineering, China University of Mining and Technology, Xuzhou, Jiangsu, China, **Research Journal of Applied Science Engineering and Technology**, v. 7, n. 1, p. 1-8, 2014.

REAL, S. **Contributo da análise dos custos do ciclo de vida para projectar a sustentabilidade na construção**, 2010. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Universidade Técnica de Lisboa, Portugal, 2010, 153p.

RENDER, B. et al. **Quantitative analysis for management**. São Paulo: Pearson, 2017.

RODRIGUES, F.; MATOS, R.; ALVES, A.; RIBEIRINHO, P.; RODRIGUES, H. Building life cycle applied to refurbishment of a traditional building from Oporto, Portugal. **Journal of Building Engineering**, v. 17, p. 84-95, 2018.

RODRIGUES, R. M. **Gestão de edifícios: Modelo de simulação técnico-económica**, 2001. Tese de Doutoramento em Engenharia Civil, Universidade do Porto, Portugal, 2001, 202p.

SAMPAIO, R. F.; MANCINI, M. C. Estudos de revisão sistemática: um guia para síntese criteriosa da evidência científica. **Brazilian Journal of Physical Therapy**, v. 11, p. 83–89, 2007.

SANTOS, L. G. **Estudo de viabilidade económica de empreendimento imobiliário: análise de risco utilizando método de Monte Carlo**, 2019. Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, RS, 2019, 70p.

SATO, N. et al. Condensação de vapor de água e desenvolvimento de microrganismos em fachadas de edifícios: estudo de caso. In: ENCONTRO NACIONAL DO AMBIENTE CONSTRUÍDO – ENTAC 2002, Foz do Iguaçu, 2002. **Anais**. Foz do Iguaçu, ANTAC, 2002, p. 1191-1198, 2002.

SCHIMELFENIG, B.; PADILHA, F.; BORDIN, J.; SILVA, C. Análise da influência de telas utilizadas como reforço em revestimento de argamassa de fachada frente a esforços de tração. **Revista Matéria**, Rio de Janeiro, v. 23, n. 3, 2018.

SILVA, M.; BAUER, E.; CASTRO, E.; ZANONI, V. I Simpósio de argamassas e Soluções Térmicas de Revestimento. **ITeCons Coimbra**, Portugal, 2014.

SOUST-VERDAGUER, B.; LLATAS, C.; GARCÍA-MARTÍNEZ, A. Simplification in life cycle assessment of sing-family houses: a review of recent developments, *Build. Environ*, v. 103, p. 215-227, 2016.

TEIXEIRA, E. **As três metodologias**. 8ª Edição ed. Petrópolis, RJ: EDITORA VOZES, 2005.

VEDOVELLO, C. A. **Gestão de projetos de fachada**, 2012. Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

VOSE, D. **Risk analysis: A quantitative guide**. 3rd. Ed. England, 2008.

WANG, N.; CHANG, Y.; EL-SHEIKH, A. Monte Carlo simulation approach to life cycles cost management. **Structure and Infrastructure Engineering**, v. 8, n. 8, p. 739-746, 2012.

ULIANA, J.; FALCÃO, A.; SOARES, R.; MAIOLI, R.; VIEIRA, G. Estudo da incidência de manifestações patológicas em fachadas de edifícios localizados em região litorânea. In: I Congresso Brasileiro de Patologia das Construções, 2014, Foz do Iguaçu, 2014. **I Congresso Brasileiro de Patologia das Construções**, 2014.

YORIYAZ, H. **Método de Monte Carlo: princípios e aplicações em Física Médica**. [s.l: s.n.]. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/sites/entrez>>. Acesso em: 20 jun. 2019.

