

MARIANNA COSTA MATTOS

**PLANEJAMENTO DA VIDA ÚTIL NA CONSTRUÇÃO
CIVIL:** Uma metodologia para a aplicação da Norma de
Desempenho (NBR 15575) em sistemas de revestimentos de
pintura

Belo Horizonte
Escola de Arquitetura da UFMG
Maio 2013

MARIANNA COSTA MATTOS

**PLANEJAMENTO DA VIDA ÚTIL NA CONSTRUÇÃO
CIVIL:** Uma metodologia para a aplicação da Norma de
Desempenho (NBR 15575) em sistemas de revestimentos de
pintura

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável, da Universidade Federal de Minas Gerais, como pré-requisito para obtenção do título de mestre em Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável.

Linha de pesquisa: Tecnologia do Ambiente Construído

Orientador: Prof. Dr. Abdias Magalhães Gomes

Co-orientador: Prof. Dr. Eduardo Cabaleiro Cortizo

Belo Horizonte
Escola de Arquitetura da UFMG
Maio 2013

FICHA CATALOGRÁFICA

M435p

MATTOS, Marianna Costa.

Planejamento da vida útil na construção civil [manuscrito] : uma metodologia para a aplicação da Norma de Desempenho (NBR 15575) em sistemas de revestimentos de pintura / Marianna Costa Mattos. - 2013.

218f. : il.

Orientador: Abdias Magalhães Gomes.

Coorientador: Eduardo Cabaleiro Cortizo.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Arquitetura.

1. Normas técnicas (Engenharia). 2. Pintores (Construção civil). 3. Construção - Desempenho. I. Gomes, Abdias Magalhães II. Cortizo, Eduardo Cabaleiro. III. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Arquitetura. IV. Título.

CDD 751.62

MARIANNA COSTA MATTOS

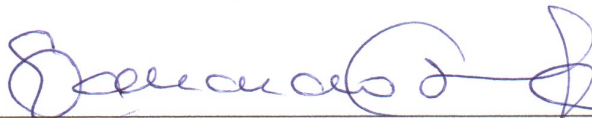
" Planejamento da vida útil na construção civil: Uma metodologia para a aplicação da norma de desempenho (NBR 15575) em sistemas de revestimentos de pintura "

Dissertação apresentada ao curso de Pós-Graduação em Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável da Escola de Arquitetura da Universidade Federal de Minas Gerais

Comissão Examinadora:



Prof. Dr. Abdias Magalhães Gomes (EEUFMG - orientador)



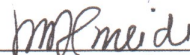
Prof. Dr. Eduardo Cabaleiro Cortizo (EAUFMG – co-orientador)



Prof. Dr. Carlos Augusto de Souza Oliveira (UF de Itajubá – Campus Itabira)



Prof. Dr. Luiz Antonio Cruz Souza (EBA-UFMG)



Engenheira Química e Mestre Sandra Moraes d'Almeida (Convidada)

Belo Horizonte, 29 de abril de 2013

Dedico este trabalho aos que compõe minha base familiar e que possuem grande relevância e influência sobre a realização deste trabalho: mamãe, papai, maninho e meu marido Alexandre.

Dedico este trabalho também à minha avó Fia, que não está mais entre nós, mas permanece sempre nos meus pensamentos e em meu coração. Tenho certeza que mais esta conquista, em minha vida, seria para a senhora grande motivo de felicidade e orgulho!

AGRADECIMENTOS

Acima de tudo, agradeço a Deus, por tudo o que tem feito, por tudo o que vai fazer e tudo o que representa em minha vida. Obrigada Senhor.

Aos meus amados pais, Lídia e Márdem, que fazem transbordar em mim todo o amor existencial que um ser humano é capaz de ter, que não medem esforços para me ajudarem e me verem feliz. Obrigada pelo amor e pelo apoio incondicional. Com certeza vocês possuem grande influência sobre a realização deste trabalho. Sem palavras para descrever a importância que vocês têm em minha vida!

Um agradecimento muito especial ao meu marido **Alexandre Pimenta**, pelo amor, companheirismo e cumplicidade. Por me apoiar e por sempre auxiliar nas minhas escolhas profissionais. Muito obrigada pela enorme compreensão nos momentos difíceis e pelas conversas cotidianas, sempre buscando me incentivar. Pelo auxílio na correção da dissertação. Muito obrigada meu amor, por tudo!

Ao querido Professor **Eduardo Cabaleiro**, pela parceria, atenção, paciência, ensino, por acreditar em meu trabalho e me motivar sempre. Por ter se desdobrado a me ajudar em permanecer na linha de pesquisa que eu tanto almejava. Pelo auxílio que me concedeu durante os quatro anos que estou na UFMG e durante esses dois anos de mestrado, o meu muito obrigada!

Ao Professor **Abdias Magalhães Gomes**, por ter aceitado ser meu orientador, pelas reuniões na Escola de Engenharia e pelos livros disponibilizados.

Á **Sandra Moraes**, da Bema Tintas, por ter acreditado em meu trabalho e ter mergulhado na pesquisa experimental junto comigo, me auxiliando e me dando total suporte para a execução do mesmo.

Á **Laisla**, da Bema Tintas pela ajuda diária na pesquisa experimental, pela disposição e sorriso no rosto, sempre disposta a ajudar.

Ao **André Martins**, da Bema Tintas pelo suporte, atenção e pela disposição em ajudar sempre.

Ao **Romero** da empresa Laminus Engenharia que concedeu as amostras de substrato cimentício para a realização do teste de exposição.

Á Professora **Grace** pelo auxílio nas medições da refletância e nos cálculos de absortância. Pela confiança, amizade e disponibilidade de sempre.

Á Professora **Roberta**, por todo apoio prestado durante sua coordenação no Programa de Pós-Graduação em Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável.

Á **Victoria**, por me conceder todo o suporte referente às questões burocráticas, pelo apoio e dedicação.

Aos queridos colaboradores: **Nara Helena, Sofia Coelho, Pedro Azevedo e Ana Clara**, que me ajudaram na tradução da norma internacional e se mantiveram sempre dispostos a contribuir.

Á Professora **Cynara**, pelo auxílio durante o Programa Reuni, sobretudo, pela confiança que depositou em mim durante todo o período em que trabalhamos juntas, me permitindo uma experiência integral da docência.

Á Professora **Maria Luiza**, pela confiança e parceria durante o Programa Reuni.

Aos professores: **André Luiz Prado, Mateus Pontes, Bruno Santa Cecília e Júnia**, pela oportunidade do auxílio em suas disciplinas durante o Programa Reuni. Cada participação e cada apresentação ministrada me concederam muito aprendizado e a certeza de querer continuar na área da docência.

Á todos os **alunos** que assistiram às minhas aulas na UFMG, e me deram a oportunidade de agregar um pouco do conhecimento adquirido, na área de Tecnologia da Arquitetura, em seus aprendizados acadêmicos.

Aos professores: **Beatriz, Luiz Souza, Leonardo Castriota, Maria Angélica, Eleonora, Roberta Sousa, João Júlio e Roberto Márcio** pelos ensinamentos durante as aulas curriculares. Em especial, à professora **Eleonora**, que me

encorajou a seguir na linha de pesquisa que eu almejava, mesmo diante das dificuldades e dos obstáculos encontrados.

Às amigas **Paula Rocha, Ana Cecília Moreno e Jaqueline Vale** – companheiras de especialização e que também continuaram a caminhada no mestrado – e ao colega **Leonardo Gomes**, que compartilharam comigo aprendizados, dificuldades e conquistas.

Á **Raquel Diniz**, pelas conversas habituais, e também pelas trocas diárias de aprendizados e dificuldades, especialmente, na disciplina de Alvenaria Estrutural! Pelo companheirismo, amizade e confiança sempre.

À **Ana Carolina Veloso**, pelo apoio e afeto, sempre disposta a proferir palavras incentivadoras e sinceras.

Á todos os funcionários da Escola de Arquitetura da UFMG que, de alguma forma, me ajudaram nas atividades, que envolveram o meu trabalho no mestrado. Muito obrigada!

Aos companheiros do UNIFOR-MG, em especial, **Hiveline, Clésio, Márcia, Aline, Ângela e Adriana** pela parceria profissional diária!

Á todos os **alunos e colegas do UNIFOR-MG** que de alguma maneira contribuíram para que eu pudesse desenvolver o meu trabalho da melhor maneira possível.

Ao meu único e precioso irmão Márdem, codinome “**maninho**”, pela torcida, pelo apoio quando precisei, por se mostrar cada vez mais próximo, e pelo reconhecimento do meu trabalho. Com seu jeito particular sabe me atender e dizer as palavras certas quando preciso.

Á **vovó Maria** pelas orações intensas e pela torcida incondicional. Pelo amor e por compreender a minha demora em ir para Bambuí. A senhora está na minha mente e no meu coração, diariamente.

Ao **vovô Quide**, pelo amor e pela torcida de sempre.

Á minha amiga **Grazielle**, pelo apoio e companheirismo nos momentos difíceis, amenizando-os com sua companhia. São nove anos de amizade intensa e verdadeira.

Á **Dna. Fia, Sr. Milton**, meus cunhados, concunhados e sobrinhas, pelos momentos de alegria, nos quais eu recarregava minhas energias para continuar do desenvolvimento da dissertação.

Á todos os meus tios, primos e amigos que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho, pelos momentos de alegrias e pela torcida.

Muito obrigada!

Agora que começamos a estudar seriamente a natureza, começamos a perceber a amplidão das perguntas; a medir a distância a ser percorrida para tentar respondê-las. O grande perigo para a humanidade não é desenvolver o conhecimento. É a ignorância.
François Jacob (1997)

RESUMO

Este projeto constitui um estudo teórico sobre o planejamento da vida útil na construção civil, aplicado em sistemas de revestimento de pintura em fachadas, bem como uma pesquisa experimental aplicada em amostras com substratos distintos, e pintadas com quatro cores diferentes. Nesta pesquisa foram consideradas as características climáticas da região metropolitana de Belo Horizonte, Minas Gerais. Tem por objetivo apresentar a complexidade de uma metodologia de previsão da vida útil, bem como verificar o comportamento do sistema em questão, por um determinado período. O planejamento da vida útil é uma das estratégias utilizada em alguns países para obter o aumento do desempenho no setor da construção civil e vem sendo estudado desde a década de 90. No Brasil, ainda é uma metodologia pouco disseminada, no entanto, há a tentativa de inserir como pré-requisito na Norma de Desempenho (ABNT NBR 15575). Visto a necessidade de um estudo mais meticuloso sobre o planejamento da vida útil, este trabalho propôs pesquisar o método europeu, e verificar os processos existentes. Posteriormente, buscou-se a aplicação de uma breve metodologia de previsão da vida útil em oito amostras pintadas com quatro cores distintas – com pigmentação orgânica e inorgânica – expostas ao intemperismo natural. Após o período de exposição das amostras, foram analisadas questões que refletem a função estética – sendo a perda do brilho e a alteração da cor; condições que refletem a durabilidade do sistema – sendo a resistência a abrasão (lavabilidade) e a aderência; bem como uma possível variação da absorvância do revestimento de pintura durante o período de teste – que reflete diretamente no desempenho térmico de uma edificação. Ao final deste trabalho, tem-se por finalidade mostrar a complexidade de um planejamento da vida útil, bem como apresentar um método de avaliação do desempenho em um sistema de revestimento, buscando o atendimento da Norma de Desempenho – ABNT NBR 15575, quanto ao tema em questão.

Palavras-chave: Planejamento. Vida Útil. Norma de Desempenho. Revestimento em pintura.

ABSTRACT

This paper is a theoretical study about the service-life planning in buildings and civil engineering applied to facade paint coating systems, as well as an experimental research applied to samples in distinct substrates and painted with four different colors. In this study were considered the different climatic characteristics of the metropolitan region of Belo Horizonte, Minas Gerais. It aims to present the complexity of a service-life prediction methodology and to verify the presented system behavior during a given period. The service life planning is one of the strategies used in some countries to obtain an increased performance within the construction industry, which has been studied since the 90s. In Brazil, this methodology has reached only a minor extent, although there is an attempt to insert it as a prerequisite in the Standard Performance (ABNT NBR 15575). Due to the need of a more meticulous study about the service life planning, this paper proposed researching the European method and checking the existing processes. Subsequently, we sought to apply a methodology for the service life prediction to eight samples that were painted with four different colors - with organic and inorganic pigment - and exposed to natural weathering. Following the exposure period of the samples, were analyzed properties that reflect the aesthetic function (gloss loss and color change) and the durability of the system (abrasion resistance - or washability - and adhesion) as well as a possible absorbance variation of the paint coating during the test, all directly reflecting on the building thermal performance. At the end of this paper, we intend to show the complexity of a service life planning and to present a method of performance assessment in a paint coating system aiming to meet Performance Standard ABNT NBR 15575 on this subject-matter.

Key-words: Planning. Service Life. Performance Standard. Paint Coating.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – O aumento significativo do desempenho de uma edificação com a prática correta da manutenção.	39
Figura 2 - Influências sobre o Planejamento de vida útil em edifícios construídos em funcionamento.	54
Figura 3 - Três modelos que integram o processo de auditorias.	74
Figura 4 – Custos que envolvem o custeio do ciclo de vida de um bem construído e o custo da vida útil total do mesmo.	81
Figura 5 – Diferentes etapas de uma edificação, em que é possível determinar o custo do seu ciclo de vida.	84
Figura 6 – Itens a serem analisados em diferentes níveis do ciclo de vida de um ambiente construído.	85
Figura 7 – Escopo de projeto e diferenciação no custo de acordo com cada etapa.....	85
Figura 8 – Avaliações técnica, econômica e ambiental em fase de projeto.....	87
Figura 9 – Níveis de deterioração do concreto da Torre Olímpica em Munique relacionados aos graus de desempenho e estados limite.	92
Figura 10 – Modelagem e mapeamento da vida útil de pinturas em chapas de aço, para a região de Oslo, em 1994, baseados das funções de danos derivadas da comissão europeia.	95
Figura 11 – Processo de seleção dos dados da VUR.	96
Figura 12 - Etapas que compõe um método de planejamento da vida útil.....	105
Figura 13 – Formação do filme da tinta em dispersão aquosa.....	111

Figura 14 – Figura 14 – Especificações contidas na lata de tinta.....	114
Figura 15 – Anatomia do olho humano.....	120
Figura 16 – Espectro visível a olho humano.....	120
Figura 17 – A incidência da luz sobre o “prima ocular” e a visualização das cores de acordo com o comprimento de onda incidente.....	121
Figura 18 – Cores aditivas, cores subtrativas e os resultados de suas misturas.....	123
Figura 19 – Processo da troca de calor em superfícies opacas.....	124
Figura 20 – As cores do espectro eletromagnético.....	124
Figura 21 – As cores quentes e frias.....	125
Figura 22 – Cilindro de cores completo.....	127
Figura 23 – Composição do sistema Munsell, formado pelo cilindro de cores...	128
Figura 24 – Diagrama tricromático adotado pela CIE, baseado nos comprimentos de onda.....	130
Figura 25 – Coordenadas de cores, adotada pela CIE.....	130
Figura 26 – Eflorescência manifestada em uma fachada de alvenaria com revestimento em pintura.....	134
Figura 27 – Eflorescência manifestada em uma fachada de tijolo cerâmico resinado.....	135
Figura 28 – Saponificação manifestada em reboco pintado.....	135
Figura 29 – Exemplo de manifestação de desagregamento em fachadas revestidas com pintura.....	136
Figura 30 – Descascamento manifestado em fachada.....	136

Figura 31 – Manchas causadas por pingos de chuva isolados.....	137
Figura 32 – Empolamento.....	137
Figura 33 – Bolhas em revestimento de pintura.....	138
Figura 34 – Fissuras em revestimento de pintura.....	138
Figura 35 – Fachada com manifestações de fungos e após o tratamento.....	139
Figura 36 – Amostras expostas em ambiente externo, localizado no Distrito Industrial de Contagem, Minas Gerais.....	142
Figura 37 – Posição solar do suporte – com inclinação de 45° voltado para a face mais ensolarada.....	143
Figura 38 – Bancada lateral.....	144
Figura 39 – Bancada central.....	144
Figura 40 e 41 – Amostras pintadas com selador.....	145
Figura 42 e 43 – A tinta sendo misturada ainda dentro da lata, para o sólido subir; e a tinta já no recipiente sendo pesada, a fim de verificar o tanto de água necessário para os 10% da diluição.....	146
Figura 44 e 45 – A tinta sendo colocada no recipiente (à esquerda) e tirando o excesso da tinta no rolo de lã, antes de pintar a amostra.....	146
Figura 46 e 47 – A tinta sendo passada na amostra e a amostra após a primeira pintura com o excesso de tinta.....	147
Figura 48 e 49 – Tirando o excesso do rolo de lã, em um papel toalha (à esquerda) e a amostra com a primeira demão finalizada (à direita).....	147
Figura 50 – Todas as amostras, com substrato cimentício.....	148
Figura 51 – As amostras “padrão”, com substrato cerâmico.....	148

Figura 52 – O Alta II Reflectance Spectrometer utilizado para medir a refletância de cada espectro das amostras.....	153
Figura 53 – Equipamento Abrasion Tester –Modelo 187 utilizado para a realização do teste de lavabilidade.....	154
Figura 54 – Amostra dividida em duas partes para a realização dos testes.....	156
Figura 55 – Diferença da cor da amostra de substrato cimentício, na cor Verde, após exposição ao intemperismo natural.....	160
Figura 56 – Diferença da cor da amostra de substrato cerâmico, na cor Verde, após exposição ao intemperismo natural.....	161
Figura 57 – Diferença da cor da amostra de substrato cimentício, na cor Tangerina, após exposição ao intemperismo natural.....	161
Figura 58 – Diferença da cor da amostra de substrato cerâmico, na cor Tangerina, após exposição ao intemperismo natural.....	162
Figura 59 – Diferença da cor da amostra de substrato cimentício, na cor Marrocos, após exposição ao intemperismo natural.....	162
Figura 60 – Diferença da cor da amostra de substrato cerâmico, na cor Marrocos, após exposição ao intemperismo natural.....	163
Figura 61 – Diferença da cor da amostra de substrato cimentício, na cor Cerâmica, após exposição ao intemperismo natural.....	163
Figura 62 – Diferença da cor da amostra de substrato cerâmico, na cor Cerâmica, após exposição ao intemperismo natural.....	164

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Responsabilidades de cada agente envolvido na projeção, execução e manutenção de um bem construído, determinado pela Norma de Desempenho.....	35
Tabela 2 – Vida útil de projeto mínima a ser estabelecida pelo projetista.....	38
Tabela 3 – Previsão de falhas para os sistemas e/ou elementos construtivos.....	41
Tabela 4 – Níveis distintos de Vida Útil de Projeto para diferentes tipos de sistemas e elementos construtivos.....	41
Tabela 5 – Custos de manutenção previstos para diferentes tipos de sistemas e elementos construtivos.....	42
Tabela 6 – Critérios para o estabelecimento da VUP.....	42
Tabela 7 – Vida Útil de Projeto mínima e superior de acordo com a Norma de Desempenho.....	43
Tabela 8 – Vida Útil de Projeto mínima e superior para outros elementos e sistemas construtivos.....	43
Tabela 9 – Vida Útil de Projeto mínima e superior para outros elementos e sistemas construtivos (continuação).....	44
Tabela 10 – Vida Útil de Projeto mínima e superior para outros elementos e sistemas construtivos (continuação).....	45
Tabela 11 – Prazos de garantia de sistemas, elementos, componentes e instalações.....	49
Tabela 12 – Prazos de garantia de sistemas, elementos, componentes e instalações (continuação).....	50

Tabela 13 – Prazos de garantia de sistemas, elementos, componentes e instalações (continuação).....	51
Tabela 14 – Agentes que afetam a vida útil dos materiais e componentes edificados.....	56
Tabela 15 – Tipos de obsolescências.....	59
Tabela 16 – Sugestões de vida útil para componentes.....	63
Tabela 17 – Categoria de falhas possíveis de ocorrer em componentes construtivos.....	64
Tabela 18 – Exemplos de desempenho funcional exigido nos componentes.....	65
Tabela 19 – Exemplos de desempenho econômico exigido nos componentes....	65
Tabela 20 – Agentes de degradação que afetam a durabilidade dos componentes.....	69
Tabela 21 – Diferentes etapas para a realização das auditorias.....	76
Tabela 22 - Riscos identificados para componentes individuais de uma edificação.....	78
Tabela 23 – Custos de não construção.....	82
Tabela 24 – Custos de renda.....	82
Tabela 25 – Custos de construção.....	82
Tabela 26 – Custos de operação.....	82
Tabela 27 – Custos finais.....	83
Tabela 28 – Custos de manutenção.....	83

Tabela 29 – Definição de cada fator que compõe o Método Fatorial, para calcular a Vida Útil Estimada.....	89
Tabela 30 – Escalas de condição usual para a determinação dos fatores.....	89
Tabela 31 – Tipos de documentos para a análise de desempenho.....	90
Tabela 32 – Escopo para a avaliação do desempenho.....	91
Tabela 33 – Classificação dos fatores para predição da vida útil.....	94
Tabela 34 – Valores mínimos e máximos sobre características e propriedades das classes de tintas látex.....	112
Tabela 35 – Materiais para pintura.....	118
Tabela 36 – Estímulos tricromáticos do espectro, adotado pela Comissão Internacional de Iluminação (CIE), em 1931.....	129
Tabela 37 – Estímulos tricromáticos do espectro, adotado pela Comissão Internacional de Iluminação (CIE), em 1931. (Continuação).....	129
Tabela 38 – Amostras de substrato cerâmico, divididas de acordo com sua pigmentação e com os testes aos quais serão submetidas.....	148
Tabela 39 – Amostras de substrato cimentício, divididas de acordo com sua pigmentação e com os testes as quais serão submetidas.....	149
Tabela 40 – Monitoramento durante o período de exposição das amostras ao intemperismo natural.....	150
Tabela 41 – Registro do aspecto físico das amostras, com pigmentação orgânica, após quatro meses de exposição ao intemperismo natural.....	157
Tabela 42 – Registro do aspecto físico das amostras, com pigmentação orgânica, após quatro meses de exposição ao intemperismo natural (continuação).....	158

Tabela 43 – Registro do aspecto físico das amostras, com pigmentação inorgânica, após quatro meses de exposição ao intemperismo natural.....	159
Tabela 44 – Registro do CMC das amostras com substrato cimentício.....	165
Tabela 45 – Registro do CMC das amostras com substrato cerâmico.....	166
Tabela 46 – Resultados da refletância e absorvância das amostras.....	169
Tabela 47 – Resultados da resistência a abrasão.....	171
Tabela 48 – Resultados da resistência a abrasão (continuação).....	172
Tabela 49 – Resultados da aderência.....	173
Tabela 50 – Resultados da aderência (continuação).....	174
Tabela 51 – Todos os resultados obtidos na pesquisa experimental.....	179

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Registro do CMC das amostras com substrato cerâmico.....	165
Gráfico 2 – Registro do CMC das amostras com substrato cerâmico.....	166
Gráfico 3 - Comparação da alteração da cor, nos diferentes substratos.....	167
Gráfico 4 – Resultados da refletância nas amostras de cor Verde.....	170
Gráfico 5 – Resultados da refletância nas amostras de cor Tangerina.....	170
Gráfico 6 – Resultados da refletância nas amostras de cor Marrocos.....	170
Gráfico 7 – Resultados da refletância nas amostras de cor Cerâmica.....	171
Gráficos 8 – Resultado dos valores CMC nas amostras de diferentes substratos, pintados na cor Verde.....	176
Gráficos 9 – Resultado dos valores CMC nas amostras de diferentes substratos, pintados na cor Tangerina.....	176
Gráficos 10 – Resultado dos valores CMC nas amostras de diferentes substratos, pintados na cor Tangerina.....	177
Gráficos 11 – Resultado dos valores CMC nas amostras de diferentes substratos, pintados na cor Tangerina.....	177
Gráficos 12 e 13 – Resultado dos valores de CMC nas amostras com substrato cimentício e cerâmico.....	177

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABRAFATI – Associação Brasileira dos Fabricantes de Tintas

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ACV – Análise do Ciclo de Vida

ANTAC – Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. A ANTAC integra profissionais das mais diversas especialidades, que atuam em Construção Civil, Tecnologia de Arquitetura e Habitação.

CIB – Conselho Internacional da Construção Civil

CIE – Conselho Internacional de Iluminação

Finep – Financiadora de Estudos e Projetos. É uma empresa pública vinculada ao Ministério da Ciência e Tecnologia. Foi criada em 1967, para institucionalizar o Fundo de Financiamento de Estudos de Projetos e Programas, criado em 1965. Fonte: <http://www.finep.gov.br/o_que_e_a_finep/a_empresa.asp> Acesso em 21 jan 2012.

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia

IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas

RILEM – União Internacional de Laboratórios e Especialistas em Materiais de Construção

USP – Universidade de São Paulo

VUP – Vida Útil de Projeto

VUR – Vida Útil de Referência

VUE – Vida Útil Estimada

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	10
LISTA DE TABELAS	14
LISTA DE GRÁFICOS	18
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	19
1 INTRODUÇÃO	23
1.1 OBJETIVO DA PESQUISA	26
1.1.1 OBJETIVO GERAL	26
1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	26
1.2 DELIMITAÇÃO DO OBJETO DE ESTUDO	27
1.3 METODOLOGIA	27
1.3.1 MÉTODOS CIENTÍFICOS	28
2 CAPÍTULO I – A IMPORTÂNCIA DO PLANEJAMENTO DA VIDA ÚTIL NA CONSTRUÇÃO CIVIL	29
3 CAPÍTULO II – NORMATIVAS	32
3.1 A NORMA BRASILEIRA DE DESEMPENHO PARA EDIFÍCIOS HABITACIONAIS DE ATÉ CINCO PAVIMENTOS – ABNT NBR 15575	32
3.2 A NORMA INTERNACIONAL ISO 15686 - PLANEJAMENTO DE VIDA ÚTIL DE EDIFÍCIOS E BENS CONSTRUÍDOS	51
3.3 A INTERFACE ENTRE AS NORMAS NBR – 15575 E ISO – 15686	99
4 CAPÍTULO III - METODOLOGIAS EXISTENTES DE PREVISÃO DA VIDA ÚTIL	101

5	CAPÍTULO IV – TINTAS	106
5.1	DEFINIÇÕES E PROPRIEDADES	106
5.2	COMPOSIÇÃO	107
5.3	COMO VERIFICAR A QUALIDADE DA TINTA	111
5.4	OS TIPOS DE TINTAS PARA ENVOLTÓRIAS	114
5.5	NORMAS RELACIONADAS AOS REVESTIMENTOS DE PINTURA....	116
5.6	EXECUÇÃO DOS SISTEMAS DE REVESTIMENTOS DE PINTURA ...	117
5.7	ESTUDO DA COR.....	119
5.7.1	REFLETÂNCIA E ABSORTÂNCIA.....	123
5.7.2	A COLORIMETRIA	126
5.8	O PROCESSO DE DETERIORAÇÃO DOS REVESTIMENTOS DE PINTURA.....	132
5.9	PRINCIPAIS PATOLOGIAS.....	134
6	CAPÍTULO V - PESQUISA EXPERIMENTAL - PLANEJAMENTO DA VIDA ÚTIL EM REVESTIMENTOS DE PINTURA	141
6.1	TIPO DE ESTUDO E CARACTERIZAÇÃO DO COMPONENTE.....	141
6.2	AGENTES DE DEGRADAÇÃO CONSIDERADOS.....	141
6.3	PRÉ-REQUISITOS A SEREM ANALISADOS.....	142
6.4	CARACTERIZAÇÃO DO ENSAIO DE ENVELHECIMENTO ACELERADO.....	142
6.4.1	DESCRIÇÃO DO ENSAIO.....	143
6.4.1.1	Bancada.....	143

6.4.1.2	Materiais utilizados na preparação das amostras.....	144
6.4.1.3	Processo de pintura e preparação das peças.....	145
6.5	PERÍODO DE EXPOSIÇÃO AO INTEMPERISMO NATURAL.....	149
6.6	MÉTODOS DE AVALIAÇÃO.....	150
6.6.1	Equipamentos e testes.....	151
7	RESULTADOS.....	157
7.1	ASPECTOS FÍSICOS	157
7.2	ALTERAÇÃO DA COR	160
7.3	REFLETÂNCIA E ABSORTÂNCIA	167
7.4	LAVABILIDADE	171
7.5	ADERÊNCIA.....	173
8	ANÁLISE E CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	175
9	CONCLUSÃO.....	180
10	TRABALHOS FUTUROS.....	183
11	REFERÊNCIAS.....	184
	APÊNDICES.....	190
	ANEXOS	212

INTRODUÇÃO

O planejamento da vida útil de edificações é uma das estratégias utilizada em alguns países para o aumento do desempenho no setor da construção civil e vem sendo estudado desde a década de 70. O desenvolvimento de um método para o planejamento da vida útil, foi bastante influenciado pelo trabalho dos comitês técnicos, pertencentes ao grupo CIB (Conseil International du Bâtiment - CIB W80) e RILEM (International Union of Laboratories and Experts in Construction Materials), os quais estabeleceram a Norma ISO (ISO/TC59SC14) para efetivar métodos de previsão da vida útil de sistemas construtivos (LACASSE; SJÖSTRÖM, 2004 *apud* GARRIDO et al., 2011). Algum tempo após, na década de 80, esta norma deu origem a ISO 15686, a qual será estudada nesta dissertação.

No Brasil, esta metodologia se encontra ainda pouco disseminada.

Segundo JOHN (2006), os primeiros estudos sobre planejamento da vida útil são de Francisco Romeu Landi, da Escola Politécnica da USP, e Wanderley Flauzino do IPT, além da ANTAC que possui um grupo de trabalho voltado à discussão deste tema.

Atualmente, há a tentativa de inserir o planejamento da Vida Útil, como pré-requisito na Norma de Desempenho NBR 15575 (ABNT:2012), a qual exigirá uma vida útil mínima de sistemas e elementos construtivos. No entanto, a norma brasileira não fornece significativas prescrições referentes ao método que deve ser utilizado para atingir a durabilidade de uma edificação.

Diante disto, este trabalho propõe apresentar subsídios sobre o método de previsão da vida útil em um tipo específico de sistema – revestimento de pintura em fachadas – a fim de possibilitar um aperfeiçoamento sobre esta prática, que deverá ser implementada em empresas que visam o atendimento da Norma de Desempenho.

No mercado da construção civil a utilização do sistema de revestimento em pintura, em edifícios, é ascendente devido ao custo mais econômico – se comparados a outros materiais para revestimentos – bem como às características que a pintura possui e que vêm sendo cada vez mais estimadas.

Jonathan W. Martin – líder do Grupo de Materiais de Construção Orgânica do Instituto Nacional de Padrões e Tecnologia dos Estados Unidos¹ – juntamente com outros pesquisadores, foi um dos precursores na formulação de uma metodologia para a previsão da vida útil, aplicada especificamente em sistemas de revestimento de pintura, na década de 90, onde o uso de uma análise de confiança foi sugerido, a fim de melhorar a qualidade da vida útil estimada (GARRIDO et al., 2011).

De acordo com GARRIDO et al. (2011) há uma pesquisa de grande importância sobre a abordagem em questão aonde foi desenvolvida uma metodologia de previsão da vida útil, em que as características dos materiais e os dados sobre as condições da redução da vida útil foram obtidos através de vastas inspeções em edifícios e, posteriormente, analisados usando uma plataforma cooperativa fundamentada na internet – chamada *BuildingsLife* – considerando vários modelos de análises estatísticas e algoritmos genéticos para fachadas de edifícios (PAULO, 2009 *apud* GARRIDO et al., 2011).

Nos Estados Unidos e Europa, as indústrias utilizam, com maior frequência, dois métodos para preverem a vida-útil de revestimentos. Um dos métodos são os testes de curto prazo desenvolvidos em laboratórios, através das câmaras de envelhecimento acelerado. O outro é chamado de “metodologia da fiabilidade”, o qual será detalhado mais adiante, no capítulo IV (MARTIN et. al., 1996).

Segundo MARTIN et. al. (1996), há uma mudança crescente na indústria de revestimentos, induzida por ações legislativas, como restrições relativas à presença de produtos químicos perigosos, efluentes tóxicos e compostos orgânicos voláteis. Outras mudanças são induzidas pela pressão da concorrência e do consumidor para a fabricação de produtos ambientalmente corretos, porém sem prejudicar a facilidade de aplicação, a aparência inicial, e, principalmente, sem reduzir a durabilidade esperada dos revestimentos. Outro fator determinante que não pode acompanhar estas mudanças é o custo (MARTIN et. al., 1996).

Contrapondo aos produtos antigos e mais tradicionais, os novos revestimentos não possuem registros estabelecidos de desempenho (MARTIN et.

¹ O Instituto Nacional de Padrões e Tecnologia dos Estados Unidos foi fundado em 1901 e atualmente faz parte do Departamento de Comércio dos EUA. Este possui um dos laboratórios de ciências físicas, mais antigos do país. Mais informações disponíveis em <http://www.nist.gov/public_affairs/handyour.cfm> Acesso em 30 set 2012.

al., 1996). Visto isso, verifica-se a importância em desenvolver estudos voltados à determinação da durabilidade e do desempenho, dos sistemas de revestimentos em pintura.

Presume-se que a Norma de Desempenho – NBR 15575 (ABNT: 2012), prevista para entrar em vigor em julho de 2013, promoverá mudanças na metodologia de projeto e nas organizações empresariais, a partir dos pré-requisitos estabelecidos, especialmente ao que se refere à previsão da vida útil.

Atualmente, no Brasil, a prática de prever a durabilidade dos sistemas de uma edificação e os métodos para esta previsão, ainda são poucos conhecidos no mercado. Este trabalho, portanto, vem acrescentar subsídios a esta abordagem ainda pouco difundida, dando foco ao sistema de revestimentos em pintura.

Esta dissertação está dividida em cinco capítulos.

O primeiro destina-se a fornecer subsídios referentes à importância do planejamento da vida útil na construção civil.

O segundo capítulo, descreve uma síntese sobre as exigências da Norma de Desempenho brasileira – NBR 15575, referente ao requisito de durabilidade e previsão da vida útil, faz uma síntese da Norma Internacional de Previsão da Vida Útil – ISO 15686 e, posteriormente, descreve uma interface sobre as duas normas estudadas.

O terceiro capítulo busca apresentar as metodologias existentes sobre o planejamento da vida útil de edificações, no Brasil.

Já o quarto capítulo, aborda questões importantes sobre tintas, considerando definições e propriedades, os tipos de tintas, sistemas de revestimento em pintura, principais patologias, dentre outros subsídios relevantes a este produto e ao sistema de revestimento em pintura de fachadas.

Por fim, o quinto capítulo descreve a pesquisa experimental deste trabalho, referente ao método de exposição ao intemperismo natural, aplicado em amostras revestidas com pintura acrílica. As informações contidas neste capítulo seguem as instruções da segunda parte da norma internacional ISO 15686, a fim de descrever o método de ensaio, a bancada, os materiais, equipamentos e métodos utilizados, a preparação das amostras, os agentes de degradação e os pré-

requisitos a serem analisados, período de exposição e os resultados das medições e análises finais.

1.1. OBJETIVO DA PESQUISA

1.1.1. OBJETIVOS GERAIS

Tem por finalidade, desenvolver um estudo sobre metodologias de planejamento da vida útil em edificações, bem como a aplicação de uma técnica concisa de avaliação em revestimentos de pintura.

Busca-se analisar requisitos de desempenho referentes ao brilho, cor, resistência à abrasão (lavabilidade), absortância e aderência de revestimentos de pintura para fachadas.

Objetiva-se ainda, contribuir para uma compilação analítica de algumas especificações e exigências, sobre o planejamento da vida útil, constantes na norma brasileira NBR 15575 – Desempenho de Edificações Habitacionais – e na norma internacional ISO 15686 – Planejamento da Vida Útil em Bens Construídos.

1.1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

O objetivo inicial é desenvolver um estudo teórico, a fim de conhecer o histórico do planejamento da vida útil na construção civil e a importância desta prática no setor.

Em paralelo a este estudo, busca-se estudar a Norma de Desempenho NBR 15575 (ABNT: 2012), a fim de verificar os pré-requisitos referentes ao planejamento da vida útil em edificações e, posteriormente, conhecer a metodologia de previsão da vida útil internacional, buscando conhecer o estado da arte existente.

Após o conhecimento dos métodos de previsão de vida útil, busca-se aplicar uma metodologia em sistemas de revestimentos de pintura para fachadas, considerando as características climáticas da região metropolitana de Belo Horizonte, as informações técnicas disponíveis no mercado, entre outros fatores que determinam a diferenciação dos lugares, cuja metodologia é aplicada.

Busca-se, através de um teste de exposição ao intemperismo natural, de oito amostras, revestidas com pintura, apresentar suas possíveis fases de degradação, analisando, especialmente, aspectos que influenciam na função estética – a perda de brilho e alteração da cor, e aspectos que influenciam na durabilidade do sistema – a resistência à abrasão e a aderência.

1.2. DELIMITAÇÃO DO OBJETO DE ESTUDO

O objeto de estudo constitui a aplicação de uma metodologia de previsão da vida útil, através da exposição de oito amostras ao intemperismo natural, a fim de analisar os efeitos da cor – que influenciam em uma degradação estética, bem como seu comportamento nos itens: aderência e lavabilidade, que repercutem na durabilidade do sistema.

1.3. METODOLOGIA

O trabalho teve início com uma pesquisa bibliográfica a respeito do planejamento da vida útil – as normativas (nacional e internacional), referente ao tema, bem como um estudo acerca das tintas e suas condicionantes.

Posteriormente foi feita uma pesquisa exploratória, a fim de detectar metodologias adotadas no Brasil, sobre previsão da vida útil.

Em seguida foi realizada uma pesquisa bibliográfica referente ao sistema em foco neste trabalho – revestimentos de pinturas de fachadas, a fim de analisar questões importantes sobre as tintas, dentre elas: suas definições e propriedades, composição, o modo pelo qual se verifica a qualidade de uma tinta, os tipos de tintas para fachadas, normas relacionadas, a técnicas de execução do revestimento de pintura.

Visto que este trabalho irá analisar a alteração cromática nas amostras, desenvolveu-se também um estudo teórico sobre a cor, a colorimetria, a refletância e absortância.

Estudou-se ainda o processo de deterioração dos revestimentos de pintura e as principais patologias ocorridas neste sistema.

Após o estudo teórico, foi desenvolvida uma pesquisa experimental através da exposição de oito amostras, revestidas com pinturas, ao intemperismo natural.

Estas foram colocadas em um suporte com inclinação de 45°, voltadas em direção à face mais ensolarada do local, em que estarão expostas – face Norte.

Durante todo o processo, foram utilizados os seguintes equipamentos: Espectrofotômetro, da marca Minolta, modelo CM 508i, a fim de conferir a diferença de cor ocorrida durante a exposição ao intemperismo; o Alta II Reflectance Spectrometer – para verificar a absorvância e a refletância dos espectros eletromagnéticos nas amostras, antes e após sua exposição; o Abrasion Tester – Modelo 187 utilizado na realização do teste de lavabilidade.

A cada mês, foram verificados os efeitos nas amostras durante sua exposição.

Ao término das medições e análises, foram anotados todos os resultados, a fim de obter uma conclusão no relatório final desta dissertação.

1.3.1. MÉTODOS CIENTÍFICOS

Este trabalho compõe uma pesquisa bibliográfica, acerca da previsão da vida útil – através das normativas (nacional e internacional), das tintas e de suas condicionantes. Compõe ainda uma pesquisa documental, sobre as tintas a serem analisadas e uma pesquisa experimental, composta pela exposição das amostras ao intemperismo natural.

A pesquisa se caracteriza por ser aplicada, partindo de pesquisas puras existentes, em busca de resultados estabelecidos pelas fases de degradação de revestimentos de pintura, comumente utilizados no mercado brasileiro da construção.

O método de abordagem hipotético-dedutivo se justifica pela construção de um conhecimento, realizada através da lógica, do estudo bibliográfico e da experimentação. Durante um período determinado de exposição ao intemperismo natural, foram constatadas as fases de degradação dos revestimentos de pintura, sendo que para a análise dos resultados a fundamentação teórica foi de grande relevância, possibilitando o entendimento dos efeitos obtidos nas amostras.

Foram desenvolvidas amostragens sem tratamentos estatísticos, e a apresentação dos dados obtidos foi feita através de relatório escrito, com a entrega final da dissertação.

2. CAPÍTULO I – A IMPORTÂNCIA DO PLANEJAMENTO DA VIDA ÚTIL NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Todo artefato produzido pela ação humana possui uma depreciação, seja por desgaste devido ao uso, por influências de condicionantes físicas e naturais do meio ambiente, por reações químicas, por agentes biológicos, intervenções do usuário, etc. Este processo de depreciação processa-se durante um período de tempo (entre a produção do artefato até sua obsolescência) o qual se pode chamar de vida útil (JOHN, 2006).

A durabilidade de um produto, segundo JOHN (2006) e a Norma NBR 15575 (ABNT: 2012), é a “capacidade da edificação ou de seus sistemas de desempenhar suas funções, ao longo do tempo e sob condições de uso e manutenção especificadas”. A vida útil constitui “o período de tempo em que um edifício e/ou seus sistemas se prestam às atividades para as quais foram projetados e construídos” (NBR 15575 ABNT: 2012).

Para JOHN (2006), “a vida útil é, portanto, uma quantificação da durabilidade em determinadas condições”.

De acordo com JOHN (2006), a durabilidade não constitui uma propriedade do material ou do produto, mas constitui o resultado da interação entre o material e o ambiente que o cerca, incluindo aspectos de microclima. Isto significa que dois materiais podem conter o mesmo nível de desempenho, no entanto um pode ter uma durabilidade menor devido às condições de exposição às condicionantes de degradação, como agentes climáticos.

Visto que a durabilidade de um material é um requisito da função do desempenho, este deve ser analisado sempre em relação ao ambiente em que estiver exposto, pois as condições de degradação influenciarão de maneira direta na sua vida útil (JOHN, 2006).

Um desafio inerente à previsão da vida útil é em relação ao custo global de um produto, especialmente em edificações, que constitui um produto de extrema complexidade. Todos os bens de consumo, quando ofertados no mercado, possuem preços e qualidades distintas, que variam de acordo com a forma de fabricação (JERNBERG, 2005).

De acordo com SABBATINI (2009), uma das condições para planejar a vida útil de uma edificação, é estabelecer parâmetros para uma concorrência saudável

no mercado imobiliário, através da contratação pelo custo global e não pelo custo inicial do produto, visto que o mercado disponibiliza produtos com qualidades e preços diferenciados.

Um produto com preço inicial menor, sob as mesmas condições de exposição, pode não ter a mesma vida útil e os mesmos benefícios que um produto com preço inicial maior. Visto isso, é de grande relevância levar em conta o custo global, pensando nas despesas que surgirão durante a vida útil do produto adquirido.

SABBATINI (2009) menciona um exemplo conveniente: uma lâmpada com vida útil de 4.000horas custa em torno de R\$ 9,90 e um lâmpada com durabilidade de 10.000horas custa R\$14,90. Considerando que a lâmpada de 4.000horas deverá ser substituída, na metade do período de vida útil da outra lâmpada, comprando a lâmpada mais cara, será possível economizar R\$4,90.

Segundo JERNBERG (2005), tradicionalmente, a indústria da construção civil tem sido direcionada para a procura do menor custo possível, sem considerar o custo necessário para manter o funcionamento do imóvel em longo prazo. Há ainda uma falta de ferramentas de análises sobre as despesas anuais de bens construídos.

Para entender melhor a dificuldade de determinar os valores de uma edificação, seria interessante compará-la com um produto de alta tecnologia, que também esteja ligado a maioria das pessoas, como o carro. Para isto, JERNBERG (2005) apresenta as principais questões que distinguem os mesmos:

Complexidade: o carro possui um sistema técnico altamente complexo, porém um edifício moderno construído é ainda mais complexo, por exemplo, com relação ao número de diferentes materiais, o número de opções nas especificações de projeto, e a interação entre os diferentes materiais e componentes.

Uniformidade em relação ao produto: normalmente, edifícios semelhantes são encontrados em pequenas quantidades, enquanto há um grande número de carros do mesmo modelo com pequenas diferenças em termos de qualidade.

Uniformidade em relação à produção: na maioria das vezes, a produção de edifícios é efetuada com baixa automatização e com um grande número de profissionais envolvidos, com uma integração relativamente fraca, ao qual sobre o produto acabado raramente pode ser afixado um “rótulo”, muito menos um rótulo de qualidade. A produção de carros, por outro lado, é realizada em um ambiente com processo altamente industrializado por fabricantes individuais do mercado com suas próprias marcas (é

verdade que um fabricante de automóveis, em geral, utiliza um grande número de sub-fornecedores, mas depois os seus produtos e produção são rigidamente controlados pelo fabricante). Vida útil: a vida útil de um edifício é de 5 a 10 vezes mais do que a de um carro.

Ambiente: mesmo que o ambiente seja variável ao longo do tempo, os valores médios anuais para um mesmo local ou posição são muito constantes (...). Neste caso, a complexidade, fala por si só e não tem que ser discutido (JERNBERG, 2005).

Diante destas questões, verifica-se tamanha complexidade na produção de um edifício.

Seria conveniente refletir sobre a possibilidade de uniformizar a produção de edificações, como acontece com os automóveis. Isto não significa que o resultado final e o fator estético será o mesmo para as edificações, mas sim o método de conceituar, projetar e executar um bem construído. Para JERNBERG (2005), isso acarretaria em uma garantia maior da qualidade de trabalho, bem como na colaboração dos diferentes profissionais envolvidos, que resultaria em: estabelecimento de programas de reparo e troca das partes da construção e na possibilidade de cálculo e minimização dos custos do ciclo de vida.

O Planejamento da vida útil contribui para a otimização de um bem construído e, especialmente, para a diminuição do custo global de uma edificação.

A busca por edificações com técnicas mais sustentáveis, aliada ao interesse pela economia em logo prazo, e estratégias de manutenção corretas podem aumentar o desempenho e a vida útil de um imóvel consideravelmente.

De acordo com GARRIDO et al. (2012), para que previsões de vida útil possam ser feitas, trabalhos devem ser realizados levando em conta as metodologias aplicadas nos materiais, componentes e sistemas construtivos. Desta maneira, é necessário haver uma gerência eficiente dos recursos e uma habilidade para prever ações de manutenção durante todo o período útil da estrutura.

Atualmente, os planejamentos de manutenção vêm sendo cada vez mais desenvolvidos na administração de pontes, e o objetivo é que este processo se estenda por outras tipologias de edificações, principalmente as que demandam maiores intervenções como residências e comércios (GARRIDO et al., 2012).

3. CAPÍTULO II – NORMATIVAS

Este capítulo constitui uma compilação analítica de algumas especificações e exigências sobre o requisito de planejamento da vida útil, constantes na norma brasileira NBR 15575 ABNT: 2012 (Desempenho de Edificações Habitacionais) e na norma internacional ISO 15686 (Planejamento da Vida Útil em Bens Construídos).

Tem por finalidade compor uma interface entre as duas normas, apresentar a complexidade de uma metodologia de previsão da vida útil, bem como auxiliar o atendimento da Norma brasileira de desempenho – NBR 15575 – a qual teve sua última publicação em março de 2013, e entrará em vigor em julho deste mesmo ano.

3.1. A NORMA DE DESEMPENHO PARA EDIFICAÇÕES HABITACIONAIS – NBR 15575 ABNT: 2012

A ideia para a concepção da Norma de Desempenho surgiu no ano de 2000, através de uma iniciativa da Caixa Econômica Federal e da Finep.

Em 2002 o Sinduscon- SP² e o Secovi³ iniciaram suas participações no grupo de estudos da mesma.

No ano de 2004, foram iniciadas as reuniões públicas com a participação de empresários do setor da construção e profissionais da área acadêmica.

Três anos após, foi disponibilizada a primeira edição da Norma de Desempenho para consulta pública, com vistas à publicação em 2008 e sua aplicação em 2010.

No entanto, após vários julgamentos sobre a necessidade de correções e aperfeiçoamento da Norma, a mesma foi adiada para 2012. Sem sucesso, a NBR 15575 continuou em processo de revisão, sendo publicada neste ano de 2013.

Como já dito anteriormente, a Norma é composta por seis cadernos divididos, respectivamente, em: Requisitos Gerais, Sistemas Estruturais, Pisos internos, Sistemas de vedações verticais externas e internas, Coberturas e Sistemas Hidrossanitários.

² Sinduscon-SP – Sindicato da Construção do estado de São Paulo.

³ Secovi – Sindicato das Empresas de Compra, Venda, Locação e Administração de Imóveis Residenciais e Comerciais.

Este trabalho possui como foco o estudo do Planejamento da vida útil em edificações. Assim sendo, são detalhadas adiante, todas as partes da Norma, no que se refere à Previsão da vida útil.

A primeira parte descreve a estrutura, as características, exigências fundamentais e questões importantes referentes ao escopo, termos e definições, as incumbências dos profissionais envolvidos na construção, avaliações de desempenho e generalidades.

Quanto ao método de avaliação da Norma, são estabelecidos, para cada parte de um componente ou de um sistema construtivo, critérios (quantitativos ou premissas) e requisitos (qualitativos), todos focados nas exigências dos usuários. Estas exigências devem ser atendidas de forma a promover segurança, habitabilidade e sustentabilidade, tendo para cada um destes tópicos, solicitações peculiares, detalhadas da seguinte forma:

4.2 Segurança

Os requisitos do usuário relativos à segurança são expressos pelos seguintes fatores:

- Segurança estrutural;
- Segurança contra o fogo;
- Segurança no uso e na operação.

4.3 Habitabilidade

Os requisitos do usuário relativos à habitabilidade são expressos pelos seguintes fatores:

- Estanqueidade;
- Desempenho térmico;
- Desempenho acústico;
- Desempenho lumínico;
- Saúde, higiene e qualidade do ar;
- Funcionalidade e acessibilidade;
- Conforto tátil e antropodinâmico.

4.4 Sustentabilidade

Os requisitos do usuário relativos à sustentabilidade são expressos pelos seguintes fatores:

- Durabilidade;
- Manutenibilidade;
- Impacto ambiental (NBR 15.575 ABNT:2012).

Esta forma de avaliação do desempenho da Norma, pautada em critérios e requisitos “visa de um lado incentivar e balizar o desenvolvimento tecnológico e, de outro, orientar a avaliação da eficiência técnica e econômica das inovações tecnológicas” (NBR 15575 ABNT:2012).

No texto corrente de todas as partes da NBR 15575 são estabelecidos requisitos mínimos de desempenho (M), os quais devem ser atendidos. Há ainda outros dois níveis de desempenho possíveis de serem obtidos em uma edificação: intermediário (I) e superior (S).

A NBR 15575 distingue-se das normas prescritivas – citadas como requeridas na norma – devido à sua ênfase nas exigências dos usuários, visto que as normas requeridas estabelecem exigências com base no uso de produtos e procedimentos. Contudo, a Norma de Desempenho não substitui nenhuma das demais normas, mas as complementa e destaca ainda a importância da utilização simultânea das mesmas.

As Normas requeridas estabelecem requisitos com base no uso consagrado de produtos ou procedimentos, buscando o atendimento aos requisitos dos usuários de forma indireta.

Por sua vez, as Normas de desempenho traduzem os requisitos dos usuários em requisitos e critérios, e são consideradas como complementares às Normas requeridas, sem substituí-las. A utilização simultânea delas visa atender aos requisitos do usuário com soluções tecnicamente adequadas (NBR 15575-1 - ABNT:2012 p.2/xx).

6.6.2 Na ausência de Normas Brasileiras requeridas para sistemas, podem ser utilizadas Normas Internacionais requeridas relativas ao tema (NBR 15575-1 - ABNT:2012 p.17/xx).

A primeira parte da Norma cita as referências normativas utilizadas para a elaboração da mesma, no âmbito da Vida Útil e da durabilidade das construções, sendo elas:

ISO 15686-1, Buildings and constructed assets – Service life planning – Part 1: General principles and framework
ISO 15686-2, Buildings and constructed assets – Service life planning – Part 2: Service life prediction procedures
ISO 15686-3, Buildings and constructed assets – Service life planning – Part 3: Performance audits and reviews
ISO 15686-5, Buildings and constructed assets – Service life planning – Part 5: Life cycle costing
ISO 15686-6, Buildings and constructed assets – Service life planning – Part 6: Procedures for considering environmental impacts
ISO 15686-7, Buildings and constructed assets – Service life planning – Part 7: Performance evaluation for feedback of service life data from practice (NBR 15575-1 - ABNT: 2012 p.6/xx).⁴

⁴ Devido a esta relação que a NBR 15575 (ABNT:2012) faz com a norma europeia, esta também será sintetizada neste trabalho.

BS 7453, Guide to durability of buildings and building elements, products and components (NBR 15575-1 - ABNT: 2012 p.7/xx).

Outro destaque da norma é o fato de ela delegar responsabilidades a todos os envolvidos no processo construtivo. Esta incumbe responsabilidades aos fornecedores, projetistas, construtores e incorporadores e, também, aos usuários, cujos encargos são descritos na Tabela 1.

Tabela 1 – Responsabilidades de cada agente envolvido na projeção, execução e manutenção de um bem construído, determinado pela Norma de Desempenho.

Incumbência dos intervenientes de uma obra	
Agentes envolvidos	Responsabilidades
Fornecedores de materiais, componentes, elementos e/ou sistemas	Especificar o desempenho do produto fornecido.
Projetistas ⁵	Estabelecer a Vida Útil de Projeto (VUP) de cada sistema que compõe a Norma. Especificar materiais, produtos e processos que atendam ao desempenho mínimo estabelecido na Norma com base nas normas requeridas e no desempenho declarado pelos fabricantes dos produtos.
Incorporador e seus prepostos	Identificar os riscos previsíveis na época do projeto, devendo o incorporador, neste caso, providenciar os estudos técnicos requeridos e prover aos diferentes projetistas as informações necessárias. Estes riscos podem ser: presença de aterro sanitário na área de implantação do empreendimento, contaminação do lençol freático, presença de agentes agressivos no solo e outros riscos ambientais.
Construtor (ou incorporador)	
Usuário	Elaborar o Manual de Uso, Operação e Manutenção, ou documento similar (...), atendendo às ABNT NBR 14037 e ABNT NBR 5674, que deve ser entregue ao proprietário da unidade quando da disponibilização da edificação para uso, cabendo também elaborar o manual das áreas comuns, que deve ser entregue ao condomínio. Ao usuário ou seu preposto cabe realizar a manutenção, de acordo com o estabelecido na ABNT NBR 5674 e o Manual de Uso, Operação e Manutenção, ou documento similar.

(Fonte: Adaptação da NBR 15575-1 ABNT:2012.)

A metodologia da avaliação do desempenho é cotada pela norma de maneira subjetiva:

(...) para atingir esta finalidade, (...) é realizada uma investigação sistemática baseada em métodos consistentes, capazes de produzir uma interpretação objetiva sobre o comportamento esperado do sistema nas condições de uso definidas (NBR 15575-1 ABNT:2012 p.15/XX).

⁵ Na página 35/XX da NBR 15575 (ABNT 2012) é citado que “Projetistas, construtores e incorporadores são responsáveis pelos valores teóricos de Vida Útil de Projeto”.

Sobre os resultados obtidos, é recomendado que eles sejam apresentados através de “documentação fotográfica, memorial de cálculo, observações instrumentadas, catálogos técnicos dos produtos, registro de eventuais planos de expansão de serviços públicos ou outras formas conforme conveniência” (NBR 15575-1 ABNT:2012 p.15/XX).

Em nota, a norma recomenda que,

(...) a avaliação do desempenho seja realizada por instituições de ensino ou pesquisa, laboratórios especializados, empresas de tecnologia, equipes multiprofissionais ou profissionais de reconhecida capacidade técnica (NBR 15575-1 ABNT:2012 p.15/XX).

Em relação aos métodos de avaliação de desempenho, a NBR 15575 considera “a realização de ensaios laboratoriais, ensaios em campo, inspeções em protótipos ou em campo, simulações e análise de projetos”.

Ela cita ainda que, a “realização de ensaios laboratoriais deve ser baseada nas normas explicitamente referenciadas, em cada caso, nesta Norma” (NBR 15575-1 ABNT:2012 p.16/XX).

Quanto aos resultados da avaliação de desempenho, a Norma menciona que o relatório final deve “reunir informações que caracterizem o edifício habitacional ou sistema analisado.” Ela alega ainda que:

6.7.2 Quando houver a necessidade de realização de ensaios laboratoriais, o relatório de avaliação deve conter a solicitação para realização desses ensaios, com explicitação dos resultados pretendidos e a metodologia a ser seguida, de acordo com as normas referenciadas nesta Norma.

6.7.3 A amostra tomada para ensaio deve ser acompanhada de todas as informações que a caracterizem, considerando sua participação no sistema.

6.7.4 A partir dos resultados obtidos deve ser elaborado um documento de avaliação do desempenho, baseado nos requisitos e critérios avaliados de acordo com esta Norma (NBR 15575-1 ABNT:2012 p.17/XX).

Do tópico 7 ao 13, da primeira parte da Norma, são mencionados os requisitos necessários para atender, respectivamente: o desempenho estrutural,

segurança contra incêndio, segurança no uso e na operação, estanqueidade⁶, desempenho térmico, desempenho acústico e desempenho lumínico.

No tópico 14 da Norma são colocados os requisitos sobre durabilidade e manutenibilidade, os quais serão detalhados neste trabalho. Este tópico inicia mencionando que, de maneira geral, a durabilidade está diretamente relacionada ao custo global de um empreendimento e que “a durabilidade de um produto se extingue quando ele deixa de atender às funções que lhe forem atribuídas” – devido à degradação por motivos diversos ou até mesmo por sua “obsolescência funcional” (NBR 15575-1 ABNT:2012 p.34/XX).

Em relação à determinação da Vida Útil de Projeto – responsabilidade especial dos projetistas – a Norma descreve que esta “pode ser confirmada por meio de atendimento às normas brasileiras ou internacionais”. O projetista, por sua vez, não se responsabiliza pela vida útil real do imóvel, visto que há outras condicionantes naturais – que fogem às possibilidades do profissional – que podem contribuir para a degradação do empreendimento como: “o correto uso e operação do edifício e de suas partes, a constância e efetividade das operações de limpeza e manutenção, alterações climáticas”, dentre outros (NBR 15575-1 - ABNT:2012 p.35/XX).

O valor final atingido de Vida Útil (VU) será uma composição do valor teórico calculado como Vida Útil de Projeto (VUP) influenciado positivamente ou negativamente pelas ações de manutenção, intempéries e outros fatores internos de controle do usuário e externos (naturais) fora de seu controle (NBR 15575-1 - ABNT:2012 p.35/XX).

Para o critério de vida útil de projeto, a NBR 15575-1 ABNT: 2012 determina um tempo mínimo para cada parte da edificação, como mostra a Tabela 2.

⁶ Estanqueidade é a capacidade de uma edificação não absorver água ou a umidade.

Tabela 2 – Vida útil de projeto mínima a ser estabelecida pelo projetista.

Sistema	VUP mínima em anos
Estrutura	≥ 50 segundo ABNT NBR 8681-2003
Pisos internos	≥ 13
Vedação vertical externa	≥ 40
Vedação vertical interna	≥ 20
Cobertura	≥ 20
Hidrossanitário	≥ 20
* Considerando periodicidade e processos de manutenção especificados no respectivo Manual de Uso, Operação e Manutenção entregue ao usuário elaborado em atendimento à ABNT NBR 5674.	

(Fonte: NBR 15575-1 - ABNT:2012 p. 35/XX)

Caso a vida útil de projeto não seja estabelecida pelo projetista, será considerada a vida útil mínima da tabela acima.

No anexo C da norma, são apresentados subsídios mais detalhados sobre este tema, como a conceituação de vida útil (*service life*), vida útil de projeto (*design life*) e vida útil estimada (*predicted service life*).

A vida útil (*service life*) é uma medida temporal da durabilidade de um edifício ou de suas partes (sistemas complexos, do próprio sistema e de suas partes: subsistemas; elementos e componentes).

A Vida Útil de Projeto (*design life*) é definida pelo incorporador e/ou proprietário e projetista, e expressa previamente.

Conceitua-se ainda a vida útil estimada (*predicted service life*) como sendo a durabilidade prevista para um dado produto, inferida a partir de dados históricos de desempenho do produto ou de ensaios de envelhecimento acelerado.

A Vida Útil de Projeto (VUP) é basicamente uma expressão de caráter econômico de um requisito do usuário (NBR 15575-1 - ABNT:2012 p. 52/XX).

Segundo a norma, “a melhor forma para se determinar a VUP para uma parte de uma edificação é através de pesquisa de opinião entre técnicos, usuários e agentes envolvidos com o processo de construção” (NBR 15575-1 - ABNT:2012 p. 52/XX).

A Vida Útil de projeto pode ser estabelecida a partir da definição do usuário, referente ao custo da edificação e o tempo em que deseja usufruir o bem construído, no caso de bens não duráveis.

No entanto, para bens duráveis, de alto valor unitário e geralmente de aquisição única, como é a habitação, a sociedade tem de impor outros marcos referenciais para regular o mercado e evitar que o

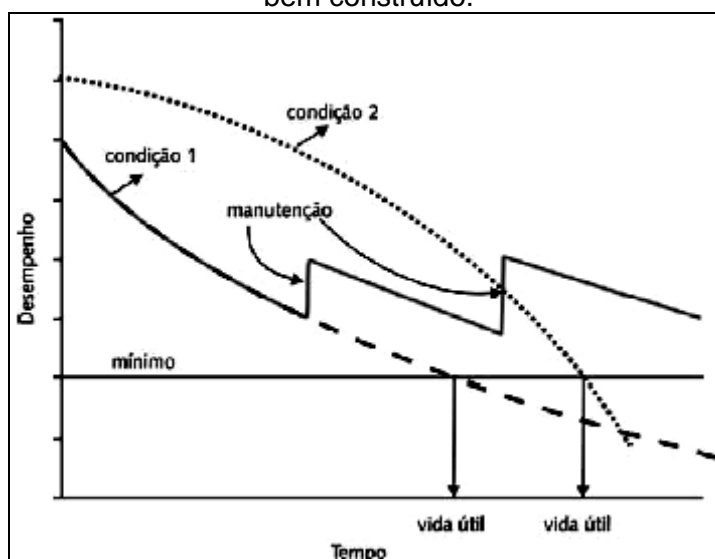
custo inicial prevaleça em detrimento do custo global e que uma durabilidade inadequada venha a comprometer o valor do bem e a prejudicar o usuário. O estabelecimento em lei, ou em Normas, da VUP mínima configura-se como o principal referencial para edificações habitacionais, principalmente para as habitações subsidiadas pela sociedade e as destinadas às parcelas da população menos favorecidas economicamente (NBR 15575-1 - ABNT:2012 p. 52/XX).

A VUP determina toda a produção de um bem construído, de modo que, a partir do momento em que esta é estabelecida, todo o processo de projeção, a escolha de materiais, componentes, elementos e sistema, serão balizados no desempenho dos mesmos, a fim de obter a Vida Útil (VU) igual ou superior à Vida Útil de Projeto (VUP). No entanto, para que isso seja possível, é necessária a participação de todos os intervenientes, desde o incorporador até o usuário.

A NBR 15575-1 destaca a importância da manutenção, para a concretização da Vida Útil de Projeto. Ela é fundamental na determinação do desempenho da edificação.

No entanto, vale salientar que as condições ambientais cujo imóvel estará exposto são determinantes para vida útil do mesmo, como mostra a Figura 1.

Figura 1 – O aumento significativo do desempenho de uma edificação com a prática correta da manutenção e a forte influência das condições ambientais sobre a vida útil do bem construído.



(Fonte: JOHN, 2006)

Quem define a VUP deve também estabelecer as ações de manutenção que devem ser realizadas para garantir o atendimento à VUP. É necessário salientar a importância da realização integral das ações de manutenção pelo usuário, sem o que se corre o risco de a VUP não ser atingida.

(...)

Por exemplo, um revestimento de fachada em argamassa pintado pode ser projetado para uma VUP de 25 anos, desde que a pintura seja refeita a cada cinco anos⁷, no máximo. Se o usuário não realizar a manutenção prevista, a VU real do revestimento pode ser seriamente comprometida. Por consequência, as eventuais patologias resultantes podem ter origem no uso inadequado e não em uma construção falha (NBR 15575-1 - ABNT:2012 p. 53/XX).

A norma brasileira propõe dois níveis de Vida Útil de Projeto (VUP) – mínimo e superior. Para a determinação da VUP mínima, a NBR 15575-1 considera três parâmetros:

- o efeito que uma falha no desempenho do subsistema ou elemento acarreta;
- a maior facilidade ou dificuldade de manutenção e reparação em caso de falha no desempenho;
- o custo de correção da falha, considerando-se inclusive o custo de correção de outros subsistemas ou elementos afetados (por exemplo, a reparação de uma impermeabilização de piscina pode implicar a substituição de todo o revestimento de piso e paredes, e o custo resultante é muito superior ao custo da própria impermeabilização) (NBR 15575-1 - ABNT:2012 p. 54/XX).

A fim de padronizar os critérios da VUP, a NBR 15575 seguiu alguns conceitos fundamentados em normas internacionais. As Tabelas 3, 4 e 5 relacionam estes critérios para o atendimento da Vida Útil de Projeto mínima.

A Tabela 3 apresenta possíveis falhas que podem ocorrer em sistemas e/ou elementos construtivos. Estas falhas são categorizadas, de maneira ascendente, de acordo com seu nível de gravidade.

Considerando que no sistema de revestimento de pintura pode haver significativa penetração de umidade, poderíamos enquadrar, dentre as categorias da tabela de previsão de falhas, a categoria “C”, que sinaliza “perigo à saúde”, devido à insalubridade que a umidade excessiva causa ao edifício.

⁷ Visto a necessidade da repintura, descrito na Norma de Desempenho, entende-se, que a vida útil de um sistema de revestimento de pintura é, portanto, de 5 anos.

Tabela 3 – Previsão de falhas para os sistemas e/ou elementos construtivos.

Categoria	Efeito no desempenho	Exemplos típicos
A	Perigo à vida (ou de ser ferido)	Colapso repentino da estrutura
B	Risco de ser ferido	Degrau de escada quebrado
C	Perigo à saúde	Séria penetração de umidade
D	Interrupção do uso do edifício	Rompimento de coletor de esgoto
E	Comprometer a segurança de uso	Quebra de fechadura de porta
F	Sem problemas excepcionais	Substituição de uma telha

NOTA Falhas individuais podem ser enquadradas em duas ou mais categorias.

(Fonte: NBR 15575-1 - ABNT:2012 p. 54/XX)

A Tabela 4 distingue, em categorias, a Vida Útil de Projeto de sistemas e elementos que futuramente possam ou não ter uma manutenção ou que devem ser de imediato, substituíveis – fazendo ainda, uma comparação com a Vida Útil do edifício. Nesta tabela o sistema de revestimento de pintura – objeto base deste trabalho – poderia ser classificado na categoria 2, ou seja, “são duráveis, porém necessitam de manutenção periódica, e são passíveis de substituição ao longo da vida útil do edifício” (NBR 15575-1 - ABNT:2012 p. 55/XX).

Tabela 4 – Níveis distintos de Vida Útil de Projeto para diferentes tipos de sistemas e elementos construtivos.

Categoria	Descrição	Vida útil	Exemplos típicos
1	Substituível	Vida útil mais curta que o edifício, sendo sua substituição fácil e prevista na etapa de projeto	Muitos revestimentos de pisos, louças e metais sanitários
2	Manutenível	São duráveis, porém necessitam de manutenção periódica, e são passíveis de substituição ao longo da vida útil do edifício	Revestimentos de fachadas e janelas
3	Não manutenível	Devem ter a mesma vida útil do edifício por não possibilitarem manutenção	Fundações e muitos elementos estruturais

(Fonte: NBR 15575-1 - ABNT:2012 p. 55/XX)

Na Tabela 5 são divididos, também por categorias, os níveis de custos de manutenção de elementos e sistemas construtivos. O sistema de revestimento em pintura de fachadas – item de estudo deste trabalho – está classificado na categoria “C”, ou seja, “médio ou alto custo de manutenção ou reparação”, com um “custo de reposição (...) equivalente ao custo inicial” (NBR 15575-1 - ABNT:2012 p. 55/XX).

Tabela 5 – Custos de manutenção previstos para diferentes tipos de sistemas e elementos construtivos.

Categoria	Descrição	Exemplos típicos
A	Baixo custo de manutenção	Vazamentos em metais sanitários
B	Médio custo de manutenção ou reparação	Pintura de revestimentos internos
C	Médio ou alto custo de manutenção ou reparação Custo de reposição (do elemento ou sistema) equivalente ao custo inicial	Pintura de fachadas, esquadrias de portas, pisos internos e telhamento
D	Alto custo de manutenção e/ou reparação Custo de reposição superior ao custo inicial Comprometimento da durabilidade afeta outras partes do edifício	Revestimentos de fachada e estrutura de telhados
E	Alto custo de manutenção ou reparação Custo de reposição muito superior ao custo inicial	Impermeabilização de piscinas

(Fonte: NBR 15575-1 - ABNT:2012 p. 55/XX)

Com base nas categorias das três tabelas acima, foi constituída a Tabela 6, que fornece subsídios sobre a estimativa da Vida Útil de Projeto de cada componente e sistema construtivo do imóvel.

Tabela 6 – Critérios para o estabelecimento da VUP com base nas Tabelas 3, 4 e 5.

Valor sugerido de VUP para os sistemas, elementos e componentes	Efeito da falha (Tabela C.1)	Categoria de VUP (Tabela C.2)	Categoria de custos (Tabela C.3)
Entre 5 % e 8 % da VUP da estrutura	F	1	A
Entre 8 % e 15 % da VUP da estrutura	F	1	B
Entre 15 % e 25 % da VUP da estrutura	E, F	1	C
Entre 25 % e 40 % da VUP da estrutura	D, E, F	2	D
Entre 40 % e 80 % da VUP da estrutura	qualquer	2	D, E
Igual a 100 % da VUP da estrutura	qualquer	3	qualquer

NOTA 1 As VUPs entre 5 % e 15 % da VUP da estrutura podem ser aplicáveis somente a componentes. As demais VUPs podem ser aplicáveis a todas as partes do edifício (sistemas, elementos e componentes).

NOTA 2 Existem internacionalmente diversas e variadas proposições para determinação da VUP do edifício. No entanto, em relação aos edifícios habitacionais, observa-se que elas apresentam notável convergência, situando a VUP destes edifícios entre 50 e 60 anos.

(Fonte: NBR 15575-1 - ABNT:2012 p. 55/XX)

Considerando o sistema de revestimento de pintura, nas três categorias das tabelas acima, sendo: I- previsão de falhas – categoria C – perigo à saúde – séria penetração de umidade; II- categoria de vida útil – categoria 2 – manutenível; III- custos de manutenção previstos – categoria C – médio ou alto custo; pode-se considerar a Vida Útil de Projeto, para este sistema, de 40% a 80% da VUP da estrutura.

Além da parametrização acima da VUP, a Norma estabelece mais duas Tabelas com a identificação da Vida Útil mínima e superior, para cada parte de uma edificação, como pode ver nas Tabelas de 7 a 10.

Tabela 7 – Vida Útil de Projeto mínima e superior de acordo com a Norma de Desempenho.

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

* Considerando periodicidade e processos de manutenção segundo a ABNT NBR 5674 e especificados no respectivo Manual de Uso, Operação e Manutenção entregue ao usuário elaborado em atendimento à ABNT NBR 14037.

(Fonte: NBR 15575-1 - ABNT:2012 p. 57/XX)

Tabela 8 – Vida Útil de Projeto mínima e superior para outros elementos e sistemas construtivos.

Parte da edificação	Exemplos	VUP anos	
		Mínimo	Superior
Estrutura principal	Fundações, elementos estruturais (pilares, vigas, lajes e outros), paredes estruturais, estruturas periféricas, contenções e arrimos	≥ 50	≥ 75
Estruturas auxiliares	Muros divisórios, estrutura de escadas externas	≥ 20	≥ 30
Vedação externa	Paredes de vedação externas, painéis de fachada, fachadas-cortina	≥ 40	≥ 60
Vedação interna	Paredes e divisórias leves internas, escadas internas, guarda-corpos	≥ 20	≥ 30
Cobertura	Estrutura da cobertura e coletores de águas pluviais embutidos	≥ 20	≥ 30
	Telhamento	≥ 13	≥ 20
	Calhas de beiral e coletores de águas pluviais aparentes, subcoberturas facilmente substituíveis	≥ 4	≥ 6
	Rufos, calhas internas e demais complementos (de ventilação, iluminação, vedação)	≥ 8	≥ 12
Revestimento interno aderido	Revestimento de piso, parede e teto: de argamassa, de gesso, cerâmicos, pétreos, de tacos e assoalhos e sintéticos	≥ 13	≥ 20

(Fonte: NBR 15575-1 - ABNT:2012 p. 57/XX)

Tabela 9 – Vida Útil de Projeto mínima e superior para outros elementos e sistemas construtivos (continuação).

Parte da edificação		Exemplos	VUP anos	
			Mínimo	Superior
Instalações prediais embutidas em vedações e manuteníveis somente por quebra das vedações ou dos revestimentos (inclusive forros falsos e pisos elevados não acessíveis)		Tubulações e demais componentes (inclui registros e válvulas) de instalações hidrossanitários, de gás, de combate a incêndio, de águas pluviais, elétricos	≥ 20	≥ 30
		Reservatórios de água não facilmente substituíveis, redes alimentadoras e coletoras, fossas sépticas e negras, sistemas de drenagem não acessíveis e demais elementos e componentes de difícil manutenção e ou substituição	≥ 13	≥ 20
		Componentes desgastáveis e de substituição periódica, tais como gaxetas, vedações, guarnições e outros	≥ 3	≥ 4
Instalações aparentes ou em espaços de fácil acesso		Tubulações e demais componentes	≥ 4	≥ 6
		Aparelhos e componentes de instalações facilmente substituíveis como louças, torneiras, sifões, engates flexíveis e demais metais sanitários, aspersores (<i>sprinklers</i>), mangueiras, interruptores, tomadas, disjuntores, luminárias, tampas de caixas, fiação e outros	≥ 3	≥ 4
		Reservatórios de água	≥ 8	≥ 12
Equipamentos funcionais manuteníveis e substituíveis	Médio custo de manutenção	Equipamentos de recalque, pressurização, aquecimento de água, condicionamento de ar, filtragem, combate a incêndio e outros	≥ 8	≥ 12
	Alto custo de manutenção	Equipamentos de calefação, transporte vertical, proteção contra descargas atmosféricas e outros	≥ 13	≥ 20

* Considerando periodicidade e processos de manutenção segundo a ABNT NBR 5674 e especificados no respectivo Manual de Uso, Operação e Manutenção entregue ao usuário elaborado em atendimento à ABNT NBR 14037.

(Fonte: NBR 15575-1 - ABNT:2012 p. 57/XX)

Tabela 10 – Vida Útil de Projeto mínima e superior para outros elementos e sistemas construtivos (continuação).

Parte da edificação	Exemplos	VUP anos	
		Mínimo	Superior
Revestimento interno não aderido	Revestimentos de pisos: têxteis, laminados ou elevados; lambris; forros falsos	≥ 8	≥ 12
Revestimento de fachada aderido e não aderido	Revestimento, molduras, componentes decorativos e cobre-muros	≥ 20	≥ 30
Piso externo	Pétreo, cimentados de concreto e cerâmico	≥ 13	≥ 20
Pintura	Pinturas internas e papel de parede	≥ 3	≥ 4
	Pinturas de fachada, pinturas e revestimentos sintéticos texturizados	≥ 8	≥ 12
Impermeabilização manutenível sem quebra de revestimentos Impermeabilização manutenível somente com a quebra dos revestimentos	Componentes de juntas e rejuntamentos; mata-juntas, sancas, golas, rodapés e demais componentes de arremate	≥ 4	≥ 6
	Impermeabilização de caixa d'água, jardineiras, áreas externas com jardins, coberturas não utilizáveis, calhas e outros	≥ 8	≥ 12
	Impermeabilizações de áreas internas, de piscina, de áreas externas com pisos, de coberturas utilizáveis, de rampas de garagem etc.	≥ 20	≥ 30
Esquadrias externas (de fachada)	Janelas (componentes fixos e móveis), portas-balcão, gradis, grades de proteção, cobogós, brises. Inclusos complementos de acabamento como peitoris, soleiras, pingadeiras e ferragens de manobra e fechamento	≥ 20	≥ 30
Esquadrias internas	Portas e grades internas, janelas para áreas internas, boxes de banho	≥ 8	≥ 12
	Portas externas, portas corta-fogo, portas e gradis de proteção a espaços internos sujeitos à queda > 2 m	≥ 13	≥ 20
	Complementos de esquadrias internas, tais como ferragens, fechaduras, trilhos, folhas mosquiteiras, alisares e demais complementos de arremate e guarnição	≥ 4	≥ 6
Esquadrias internas	Portas e grades internas, janelas para áreas internas, boxes de banho	≥ 8	≥ 12
	Portas externas, portas corta-fogo, portas e gradis de proteção a espaços internos sujeitos à queda > 2 m	≥ 13	≥ 20
	Complementos de esquadrias internas, tais como ferragens, fechaduras, trilhos, folhas mosquiteiras, alisares e demais complementos de arremate e guarnição	≥ 4	≥ 6

(Fonte: NBR 15575-1 - ABNT:2012 p. 57/XX)

Para o atendimento da NBR 15575, verifica-se, na Tabela 9, que para pinturas de fachadas, a VUP mínima deve ser de oito anos ou mais e a VUP superior deve ser de doze anos ou mais.

Estes prazos de Vida Útil de Projeto foram adotados pela Norma brasileira “em função das condições socioeconômicas existentes atualmente e pode ser modificado quando da sua revisão”, visto que a mesma não se encontra em vigor (NBR 15575-1 - ABNT:2012 p. 56/XX).

Segundo a NBR 15575-1 (ABNT:2012), para que seja possível o atendimento da VUP, é necessário que esta seja estabelecida ainda na fase de

concepção de projeto, pelo projetista, em conjunto com o empreendedor e o usuário. Além disto, é necessário considerar determinados aspectos, sendo alguns de responsabilidade do projetista e outros do usuário:

- a) emprego de componentes e materiais de qualidade compatível com a VUP;
- b) execução com técnicas e métodos que possibilitem a obtenção da VUP;
- c) atendimento em sua totalidade dos programas de manutenção corretiva e preventiva;
- d) atendimento aos cuidados preestabelecidos para se fazer um uso correto do edifício;
- e) utilização do edifício em concordância ao que foi previsto em projeto (NBR 15575-1 - ABNT:2012 p. 56/XX).

A Norma cita ainda uma questão que deve ser enfatizada:

A definição da VUP é realizada pelo projetista de arquitetura e especificada em projeto para cada um dos sistemas (...).
Convém que os fabricantes de componentes a serem empregados na construção desenvolvam produtos que atendam pelo menos a VUP mínima obrigatória e informem em documentação técnica específica as recomendações para manutenção corretiva e preventiva (...).(NBR 15575-1 - ABNT:2012 p. 56/XX)
Aos usuários é incumbido realizar os programas de manutenção, segundo ABNT NBR 5674, considerando as instruções do Manual de Uso, Operação e Manutenção e recomendações técnicas das inspeções prediais (...) (NBR 15575-1 - ABNT:2012 p. 57/XX).

Outro fator determinante para atestar o estado de conservação da edificação é a inspeção predial, a fim de verificar se os procedimentos de manutenção colocados no Manual de Uso, Operação e Manutenção estão sendo atendidos corretamente, pelo usuário.

É de suma importância a especificação correta dos componentes e elementos adotados, no projeto, bem como as condições a que o empreendimento estará exposto, a fim de possibilitar a veracidade da eficiência dos componentes e a viabilidade de sua aplicação.

A NBR 15575-1 (ABNT: 2012) considera que, para o atendimento da VUP, seja adotada a Norma internacional ISO 15686 – Partes 1, 3, 5 e 7.

O período de tempo a partir do qual se iniciam os prazos de vida útil deve ser sempre a data de conclusão do edifício habitacional, a qual, para efeitos desta Norma, é a data de expedição do Auto de Conclusão de Edificação ou “Habite-se”, documento legal que

atesta a conclusão das obras (NBR 15575-1 - ABNT:2012 p. 36/XX).

Contudo, apesar de todas as solicitações acima citadas, o item 14.2.2 da Norma de Desempenho, versão 2012, menciona que a VUP pode ser substituída pela garantia de uma terceira parte, como uma companhia de seguros, por exemplo. A Norma faz ainda outra alusão ao atendimento da VUP, dizendo que caso seja atendida 50% da VUP estabelecida, sem a necessidade de intervenções, esta será considerada aprovada.

Para finalizar o tópico “Durabilidade e manutenibilidade” da primeira parte da Norma, é mencionado um requisito e um critério de manutenibilidade, de modo que este é um fator determinante para a efetivação da vida útil de projeto. Como requisito, a NBR 15575 (ABNT:2012) determina a necessidade de “manter a capacidade do edifício e de seus sistemas e permitir ou favorecer as inspeções prediais, bem como as intervenções de manutenção previstas no Manual de Uso, Operação e Manutenção”. Como critério é citada a importância de “os projetos serem desenvolvidos de forma que o edifício e os sistemas projetados tenham o favorecimento das condições de acesso para inspeção predial através da instalação de suportes para fixação de andaimes, balancins ou outro meio que possibilite a realização da manutenção” (NBR 15575-1 - ABNT:2012 p. 37/XX).

O Manual de Uso, Operação e Manutenção (ou Manual do Proprietário) é um item importante para o atendimento eficaz da Norma e o alcance do desempenho do imóvel. Nele deve conter todas as peculiaridades pertinentes ao entendimento do projeto, bem como a determinação da vida útil de projeto. Para o desenvolvimento deste manual, devem ser atendidas as Normas ABNT NBR 14037 e ABNT NBR 5674 que se referem, respectivamente, às diretrizes para elaboração de manuais de uso, operação e manutenção das edificações e ao procedimento de manutenção de edifícios. Devem ser estabelecidos também prazos de garantia dos sistemas, elementos, componentes e instalações que irão compor o bem construído, como se vê nas Tabelas 11, 12 e 13.

A segunda parte da Norma cita condições para obter o desempenho dos sistemas estruturais. São detalhados requisitos referentes à segurança estrutural e à durabilidade e manutenibilidade deste sistema, complementando a primeira parte da norma.

No sétimo tópico, em que trata da segurança estrutural são mencionados requisitos gerais, bem como requisitos e critérios específicos para: a estabilidade e resistência de sistemas e elementos com função estrutural, as deformações ou estados de fissura, e os impactos de corpo mole e corpo duro.

O terceiro caderno da Norma de Desempenho menciona requisitos e critérios referentes aos sistemas de pisos. Dentre os requisitos de durabilidade deste sistema, são referenciadas: a umidade em áreas molhadas e molháveis, a resistência ao ataque químico e a resistência ao desgaste devido ao uso.

A quarta parte da NBR 15575 ABNT: 2012 apresenta exigências referentes às vedações. Esta estabelece alguns requisitos específicos sobre o desempenho estrutural, segurança contra incêndio, estanqueidade, desempenho térmico e acústico, e durabilidade e manutenibilidade dos sistemas de vedações.

A Norma de Desempenho condiciona às vedações verticais externas, uma vida útil mínima de quarenta anos e, para as vedações internas, o mínimo de vinte anos.

No quinto caderno da NBR 15575 ABNT: 2012 são estabelecidos requisitos para o desempenho dos sistemas de cobertura, cuja vida útil mínima deve ser de vinte anos.

Por fim, a sexta parte da Norma de Desempenho, detalha alguns requisitos importantes sobre os sistemas hidrossanitários, os quais devem ter no mínimo vinte anos de vida útil.

Tabela 11 – Prazos de garantia de sistemas, elementos, componentes e instalações.

Sistemas, elementos, componentes e instalações	Prazos de garantia recomendados			
	1 ano	2 anos	3 anos	5 anos
Fundações, estrutura principal, estruturas periféricas, contenções e arrimos				Segurança e estabilidade global Estanqueidade de fundações e contenções
Paredes de vedação, estruturas auxiliares, estruturas de cobertura, estrutura das escadarias internas ou externas, guarda-corpos, muros de divisa e telhados				Segurança e integridade
Equipamentos industrializados (aquecedores de passagem ou acumulação, motobombas, filtros, interfone, automação de portões, elevadores e outros) Sistemas de dados e voz, telefonia, vídeo e televisão	Instalação Equipamentos			
Sistema de proteção contra descargas atmosféricas, sistema de combate a incêndio, pressurização das escadas, iluminação de emergência, sistema de segurança patrimonial	Instalação Equipamentos			
Porta corta-fogo	Dobradiças e molas			Integridade de portas e batentes
Instalações elétricas tomadas/interruptores/disjuntores/fios/cabos/eletrodutos/caixas e quadros	Equipamentos		Instalação	
Instalações hidráulicas e gás - colunas de água fria, colunas de água quente, tubos de queda de esgoto, colunas de gás				Integridade e vedação
Instalações hidráulicas e gás coletores/ramais/louças/caixas de descarga/bancadas/metals sanitários/sifões/ligações flexíveis/válvulas/registros/ralos/tanques	Equipamentos		Instalação	
Impermeabilização				Estanqueidade
Esquadrias de madeira	Empenamento Descolamento Fixação			

(Fonte: NBR 15575-1 - ABNT:2012 p. 61/XX)

Tabela 12 – Prazos de garantia de sistemas, elementos, componentes e instalações (continuação).

Sistemas, elementos, componentes e instalações	Prazos de garantia recomendados			
	1 ano	2 anos	3 anos	5 anos
Esquadrias de aço	Fixação Oxidação			
Esquadrias de alumínio e de PVC	Partes móveis (inclusive recolhedores de palhetas, motores e conjuntos elétricos de acionamento)	Borrachas, escovas, articulações, fechos e roldanas		Perfis de alumínio, fixadores e revestimentos em painel de alumínio
Sistemas, elementos, componentes e instalações	Prazos de garantia mínimos			
	1 ano	2 anos	3 anos	5 anos
Fechaduras e ferragens em geral	Funcionamento Acabamento			
Revestimentos de paredes, pisos e tetos internos e externos em argamassa/gesso liso/ componentes de gesso acartonado		Fissuras	Estanqueidade de fachadas e pisos molháveis	Má aderência do revestimento e dos componentes do sistema
Revestimentos de paredes, pisos e tetos em azulejo/cerâmica/pastilhas		Revestimentos soltos, gretados, desgaste excessivo	Estanqueidade de fachadas e pisos molháveis	
Revestimentos de paredes, pisos e teto em pedras naturais (mármore, granito e outros)		Revestimentos soltos, gretados, desgaste excessivo	Estanqueidade de fachadas e pisos molháveis	
Pisos de madeira – tacos, assoalhos e decks	Empenamento, trincas na madeira e destacamento			
Piso cimentado, piso acabado em concreto, contrapiso		Destacamentos, fissuras, desgaste excessivo	Estanqueidade de pisos molháveis	
Revestimentos especiais (fórmica, plásticos, têxteis, pisos elevados, materiais compostos de alumínio)		Aderência		
Forros de gesso	Fissuras por acomodação dos elementos estruturais e de vedação			
Forros de madeira	Empenamento, trincas na madeira e destacamento			

(Fonte: NBR 15575-1 - ABNT:2012 p. 62/XX)

Tabela 13 – Prazos de garantia de sistemas, elementos, componentes e instalações (continuação).

Sistemas, elementos, componentes e instalações	Prazos de garantia mínimos			
	1 ano	2 anos	3 anos	5 anos
Pintura/verniz (interna/externa)		Empolamento, descascamento, esfarelamento, alteração de cor ou deterioração de acabamento		
Selantes, componentes de juntas e rejuntamentos	Aderência			
Vidros	Fixação			

(Fonte: NBR 15575-1 - ABNT:2012 p. 62/XX)

3.2. A NORMA INTERNACIONAL NORMA ISO 15686 – PLANEJAMENTO DE VIDA ÚTIL DE EDIFÍCIOS E BENS CONSTRUÍDOS

Um dos maiores grupos empenhados a estudar as inovações tecnológicas e metodológicas no setor da construção, a nível mundial, é o CIB – Conselho Internacional da Construção (Conseil International du Bâtiment), criado em 1953 na França.

Em 1998 passou a se chamar Conselho Internacional de Pesquisa e Inovação na Construção Civil, o qual se tornou uma rede mundial composta por mais de 5.000 especialistas, comprometidos a pesquisar inovações para o setor da construção. Hoje, este conselho conta com mais de 500 membros ativos em comunidades de pesquisa, indústrias e instituições educacionais⁸.

Em 1982 foi estabelecida uma comissão técnica entre o CIB e o RILEM (International Union of Laboratories and Experts in Construction Materials)⁹ – um grupo de pesquisa, criado em 1947, para desenvolver estudos voltados a metodologias e inovações sobre os materiais, sistemas e estruturas¹⁰. Esta comissão buscou desenvolver metodologias padrões para a previsão da vida útil na construção civil. Em 1993, o grupo de trabalho desenvolveu uma norma sobre vida útil de projeto, intitulada “ISO/TC59/SC14”, que contava com a participação de diferentes especialistas, a fim de efetivar métodos de previsão da vida útil de

⁸ Informações colhidas no site do grupo CIB: <<http://www.cibworld.nl>> Acesso em: 27 Nov. 2010

⁹ O GRUPO RILEM – União Internacional de laboratórios e especialistas em sistemas de materiais de construção e estruturas – foi criado com o objetivo de renovar relações internacionais que haviam sido interrompidas pela guerra, a fim de discutir tecnologias referentes à materiais de construção e sistemas estruturais.

¹⁰ Site do grupo de pesquisa RILEM: <<http://www.rilem.net>> Acesso em: 27 Nov. 2010

sistemas construtivos. Nesta mesma época, houve a criação da “Diretoria de Produtos para Construção Europeia”, o qual mais tarde se tornou parte da subcomissão de normatização de “Vida Útil em projetos de edifícios” (SC14) que faz parte da Comissão principal da ISO/TC59 – Comissão Técnica da Construção Civil (JERNBERG, 2005).

Com o passar do tempo, normas complementares foram sendo implantadas para aperfeiçoar os estudos sobre a vida útil de edifícios, como a ISO 15686, que instituiu uma metodologia padrão para o planejamento da vida útil de edificações. Esta Norma adota uma metodologia de previsão da vida útil com base em um método fatorial¹¹ – considerando fatores da construção e do meio ambiente.

A Norma ISO 15686 está dividida em dez partes, sendo cada uma delas concluídas em tempos distintos. A quarta parte, que trata do planejamento da vida útil através da modelagem de informações, ainda se encontra em desenvolvimento.

A primeira parte da Norma trabalha com princípios gerais, questões e dados necessários para a previsão da vida útil, e fornece um método de como estimar a vida útil dos componentes ou conjuntos para o uso em projetos específicos de construção.

A segunda parte descreve uma metodologia básica para testar o desempenho ao longo do tempo de componentes e conjuntos, a fim de fornecer um serviço de previsão da vida útil. Sempre que possível a vida útil requerida no projeto deve ser derivada de predefinições de vida útil, descritas na segunda parte da norma. Às vezes são necessárias aplicações de testes em materiais específicos em laboratórios para interpretar o desempenho.

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

¹¹ No momento da publicação da Norma ISO 15686 este método fatorial estava sendo estudado também pelo Instituto de Arquitetura do Japão (Architectural Institute of Japan). O Instituto de Arquitetura do Japão foi fundado em 1886 como um instituto de arquitetos, sendo renomeado Instituto de Arquitetura em 1905, e dado o seu nome actual em 1947. Os estudos do Instituto de Arquitetura do Japão contribuíram bastante para os estudos do CIB, através da publicação de um guia sobre durabilidade de edificações e seus componentes, em 1991, e sua tradução para o inglês feita em 1993, intitulado “The english edition of principal guide for service life planning of buildings”. (Fonte: SJOSTROM, LACASSE, 2004)

A quarta parte da ISO 15686 se encontra em fase de desenvolvimento pelo comitê europeu , portanto, não será possível detalhá-la neste trabalho.

A quinta parte da Norma fornece informações sobre os custos da vida útil de um edifício.

Posteriormente, na sexta parte, a Norma oferece descrições de como estimar as influências sobre o ambiente em que está sendo analisada a vida útil. Ela integra o processo de planejamento da vida útil com a Análise do Ciclo de Vida (ACV).

Na sétima parte, após a interface com a ACV, a Norma fornece orientações para melhorar a qualidade e aumentar a durabilidade, que são obtidos a partir de avaliações das condições de edifícios existentes.

A oitava parte da ISO 15686 descreve o método e da orientação para obter a referência de vida útil a ser usada na aplicação do mesmo.

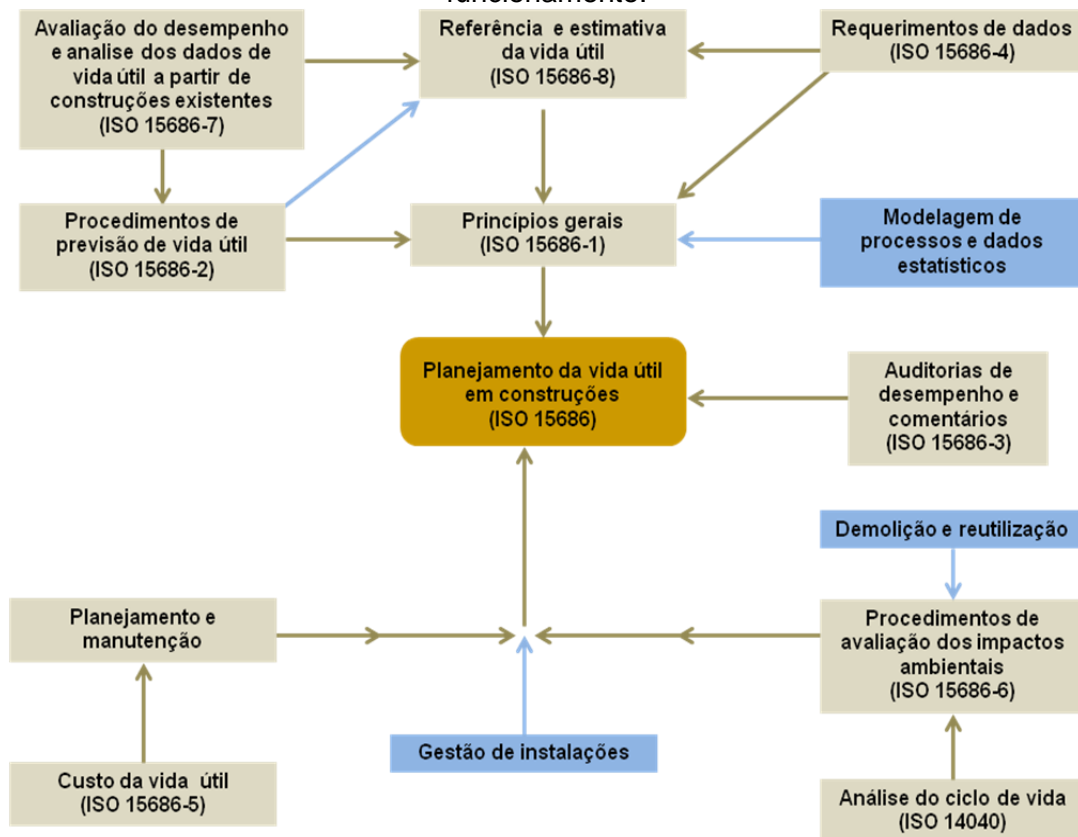
A nona parte estabelece orientações sobre os dados da avaliação da vida útil.

Por fim, a décima e última parte descreve como avaliar o desempenho funcional da edificação.

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

A figura 2 mostra como as partes se relacionam e a associação dos tópicos com outras normas internacionais. Esta figura é uma versão atualizada da figura original da página VII da norma ISO 15686-1.

Figura 2 - Influências sobre o Planejamento de vida útil em edifícios construídos em funcionamento.



(Fonte: JERNBERG (2005), traduzido pela autora.)

A Norma ISO 15686 inicia conceituando o planejamento da vida útil, afirmando que este “é um processo de projeto, que assegura que a durabilidade de um edifício ou qualquer bem construído deva ser igual ou superior ao ciclo de vida dos mesmos” (ISO 15686-1: 2011). Ela propõe um método de comparação entre diferentes edifícios existentes, a fim de fundamentar a determinação da vida útil de um bem construído. Esta se destina para os seguintes grupos de usuários:

- Proprietários e usuários de edificações;
- Equipes de gestão do projeto, construção e instalação;
- Fabricantes que fornecem dados em longo prazo de materiais de construção;
- Mantenedores de edifícios;
- Avaliadores de edifícios;
- Seguradoras de edifícios;
- Auditores técnicos de edifícios;
- Desenvolvedores de normas de materiais de construção;
- Clientes, financiadores e patrocinadores de edificações

(ISO 15686-1: 2011 p. v).

De acordo com a norma internacional, o planejamento da vida útil de edificações, “auxilia a tomada de decisões relativas à especificação e

detalhamento de projeto”, podendo, assim, ser aplicado o “custo do ciclo de vida, o planejamento de manutenção e as técnicas de engenharia”, além de assegurar o aumento da segurança e flexibilidade na utilização do edifício e reduzir a probabilidade de obsolescência precoce (ISO 15686-1: 2011 p. v).

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

A primeira parte da norma serve como um guia para as outras partes, a qual fornece subsídios para “fazer decisões de manutenção e exigências de reposição”. Esta, também “identifica e estabelece princípios gerais para o planejamento de vida útil” de um edifício, “ou obras ao longo de seu ciclo de vida (ou o ciclo de vida restante para edifícios existentes ou em construção)” (ISO 15686-1: 2011).

Esse ciclo de vida incorpora início, definição de projeto, projeto, obra, comissionamento, operação, manutenção, remodelação, substituição, desconstrução e eliminação final, reciclagem ou reuso do ativo (ou partes do mesmo), incluindo componentes, sistemas e serviços de construção (ISO 15686-1: 2011 p.1).

Uma peculiaridade presente em todos os cadernos da Norma europeia, que se encontra também na Norma de Desempenho brasileira (NBR15575) são os termos e definições, que possibilitam uma base para o entendimento completo da mesma.

No escopo da norma de previsão da vida útil são descritas considerações que devem obter o planejamento de vida útil:

- a) O provável desempenho dos componentes do edifício dentro ciclo de vida do edifício, no ambiente externo e sobre as condições de uso e ocupação;
- b) O custo do ciclo de vida e o impacto ambiental do edifício ao longo da vida útil;
- c) Custos de operação e manutenção;
- d) A necessidade e custo de reparos, substituições, desmontagem, remoção, reuso e disposição;
- e) A construção de todo o edifício, instalação dos componentes, e a manutenção e substituição de componentes com curta vida (ISO 15686-1: 2011 p. 5).

A norma reforça que a vida útil deve estar sempre integrada com as decisões de projeto.

A ISO 15686-1: 2011 menciona a importância da interação neste processo, para a previsão da vida útil, bem como o acesso aos dados de desempenho sobre os componentes especificados (ISO 15686-1: 2011 p.5).

No manual escrito deve conter a base da previsão da vida útil, bem como “uma cautelosa estimativa da incerteza e dos pressupostos subjacentes à estimativa” da vida útil determinada ao bem construído (ISO 15686-1: 2011 p.5).

Na introdução do método para a estimativa da vida útil de um edifício, a norma menciona que é necessário estimar a vida útil de cada componente, por menor que ele seja, estimando, também, as possíveis falhas. Desta maneira, é possível ter um embasamento concreto para estimar a vida útil do imóvel. Na tabela 14, verifica-se “os agentes mais comuns que afetam a vida útil dos materiais e componentes de um edifício” (ISO 15686-1: 2011 p.6).

Tabela 14 – Agentes que afetam a vida útil dos materiais e componentes edificados.

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

(Fonte: ISO 15686-1: 2011 p.11 – traduzida pela autora)

Após a verificação da vida útil e das possíveis falhas de cada componente, é necessário ajustá-los e adequá-los às condições particulares de cada projeto, observando o micro clima e outras condicionantes que possam interferir no comportamento em uso de cada componente.

Idealmente, para prever a vida útil, o micro clima, o desempenho do componente sob as condições desejadas, construção e regimes de manutenção para o edifício devem ser conhecidas. Na prática esses dados não estão frequentemente disponíveis, então, dados de desempenho em condições similares deverão ser usadas. Esse dado pode vir de várias fontes, incluindo a exposição real do componente, comentários de uso de acordo com a ISO 15686-7 ou testes para fins de previsão de vida útil de acordo com a ISO 15686-2 (ISO 15686-1: 2011 p.6).

Dentre as maneiras de estimar a vida útil de componentes de uma edificação, a norma internacional de previsão da vida útil cita o método fatorial, realizado através de um conjunto de referências que podem servir de base para estimar a vida útil (ISO 15686-1: 2011 p.6).

A vida útil dos componentes pode ser prevista, também, através de conhecimentos práticos sobre o desempenho dos mesmos, porém necessita cuidados com relação à diferença das condições climáticas do local analisado e do local a serem implantados. Esta estimativa é detalhada na sétima parte da Norma.

Segundo a ISO 15686-1, “produtos inovadores podem fornecer um desempenho superior” sendo que, para estimar a vida útil destes, é necessária a realização de “testes de exposição de curta duração” (ISO 15686-1: 2011 p.7).

Os métodos citados acima são algumas das possibilidades de planejamento da vida útil. A qualidade desta previsão depende da técnica escolhida para determinar a durabilidade do componente analisado.

De acordo com a Norma, técnicas científicas possuem maior confiabilidade do que métodos informais sobre a previsão da vida útil. No entanto, pode haver casos em que não será possível prever a vida útil através de métodos exclusivamente científicos. Um exemplo sobre este fato são as informações divulgadas pelos fornecedores, cujos resultados negativos dos componentes podem não ser expostos, tendo apenas dados sobre a eficiência dos mesmos (ISO 15686-1: 2011 p.7).

Acredita-se que com o passar do tempo será possível determinar mais cientificamente dados sobre a vida útil de componentes, catalogando, através de sistemas computacionais, referências positivas disponibilizadas pelos fornecedores, bem como referências negativas detectadas em testes laboratoriais, obtendo, desta forma, informações completas disponíveis em bancos de dados, sobre os componentes construtivos (ISO 15686-1: 2011 p.7).

Frente à possibilidade de não se ter uma confiabilidade total na previsão da vida útil, a norma menciona que é necessário prever, desde o início do método, de que maneira as incertezas da vida útil estimada serão levadas em conta (ISO 15686-1: 2011 p.7).

Devido ao número de variáveis envolvidas e às incertezas em cada uma delas, e às próprias variabilidades dos edifícios, serviços de meio ambiente, obra local, e futuras atividades de manutenção, não é possível estimar a vida útil de um edifício ou seus componentes precisamente (ISO 15686-1: 2011 p.7).

De acordo com a norma internacional, o objetivo de planejar a vida útil de um bem imóvel é facilitar a estimativa de custos globais e dos impactos ambientais.

Estimando os custos futuros da construção, operação e manutenção do edifício dá aos clientes um prévio aviso do custo da propriedade, e os permite reduzir os riscos financeiros de um comissionamento, aquisição ou a retenção de um edifício, assim auxiliando seus planos de negócios. ISO 15686-5 dedica-se ao custo do ciclo de vida.

(...)

A ISO 15686-5 e ISO 15686-6 dá orientação sobre a definição dos limites da análise dos custos do ciclo de vida e dos impactos ambientais (ISO 15686-1: 2011 p.8).

A Norma menciona ainda a importância de citar, em projeto, a possibilidade de obsolescência dos componentes, apesar da dificuldade de se estimar tal solicitação. Esta pode ser obtida através de experiências práticas e de documentações existentes.

A obsolescência pode ser funcional, tecnológica ou econômica, como se vê na tabela 15.

Tabela 15 – Tipos de obsolescências.

Tipo de Obsolescência	Típico acontecimento	Exemplos
Funcional	Função não mais necessitada	Instalações desnecessárias de escritório de partição durante remodelação
Tecnológico	Melhor desempenho disponível em alternativas modernas Mudança no padrão do uso do edifício	Mudança de pias de barro vítreo para pias de aço inoxidável
		Mudar o layout para permitir a instalação de novas unidades
		Novo isolamento térmico para reforçar o desempenho do edifício.
Econômico	Totalmente funcional mas pouco eficiente	Substituição de boiler seccionado para boiler de condensação
	Mais caro do que outras alternativas	

(Fonte: ISO 15686-1: 2011 p.9 – traduzida pela autora)

A obsolescência ocorre porque a manutenção tornou-se excessivamente oneroso, ou porque as alternativas de manutenção mais baratas estão disponíveis. Planejamento de manutenção, incluindo substituição de componentes, deve ser incluído no estágio de projeto. Itens a serem considerados devem incluir os custos de acesso a lugares altos (por exemplo, andaimes são obrigatórios) ou aonde o uso normal do edifício teria de ser suspenso (por exemplo, substituição do piso de uma fábrica) (ISO 15686-1: 2011 p.9).

Segundo a ISO 15686-1, a demolição do edifício também deve ser levada em conta no projeto, visto a possibilidade de reaproveitamento e reciclagem dos componentes. Este é mais um fator que estabelece a importância de determinar a vida útil de cada componente, aliada à vida útil da edificação.

O anexo B na primeira parte da Norma ISO 15686 estabelece um escopo sobre como planejar a vida útil de um edifício, que deve seguir os passos descritos abaixo:

- **Análise:**

O planejamento da vida útil se inicia com a elaboração de uma análise inicial, que leva em conta: o ciclo de vida¹² do edifício; critérios funcionais de desempenho de cada componente sobre o ciclo de vida do edifício; e os componentes que devem ser reparados, preservados e/ou substituídos, dentro do ciclo de vida do edifício. Esta etapa deve ser realizada pelo projetista juntamente com o cliente, de modo que este deve fornecer exigências para o edifício.

- **Caracterização ambiental:**

Deve-se diagnosticar os ambientes externos e internos de cada edificação, levando em conta o micro-clima, as condicionantes naturais como umidade relativa do ar, vento, níveis pluviométricos, entre outros, bem como analisar os ambientes secos e molhados do edifício, a fim de verificar os principais agentes ambientais que podem causar uma degradação e possíveis falhas dos componentes edificados.

Dependendo de sua exigência, a caracterização pode ser desde em níveis gerais até níveis mais específicos.

(...)

Dados a serem procurados devem conter a intensidade média ou concentração de cada agente degradante, e a frequência dos ciclos entre as fases (por exemplo, da seca à úmida, ou através de pontos de congelamento, ou máximo e mínimo de temperaturas diárias, ou exposições intermitentes à corrosão) (ISO 15686-1: 2011 p.12).

Esta caracterização ambiental pode ser feita somente uma vez durante o projeto. Locais específicos devem ser estudados separadamente, com uma atenção maior, como:

- Locais específicos: o exterior do invólucro do edifício, locais internos semi-abrigados, e áreas de edifícios altos, sujeitas a variações ambientais tal como aumento da exposição à água, poluição e a chuvas de vento.

¹² “Esse ciclo de vida incorpora início, definição de projeto, projeto, obra, comissionamento, operação, manutenção, remodelação, substituição, desconstrução e eliminação final, reciclagem ou re-uso do ativo (ou partes do mesmo), incluindo componentes, sistemas e serviços de construção” (ISO 15686-1: 2011 p.1).

- Locais com contato ao solo: áreas expostas a águas subterrâneas ou a agentes do solo.
- Locais de uso pesado: áreas internas comunais, não considerar pontos de coleta.
- Locais sujeitos a agentes incomuns: áreas expostas a sangue, óleo, fenóis, cloretos, leite, ácidos ou outros agentes agressivos, incluindo as emissões a partir de processos industriais locais (por exemplo, óxidos de nitrogênio e dióxido de enxofre).
- Locais sujeitos a condensação: porão (...) e sótão.
- Locais sujeitos a umidade: cozinhas, banheiros, lavanderias e piscinas.
- Locais sujeitos a manutenções agressivas: degelo, alvejantes e remoção de grafites.
- Locais de uso especial: salas de cirurgias, enfermarias e corredores.
- Locais de improvável manutenção: altos níveis, inacessíveis e áreas confinadas (ISO 15686-1: 2011 p.12 e 13).

- **Projeto conceitual e inicial:**

Ao fazer escolhas iniciais de projeto, deve-se verificar algumas questões, dentre as quais:

- a) se a vida útil de projeto do edifício é possível dentro das limitações do projeto (por exemplo, orçamento, tempo, desempenho, exigências de manutenção, site de questões específicas, e de impacto ambiental);
- b) se o projeto atende aos requisitos de desempenho definidos no manual (por exemplo, para componentes não substituíveis);
- c) prever subsídios para a manutenção, reparação, substituição ou modernização de componentes críticos para evitar perturbações indevidas ao uso do edifício (ISO 15686-1: 2011 p. 13).

- **Detalhamento de projeto:**

Nesta etapa é feita a escolha e especificação dos componentes do edifício.

Os componentes devem ser avaliados em conformidade com os requisitos de desempenho, reconhecendo que o desempenho irá deteriorar-se a uma taxa em função da (o):

- a) Ambiente
 - b) Projeto do edifício e a instalação detalhada do componente
 - c) Qualidade do trabalho local
 - d) Materiais que cada componente é feito e suas reações em interface com diferentes materiais
 - e) Manutenção
 - f) Uso
- (ISO 15686-1: 2011 p. 13)

Nesta etapa é muito importante a comunicação entre o projetista e os fornecedores.

- **Especificação:**

As especificações de projetos incluem detalhes de componentes, instalações, materiais, enfim, todas as partes constituintes da edificação. A engenharia de valor¹³ e a análise do ciclo de vida destas partes edificadas podem ser exigidas para apoiar as decisões de projeto.

Através de análises sobre os agentes de degradação e as vulnerabilidades dos componentes, junto aos dados disponíveis pelos fornecedores, é possível verificar com mais clareza as especificações a serem feitas.

O local de trabalho também é determinante para o desempenho do componente especificado. Deve-se prever locais adequados para o armazenamento destes componentes, de modo que não haja a perda do desempenho e conseqüentemente a perda da vida útil destes. Todas estas questões devem ser levadas em conta na hora da projeção.

- **Plano de manutenção:**

Para planejar a vida útil de um edifício é necessário incluir um cronograma com datas de manutenção e reposição de componentes. Neste cronograma devem ser incluídas datas possíveis para substituição de conjuntos de componentes como ferragens de portas e janelas, vedações de vidros, rufos, entre outros. Por isso é necessário obter o conhecimento sobre a vida útil de cada componente.

Além de possibilitar um manual com informações sobre manutenções periódicas a serem feitas na edificação, o projetista deve também alertar “sobre os agentes (por exemplo, produtos/agentes de limpeza) que não foram previstos em projeto” (ISO 15686-1: 2011 p. 15).

Algumas manutenções que devem ser previstas em projeto são:

- a) Mudança nos acabamentos internos (incluindo acabamentos decorativos e, por exemplo, substituição dos azulejos da cozinha e dos banheiros);
- b) Remoção ou rearranjo das repartições (especialmente em escritórios);

¹³ “Engenharia de Valor é uma abordagem usada para otimizar os custos do ciclo de vida do projeto, economizar tempo, aumentar lucros, melhorar a qualidade, ampliar a participação no mercado, solucionar problemas e/ou utilizar recursos de forma mais eficiente”. (Guia PMBOK®)

c) Substituição de coberturas (a probabilidade disso variará com a vida útil do edifício e do tipo de cobertura);

d) Mudança ou substituições elétricas, encanamentos ou outras instalações (essas são altamente prováveis para a maioria dos tipos de edificações);

e) Alterações na drenagem do subsolo (essas são relativamente raras e ocorrem normalmente seguindo as extensões ou as mudanças no uso);

f) Remoção parcial ou substituição de elementos de suporte (normalmente durante a remodelação ou mudanças no uso)

(ISO 15686-1: 2011 p. 15)

- **Requisitos de desempenho e aceitabilidade:**

Os edifícios e seus componentes devem ser identificados como sendo substituíveis ou permanentes, com ou sem manutenção (ISO 15686-1: 2011 p. 16).

Em nota, a Norma ISO 15686 menciona que algumas partes da edificação ficam inacessíveis para a prática de manutenções futuras, como, por exemplo, a fundação, armações e fixações embutidas. Desta maneira, quando há um problema em uma dessas partes, sem a possibilidade de reparos, pode haver a substituição de todo o edifício. Portanto, a viabilidade de demolição do bem imóvel pode ser relevante (ISO 15686-1: 2011 p. 16).

Na tabela 16 verificam-se sugestões que a Norma ISO 15686-1 fornece para estimar a vida útil de projeto de componentes, baseando na acessibilidade de manutenção.

Tabela 16 – Sugestões de vida útil para componentes.

Ciclo de vida de um edifício	Inacessível ou componentes estruturais	Componentes aonde substituições são caras ou difíceis ^a	Principais componentes substituíveis	Serviços de construção
Ilimitado	Ilimitado	100	40	25
150	150	100	40	25
100	100	100	40	25
60	60	60	40	25
25	25	25	25	25
15	15	15	15	15
10	10	10	10	10

NOTA 1: Componentes de fácil substituição podem ter o ciclo de vida de 3 a 6 anos.

NOTA 2: Um ciclo de vida ilimitado deve ser usado raramente pois reduz significativamente as opções de projeto.

^a Incluindo drenagem do subsolo

(Fonte: ISO 15686-1: 2011 p.16 – traduzida pela autora)

Segundo a norma, “a substituição por componentes com baixo desempenho deve ser considerada se o reparo não for economicamente justificado” (ISO 15686-1: 2011 p. 16).

É importante ressaltar que algumas falhas de componentes podem originar riscos saúde do usuário. Devido a isto, as falhas devem ser previstas no plano de projeto. A Tabela 17, disponível na ISO 15686-1, foi modificada a partir da norma britânica BS 7543, e estabelece uma hierarquia sobre as falhas de componentes edificados.

Tabela 17 – Categoria de falhas possíveis de ocorrer em componentes construtivos.

Categoria	Consequência	Exemplo
1	Perigo a vida	Colapso súbito da estrutura
2	Risco de lesão	Perda do degrau da escada
3	Perigo a saúde	Grave penetração de umidade
4	Reparo caro	Exigência de vários andaimes
5	Caro por repetições	Substituição de ferragens de janela
6	Interrupção de uso no prédio	Falta de aquecimento
7	Segurança comprometida	Trinco da porta quebrado
8	Sem problemas excepcionais	Substituição de luminárias

(Fonte: ISO 15686-1: 2011 p.18 – traduzida pela autora)

Segundo a ISO 15686-1, reforçar os requisitos de inspeção e manutenção pode contribuir para a diminuição de falhas.

A norma menciona ainda que os componentes devem ter o mínimo de aceitabilidade funcional, as quais devem possibilitar benefícios para a “saúde, segurança, utilidade, ou proteção da propriedade”. Tais solicitações devem ser mantidas durante toda a sua vida útil. Na Tabela 18, verificam-se alguns requisitos sobre a aceitabilidade funcional dos componentes (ISO 15686-1: 2011 p. 18).

Tabela 18 – Exemplos de desempenho funcional exigido nos componentes.

Exigências de desempenho	Exemplos
Proteção e segurança	Segurança durante o incêndio, em uso, durante a manutenção, como uma resposta aos riscos (como inundações, ou depois de grave relâmpago,
Exigências Legais	Sem conformidade com os códigos (note que mudança no uso do edifício pode mudar a aplicabilidade do código)
Desempenho estrutural	Resistência estática e cargas impostas
Desempenho de proteção e estanqueidade do tempo	Habilidade da cobertura de proteger o quadro estrutural de ações ambientais, proteção dos ocupantes e bens armazenados
Conforto, higiene e ambiente	Controle da temperatura interna, umidade relativa, desempenho acústico e visual, capacidade de limpeza das superfícies como exigido.
Estética	Onde a boa aparência é precisa para deixar, vender ou impressionar os visitantes do edifício.
Funcionamento das partes móveis	Resistência ao desgaste e à corrosão.

(Fonte: ISO 15686-1: 2011 p.18 – traduzida pela autora)

Além da aceitabilidade funcional, a Norma menciona também exigências sobre a aceitabilidade econômica de componentes construtivos, como se vê na Tabela 19.

Tabela 19 – Exemplos de desempenho econômico exigido nos componentes.

Exigências de desempenho	Exemplos de falha
Custo aceitável de manutenção	Substituição frequente da vedação de cada vidro
Custo de uso em funcionamento	Custo de energia de sistemas ineficientes de aquecimento
Disponibilidade de peças de reposição a um custo razoável	Aquecedores que necessitam de ferramentas individuais
NOTA A garantia de disponibilidade de peças de reposição pode indicar uma vida útil dos componentes limitada que precisará de substituições regulares de suas peças, por exemplo, os aquecedores.	

(Fonte: ISO 15686-1: 2011 p.18 – traduzida pela autora)

A segunda parte da norma ISO 15686 menciona os procedimentos para a previsão da vida útil de componentes de construção, e inicia apresentando quatro métodos possíveis:

- Envelhecimento acelerado (em exposições aceleradas de curta duração);
- Interpolação/extrapolação utilizando dados de componentes similares;
- Interpolação/extrapolação usando dados de ambientes de serviço similar;
- Extrapolação na dimensão do tempo (exposições em curto prazo de uso) (ISO 15686-2: 2001 p.4).

De acordo com a norma, a metodologia de previsão da vida útil (PVU) inclui também,

(...) a identificação de informações necessárias, a seleção ou o desenvolvimento de procedimentos de teste (programas de exposição e métodos de avaliação), o teste (exposição e avaliação), a interpretação de dados e a comunicação de resultados (ISO 15686-2: 2001 p.4).

Segundo a ISO 15686-2, o ideal para a aplicação da metodologia de PVU é integrar as possibilidades de métodos.

Em alguns casos, dependendo dos requisitos de desempenho ou da metodologia empregada, a vida útil não é determinada em um único valor, mas sim em dois parâmetros, tendo a vida útil esperada e o desvio-padrão. Quando o teste empregado compõe testes laboratoriais de alto custo, a vida útil é determinada em um só valor.

A fim de estabelecer um quadro metodológico para a previsão da vida útil, a norma ISO 15686-2 apresenta cinco etapas para a realização deste método: a faixa de PVU e definição do problema, a preparação e identificação dos agentes de degradação, o pré-teste, programas de exposição de envelhecimento, e por fim, a análise e interpretação dos dados.

- **Faixa de PVU e definição do problema:**

- Escolha do tipo de estudo:

Primeiramente, na primeira etapa, que constitui a faixa de PVU e definição do problema, a Norma cita dois tipos estudos a serem definidos, antes da aplicação do método, levando em conta o objetivo da PVU para cada caso e componente. São eles:

a) Estudo específico: a intenção é se concentrar em uma aplicação bastante específica dos componentes testados em termos de ambiente de serviço e de uso. O objetivo é estabelecer pressupostos para a previsão de vida útil de um determinado componente (ISO 15686-2: 2001 p.6).

Este deve levar em conta a utilização específica do componente, cobrindo as consequências do projeto, e uma descrição do ambiente, incluindo estresse mecânico estático e dinâmico, no local onde um edifício está previsto para ser localizado. Uma descrição sobre os efeitos da ocupação (tais como vapor de água, calor ou à abrasão) e os princípios em que o edifício é operado (alta ou baixa inércia térmica, por exemplo) também deve ser incluída se for o caso (ISO 15686-2: 2001 p.6).

(...)

O conjunto de características de desempenho deve ser identificado e os requisitos correspondentes quantificados de acordo com propriedades críticas especificadas (ISO 15686-2: 2001 p.6).

b) Estudo geral: este é destinado a formar uma ampla aplicação do componente, testado em um ambiente ou em um conjunto vagamente especificado por requisitos de desempenho. O objetivo é estabelecer uma função de desempenho ao longo do tempo (ISO 15686-2: 2001 p.6).

Todo tipo de ambiente onde o componente se destina a ser usado ou estar dentro do intervalo do estudo, deve ser especificado, incluindo estresse mecânico estático e dinâmico.

Os vários tipos de ambientes podem ser agrupados em um número discreto de classes, cada classe que estará sendo representada por determinadas faixas de intensidade do agente.

Devem ser tomadas precauções sobre o efeito dos vários usos e posições do componente, pois isso pode fortemente determinar as condições de uso e possíveis efeitos sinérgicos dos agentes de degradação (ISO 15686-2: 2001 p.6).

(...)

Primeiro, um conjunto de características de desempenho deve ser identificado, a partir de propriedades críticas especificadas. Em seguida, a fim de limitar a faixa de desempenho a ser coberto pela análise de vida útil, o conjunto dos mais baixos requisitos de desempenho apropriado para o componente deve ser quantificado.

NOTA: O conjunto de requisitos de desempenho pode incluir especificações sobre, por exemplo, força, transmissão de óptica, isolamento acústico e qualidades estéticas (ISO 15686-2: 2001 p.7).

- Caracterização do componente

Segundo a Norma ISO 15686-2, antes da aplicação do método de PVU, o “componente a ser avaliado deverá ser caracterizado (...) em termos de estrutura, propriedades físicas e composição química” (ISO 15686-2: 2001 p.7).

- **Preparação:**

Após a escolha do tipo de estudo, é necessário identificar os “agentes de degradação, possíveis mecanismos de degradação e como a degradação pode ser acelerada ou induzida no âmbito dos programas de exposição de envelhecimento” (ISO 15686-2: 2001 p.7). A Tabela 20 mostra, em síntese, alguns dos principais agentes de degradação. Estes são classificados de acordo com sua natureza. Externamente à edificação eles advêm basicamente da atmosfera e do solo e, internamente, estes agentes estão relacionados com a ocupação, com o projeto (incompatibilidade de materiais) e com as instalações.

Sobre a identificação dos mecanismos de degradação, a Norma ISO 15686 menciona em nota:

NOTA: Os mecanismos podem ser identificados em vários níveis. Se, por exemplo, a química do componente está bem documentada, pode ser possível identificar os mecanismos baseados em reações químicas específicas, tais como hidrólise e foto-oxidação. Se pouco se sabe sobre a mecânica, química, física e reações biológicas do componente, os mecanismos podem ser definidos em termos mais gerais, como, por exemplo, a decomposição térmica, volatilização dos constituintes, a difusão constituinte, corrosão, fadiga, desgaste, encolhimento / inchaço e apodrecendo (ISO 15686-2: 2001 p.8).

Nesta etapa, podem ser considerados um ou vários ambientes de referência. Além dos agentes de degradação, devem ser identificados, também, os efeitos da degradação.

Devem ser escolhidas, ainda, características de desempenho. “Os valores iniciais de características de desempenho selecionados serão determinados antes que a exposição de envelhecimento comece” (ISO 15686-2: 2001 p.9).

Referências de outros estudos e outras publicações devem ser sempre consideradas.

Após a definição dos agentes e mecanismos de degradação, bem como das características de desempenho, devem ser definidos os tipos de testes a serem aplicados nos componentes.

Tabela 20 – Agentes de degradação que afetam a durabilidade dos componentes.

Natureza	Classe
Agentes Mecânicos	Gravitação
	Forças e deformações impostas ou restringidas
	Energia cinética
	Vibrações e ruídos
Agentes eletromagnéticos	Radiação
	Eletricidade
	Magnetismo
Agentes térmicos	Níveis extremos ou alterações rápidas da temperatura
Agentes químicos	Água e solventes
	Agentes oxidantes
	Agentes redutores
	Ácidos
	Bases
	Sais
	Quimicamente neutro
Agentes biológicos	Vegetal e microbiana
	Animal
^a ISO 6241:1984 condensada, Tabela 4.	

(Fonte: ISO 15686-2: 2001 p.8 – traduzido pela autora)

- **Pré-teste:**

O pré-teste deve ser fundamentado nas anotações geradas durante o desenvolvimento das etapas acima, e também nas características de desempenho estabelecida. Os componentes deverão ser avaliados antes e depois de sua exposição sob os agentes de degradação.

- **Programas de exposição de envelhecimento:**

Segundo a Norma ISO 15686, as propriedades dos componentes e as características ambientais são variáveis, representadas por distribuições estatísticas. Deste modo, o programa de exposição, independente do tipo, deve ser concebido para compor uma multiplicidade de amostras ou objetos de testes,

permitindo um tratamento estatístico nos dados de teste (ISO 15686-2: 2001 p.10).

Isto pode ser difícil de seguir, quando se lida com uma construção experimental ou quando os testes são muito dispendiosos (ISO 15686-2: 2001 p.10).

Para todos os tipos de métodos de exposição, as condições devem ser registradas de forma contínua ou a intervalos bastante curtos, pelas seguintes razões (...):

— Para permitir o estabelecimento de desempenho ao longo do tempo ou amostra resposta da função, (...);

— Para fornecer uma relação entre períodos de exposição e locais diferentes (para programas de exposição com as condições não controladas); (...)

— Para verificar que as condições reais do ambiente são representativas para o tipo de ambiente (para os programas de exposição em condições não controladas);

— Para verificar que as intensidades dos agentes de degradação planejada são alcançadas (para programas de exposição com condições controladas) (ISO 15686-2: 2001 p.10).

No método de exposição deve ser mencionada a abrangência da análise do experimento: no sentido específico ou mais amplo, ou seja, quando a exposição de envelhecimento acelerado das amostras refere-se a qualquer tipo de instalação, ou se refere a uma instalação única.

A Norma estabelece dois métodos de exposição: em longo prazo e em curto prazo.

- Exposição em longo prazo:

O programa de exposição em longo prazo deve ser composto por um componente exposto em ambiente e em uso real, aonde as informações sobre o desempenho serão obtidas ao longo do tempo.

Neste método deverão ser considerados todos os agentes de degradação existentes no local da exposição e, mesmo que o teste esteja sendo direcionado a um único edifício, ele deverá servir para como parâmetro para outras localidades.

Há quatro maneiras para obter o levantamento dos dados deste tipo de exposição. São eles:

- Exposição a campo:

Este método tem sido utilizado há bastante tempo. Para a realização do mesmo devem ser observadas algumas ações:

- a) Os resultados de uma exposição a campo referem-se ao local da exposição específica, e a transformação de dados para se relacionar com outra localização geográfica requer o conhecimento do desempenho da amostra-resposta ao longo do tempo, bem como das características ambientais,
- b) Cuidados devem ser tomados nas análises dos resultados de um período de exposição para outro, especialmente se o tempo de exposição for curto, e
- c) A exposição das amostras do componente sob o meio ambiente pode ser considerada como uma exposição acelerada (por exemplo, em prateleiras de exposição com inclinação de 45° e voltadas em direção ao sol) com o grau de aceleração variando, de acordo com o tipo de componente em exposição (ISO 15686-2: 2001 p.11).

- Inspeção de edifícios:

A vida útil de componentes de construção pode ser avaliada através de inspeção de edifícios. Quando possível, devem ser incluídos no estudo, métodos de amostragem estatística (ISO 15686-2: 2001 p.11).

- Exposição em edifícios experimentais:

Podem ser realizadas exposições de componente em edifícios específicos, destinados, exclusivamente, a testes experimentais (ISO 15686-2: 2001 p.11).

- Exposição em uso:

A exposição em uso é o emprego intencional de um componente, em um edifício de grande escala, ou uma estrutura sob o uso normal, a fim de avaliar a vida útil da mesma, em tempo real (ISO 15686-2: 2001 p.11).

- Exposição de curta duração:

As exposições de curto prazo constituem, geralmente, métodos de envelhecimento acelerado. Estas devem ser estabelecidas a partir das informações coletadas no pré-teste e a intensidade dos agentes de degradação

deve ser menor, a fim de reduzir a probabilidade de surgir mecanismos de degradação que não são encontrados em ambiente real (ISO 15686-2: 2001 p.12).

A melhor forma de verificar as fases de degradação é realizar medições das propriedades dos componentes antes e depois da exposição.

- **Sistema de Avaliação:**

No sistema de avaliação referente à constatação das fases de degradação de um componente, é avaliado, especialmente, o intervalo de medições realizadas durante os testes, os quais devem obter um período estreito entre uma medição e outra.

Na avaliação, uma das características de desempenho, armazenada no final da exposição deve obter um nível igual ou abaixo do “requisito de desempenho correspondente para um número estatisticamente satisfatório de amostras” (ISO 15686-2: 2001 p.12).

Se possível, as fases de degradações detectadas no método de envelhecimento acelerado devem ser comparadas às fases de degradação obtidas pelo método de exposição ao intemperismo.

A análise e interpretação dos resultados são realizadas a partir da verificação dos dados de desempenho verificados ao longo do tempo de exposição, comparando com o componente original ou a amostra-resposta. Deve haver ainda uma análise crítica na verificação dos resultados, a qual deve estar bem fundamentada através de um escopo.

Este escopo deve identificar por que a análise crítica está sendo realizada, o que será abordado, em que nível de detalhe e o que precisa estar envolvido no processo.

A análise crítica deve ser realizada por um interno ou, de preferência, um perito externo, em qualquer circunstância independente do estudo.

O perito deve conhecer a Norma ISO 15686 e ter conhecimentos científicos e técnicos.

A declaração de avaliação deve ser elaborada, pela pessoa que conduziu o estudo de PVU e depois revista pelo perito, ou elaborada pelo perito na sua totalidade (ISO 15686-2: 2001 p.13).

Uma alternativa para verificar a vida útil de um componente é fazer uma comparação com outros componentes que foram testados de forma similar, e gerar uma classificação destes componentes.

Os resultados dos testes devem ser divulgados através de um relatório contendo “análises, dados, métodos, premissas e limitações” dos mesmos. “Como exposições de curta duração normalmente envolvem um grau significativo de incerteza, os resultados devem ser considerados com cuidado” (ISO 15686-2: 2001 p.14).

Segundo a Norma internacional ISO 15686, o relatório de planejamento da vida útil (PVU) de um componente deve conter as seguintes informações:

- a) Aspectos gerais:
 - 1. Informações sobre o cliente que encomendou a PVU;
 - 2. Detalhes do especialista encomendado para a PVU;
 - 3. Data e número de identificação do relatório;
 - 4. Declaração de que o estudo tenha sido conduzido de acordo com todos os requisitos desta parte da ISO 15686.
- b) Objetivo e definição do alcance.
- c) Descrição do componente:
 - 1. Principal ou outras marcas de identificação dos componentes;
 - 2. Designação dos componentes de acordo com as recomendações ou prescrições expressas em padrões oficiais ou regulamentos;
 - 3. Descrição dos componentes;
 - 4. Propriedades dos componentes, tais como dados de desempenho e descrições modelo;
 - 5. O nome e endereço do fabricante ou fornecedor dos componentes;
 - 6. Data da entrega dos componentes.

Quando testes reais forem realizados, incluem o seguinte:

- d) Descrição do programa de exposição, incluindo a exposição de pré-testes:
 - 1. Situação de exposição geral, ou seja, dados de exposição ao ar livre como latitude, longitude, altitude, distância da costa, fatores especiais como vento forte, tipo de clima, etc.;
 - 2. Concepção do programa de exposição, incluindo as possíveis manutenções realizadas para as amostras, e qualquer desvio acidental dos mesmos;
 - 3. Dados ambientais (incluindo todos os componentes vizinhos diferentes), a intensidade do agente de degradação e dados cíclicos;
 - 4. Período de exposição.
- e) Descrição de avaliação de desempenho, incluindo a avaliação de pré-testes:
 - 1. Métodos de medições ou inspeções;

2. Dados do componente, resultados de medições ou inspeções.

f) Interpretação dos dados:

1. Representam fontes de dados externos utilizados;
2. Modelos específicos ou algoritmos;
3. Resultados da interpretação;
4. Limitações da interpretação, relacionadas com a metodologia, bem como a dados;
5. Dados de avaliação de qualidade.

g) Revisão crítica:

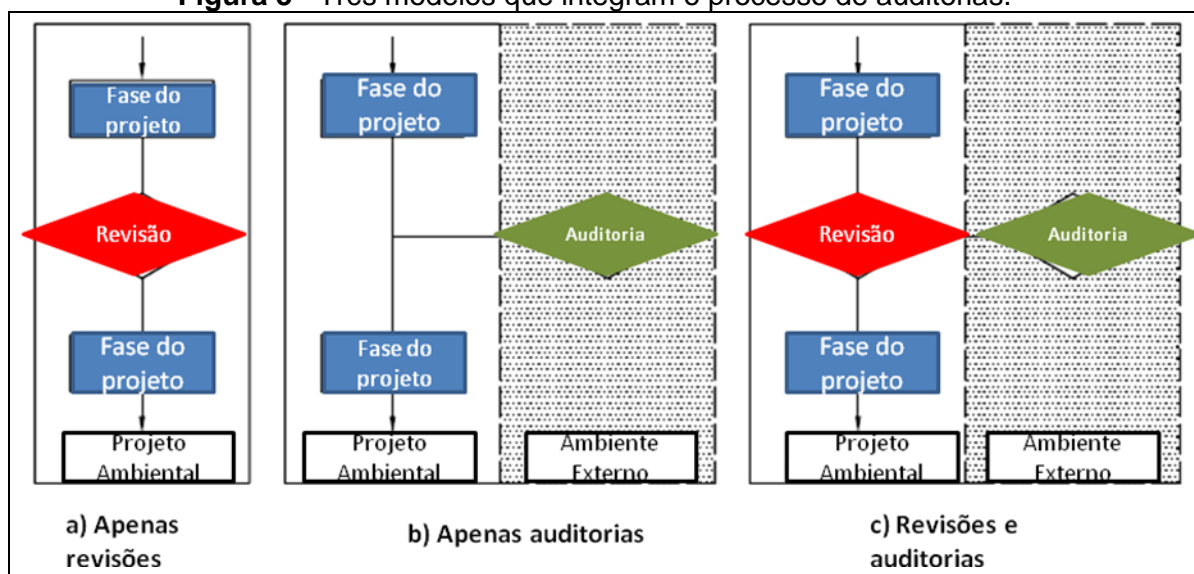
1. Detalhes de avaliadores;
2. Relatórios de análise crítica;
3. Respostas às recomendações (ISO 15686-2: 2001 p.14-15).

Segundo a Norma ISO 15686-2, o programa de exposição mais extenso é o programa da ONU, que visa classificar o efeito de poluentes e acidificantes atmosféricos sobre a corrosão de materiais. O programa envolve a exposição a campos em 39 localidades em 12 países europeus e nos Estados Unidos e Canadá (ISO 15686-2: 2001 p.18).

A terceira parte da norma trata de “medidas para garantir que o cuidado com a vida útil de uma construção seja considerado em cada estágio de decisão, feito desde a concepção do projeto até a construção, a ocupação e a eventual disposição e reintegração do local” (ISO 15686-3: 2002 p.v).

Para isto, a norma propõe três métodos, sendo: apenas revisões, apenas auditorias e revisões e auditorias, como se vê na figura 3.

Figura 3 - Três modelos que integram o processo de auditorias.



(Fonte: ISO 15686-3: 2002 p.vi, traduzido e editado pela autora)

A auditoria é uma ferramenta de gestão fundamental, que garante a reunião de todos os objetivos estabelecidos em projeto. Esta revela, também, se há alguma exigência do cliente que não esteja no projeto ou estejam definidas de forma inadequada, dando a oportunidade de acrescentar subsídios importantes. (ISO 15686-3: 2002 p.vi) Ela pode prever, ainda, possíveis não conformidades que passaram despercebidas na fase projetual, dando a possibilidade de alteração, antes da fase de execução (ISO 15686-3: 2002 p.vi).

A ISO 15686-3 se destina, especialmente, aos clientes, às pessoas indicadas para realizar a auditoria do desempenho da vida útil (auditores), aos projetistas e ao pessoal de operação e manutenção (ISO 15686-3: 2002 p.vi).

A norma menciona outras normas complementares, que devem ser utilizadas simultaneamente a esta, sendo elas: ISO 6707-1 (Construções e engenharia civil – Vocabulário - Parte 1: Termos gerais), ISO 19011 (Diretrizes para a qualidade e/ou auditoria de sistemas de gestão ambiental).

Em síntese, esta parte da norma busca efetivar o planejamento da vida útil de projeto. Ela não aborda a questão dos custos e outras questões mais amplas de sustentabilidade, ela enfatiza, exclusivamente, os objetivos para alcançar a vida útil planejada. Em suma, o objetivo da terceira parte da Norma ISO 15686 é

garantir que o desempenho ao longo do tempo foi adequado, considerando o pré-resumo, resumo, projeto, construção, gerenciamento no cuidado com a vida útil (incluindo remodelação, alteração) e disposição de um ambiente construído, a fim de fornecer uma garantia razoável que a vida útil exigida vai ser alcançada (ISO 15686-3: 2002 p.3).

A auditoria é realizada por “auditores qualificados que são independentes das atividades do projeto”. O auditor atua na avaliação do edifício – em suas diferentes etapas de projeto e construção – examinando todas as especificidades e verificando a viabilidade completa da edificação, considerando fatores financeiros, ambientais, de saúde e segurança, dentre outros. Este pode ser solicitado, em um segundo momento, para avaliar a adequação das ações corretivas indicadas para diminuir as não conformidades listadas no relatório da auditoria (ISO 15686-3: 2002 p.3).

A Tabela 21 mostra as diferentes etapas do ciclo de vida de um edifício, cujas auditorias devem ser realizadas e os objetivos destas em cada etapa.

Tabela 21 – Diferentes etapas para a realização das auditorias.

Fase no ciclo de vida ativo	Auditoria tipo/fase	Status da auditoria^a	Propósito da auditoria
Iniciação do projeto	Auditoria do pré-resumo (6.6.1)	Núcleo	Para garantir que a vida útil tenha sido considerada em decisões sobre a necessidade de construir e a escolha do local.
Definição do projeto	Auditoria do resumo (6.6.2)	Núcleo	Para garantir que se tem uma base adequada para a vida útil nas fases iniciais e de detalhamento do projeto.
Projeto inicial	Auditoria do projeto inicial (6.6.3)	Secundário	Para acessar as implicações da vida útil do conceito inicial do projeto.
Detalhamento do projeto	Auditoria do detalhamento do projeto (6.6.4)	Núcleo	Para garantir que o projeto esteja conforme as exigências de desempenho da vida útil requeridas no resumo, para garantir que informações adequadas sobre instalação e funcionamento sejam fornecidas para os profissionais envolvidos na fase de construção.
Construção	Auditoria da construção (6.6.5)	Secundário	Para avaliar se foram utilizados materiais/componentes corretos ou pretendidos e se as instruções de instalação foram devidamente implementadas.
Funcionamento e entrega	Auditoria de funcionamento e entrega (6.6.6)	Secundário	Para avaliar se as instruções de funcionamento foram de fato implementadas, para garantir que informações adequadas sobre operação e cuidado com a vida foram fornecidas.
Operação	Auditoria de operação e cuidado com a vida (6.6.7)	Secundário	Para avaliar se as instruções de cuidado com a vida útil foram de fato implementadas, e para revisar a adequação do regime de cuidado com a edificação.
Remodelação/ adaptação/ alteração/mudança no uso	Auditoria de Remodelação/ adaptação/ alteração/ mudança no uso (6.6.8)	Secundário	Para avaliar se propostas/instruções para remodelação/ adaptação/ alteração/ mudança no uso estão de acordo com as exigências de desempenho de vida útil no resumo, para garantir que instruções adequadas foram fornecidas para os envolvidos nos trabalhos de implementação. Para avaliar se as instruções foram de fato implementadas.
Disposição/ não-funcionamento/ desconstrução/ recuperação/ reintegração do local	Auditoria de Disposição/ não-funcionamento/ desconstrução/ recuperação/ reintegração do local (6.6.9)	Secundário	Para avaliar se propostas ou instruções para disposição, não-funcionamento, desconstrução, recuperação de material, reintegração do local, etc. estão de acordo com os requisitos da disposição do resumo e/ou resumo do projeto original e detalhamento de projeto. Para avaliar se o trabalho de eliminação realizado está em conformidade com as instruções.

^aver 5.2 [da Norma ISO 15686-3:2002]

(Fonte: ISO 15686-3: 2002 p.4, traduzida pela autora)

Normalmente, a auditoria feita em projetos executivos detalhados é a mais onerosa, visto a quantidade de informações a ser avaliada. Antes de realizar esta auditoria, deve ser feita uma avaliação do pré-resumo e do resumo, os quais devem ser produzidos após o desenvolvimento do projeto.

Esta avaliação do projeto executivo é de suma importância para a obtenção de eficientes auditorias nas fases de “construção, funcionamento, operação, remodelação e disposição” do edifício. Caso não haja a auditoria do projeto detalhado, antes das avaliações realizadas no edifício construído, é necessário mencionar este fato nos relatórios de auditorias (ISO 15686-3: 2002 p.4).

A terceira parte da Norma ISO 15686 menciona os principais envolvidos das auditorias e define responsabilidade para cada um, sendo o cliente, o auditor e o auditado.

O processo de auditoria descrito nesta parte da ISO 15686 envolve três partes principais: o cliente, o auditor e o auditado. O cliente pode ser o ocupante ou pode ter um interesse financeiro em ambientes construídos (como proprietário, credor arrendatário ou seguradora), e é responsável por iniciar a auditoria. O auditor deve ser um indivíduo ou organização que é independente das atividades de um projeto específico que está sendo auditado, e é responsável por realizar a auditoria das atividades e relatar os resultados. O auditado é geralmente o projetista, mas pode também ser o gerente de projetos, construtor ou fornecedor e é responsável por fornecer ao auditor informações necessárias do projeto (...) (ISO 15686-3: 2002 p.5).

Segundo a norma, o auditor deve ser nomeado antes do início do ciclo de vida do edifício. Considerando que este tem início na concepção do projeto, conclui-se que o auditor deve ser conhecido desde o início do mesmo.

Os auditores devem ter acesso a todas as informações pertinentes ao projeto e ao imóvel que será auditado e ainda fornecer todas as informações adquiridas no processo de avaliação. Estes “devem possuir uma combinação apropriada de conhecimentos, habilidades e experiências para realizar a auditoria de desempenho da vida útil” (ISO 15686-3: 2002 p.7).

O plano da auditoria deve estar de acordo com as atividades de projeto e construção. Caso haja alguma modificação no plano, o auditor deve comunicar ao cliente, da mesma forma que se houver modificações no projeto e construção, estas deverão ser informadas ao auditor.

Dentre as diversas informações necessárias para compor o relatório da auditoria, os principais dados são: detalhes do projeto; o objetivo e escopo (cronograma) definido entre as partes (auditor, cliente e responsável(s) técnico(s)); lista de documentos coletados durante o projeto e construção (incluindo data de recepção, data de alterações e informações suplementares recebidas); o período de duração da auditoria; a identificação dos membros da equipe; resumo do processo da auditoria, incluindo os obstáculos encontrados; fotografias, desenhos de instalações, do processo de trabalho e de possíveis não-conformidades encontradas; conclusões da auditoria contendo, especialmente, possíveis ações corretivas (ISO 15686-3: 2002 p.11).

A análise da auditoria deve contemplar não somente os aspectos de projeto e construção, mas também os procedimentos internos, tendo como complemento para esta etapa, elementos da norma ISO 9000, no que se refere ao controle de qualidade. Neste requisito devem ser avaliados: “o exercício de gerenciamento de valores, listas para verificação do cumprimento da saúde e segurança, códigos de construção local e outras legislações, e monitoramento ou inspeção de instalações de trabalho” (ISO 15686-3: 2002 p.18).

O anexo A, da terceira parte da norma, fornece algumas orientações sobre o desenvolvimento de uma auditoria e, dentre estas, é mencionada a avaliação de risco, que “envolve identificação, análises e respostas”. A Tabela 22 “mostra um exemplo de riscos identificados para componentes individuais, em seis elementos de construção” (ISO 15686-3: 2002 p.21).

Tabela 22 - Riscos identificados para componentes individuais de uma edificação.

Elemento	Componente	Perigo de referência	Descrição de perigo
Parede externa	Encontro de tijolos Revestimento de pedra	A B A	Deterioração da aparência Penetração de água Fratura e desprendimento
Telhado inclinado	Insolação	A	Redução térmica de insolação
Subdivisão interna	Ferragens da porta	A B C	Falha em uso normal Fracasso em prover segurança Fracasso em prover segurança contra incêndios
Instalações de aquecimento	Radiadores	A	Vazamentos
Drenagem	Tubulação de solo	A B	Vazamentos Bloqueios
Instalação de elevador	Portas de acesso	A	Falha de equipamento operacional

(Fonte: ISO 15686-3: 2002 p.21 – traduzido pela autora)

No Anexo B da terceira parte da norma ISO 15686, são mencionados ainda alguns itens que devem ser considerados como parte da análise de projeto, são eles:

a) Itens relativos às necessidades e satisfação do cliente:

- 1) Comparação das necessidades do cliente com relação às especificações do produto (...);
- 2) Validação do projeto através de testes feitos em protótipos;
- 3) Avaliação do desempenho sob condições esperadas de uso;
- 4) Utilizações não previstas e abusos;
- 5) Segurança e compatibilidade ambiental;
- 6) Conformidade com os requisitos regulamentares, Normas nacionais e internacionais e organizações;
- 7) Comparação com projetos competitivos;
- 8) Comparação com projetos similares, especialmente análise do histórico de problemas internos e externos, a fim de evitar problemas repetidos.

b) Itens relativos às especificações do produto:

- 1) Confiabilidade e requisitos de manutenção;
- 2) Tolerâncias admissíveis;
- 3) Critérios de aceitação do produto;
- 4) Instabilidade, facilidade e necessidades de armazenamento, prazo de validade e descarte;
- 5) Falhas e características a prova de falha;
- 6) Especificações estéticas e critérios de aceitação;
- 7) Modo de falha e análise de efeito;
- 8) Rotulagem, avisos, identificação, rastreabilidade de requisitos e instruções de uso;
- 9) Habilidade de diagnosticar e corrigir problemas;
- 10) Análise e uso de partes padrão.

c) Itens relativos à especificação do processo

- 1) Capacidade de fabricar o produto de acordo com o projeto, incluindo necessidades especiais de processo, mecanização, automação, montagem e instalação de componentes;
- 2) Capacidade de inspecionar e testar o projeto, incluindo inspeções especiais e exigências de testes;
- 3) Especificação de materiais, componentes e subconjuntos, incluindo fornecedores aprovados e subcontratados, e também disponíveis;
Requisitos de embalagem, manuseio, armazenamento e prazo de validade, especialmente fatores de segurança relacionados à entrada de itens enviados (ISO 15686-3: 2002 p.18).

Em síntese, a terceira parte da Norma ISO 15686, visa validar (ou não) todo o processo de projeto, construção e manutenção da edificação e seus componentes, a fim de verificar seu desempenho e sua vida útil.

Como já mencionado anteriormente, a quarta parte da norma internacional se encontra em fase de desenvolvimento pelo comitê europeu, não sendo possível, portanto, sintetizá-la neste trabalho.

A quinta parte da Norma ISO 15686 descreve, de forma detalhada, o método para a previsão do custo do ciclo de vida de uma edificação. O objetivo desta consiste em estabelecer uma metodologia padrão para determinar o custo do ciclo de vida, bem como incentivar a utilização desta metodologia no setor da construção civil, fornecer subsídios sobre metas a serem definidas durante o projeto e a construção, dentre outras premissas (ISO 15686-5: 2002 p.iv).

A aplicação de uma metodologia para avaliar o custo do ciclo de vida de um imóvel visa possibilitar dados que contribuem para tomadas de decisões, e incentivar outras avaliações, como “avaliação ambiental, avaliação do projeto, avaliação de segurança, de funcionalidade e de conformidade regulamentar” (ISO 15686-5: 2002 p.5).

De acordo com a ISO 15686-5, “o custo do ciclo de vida constitui uma forma de análise para determinar se um projeto está de acordo com o desempenho exigido pelo cliente”. (ISO 15686-5: 2002 p.iv) Para isto, o período da vida útil, de interesse do cliente, e as responsabilidades contratuais é que determinam os requisitos para a análise do custo do ciclo de vida (ISO 15686-5: 2002 p.vii).

Esta parte da Norma é voltada especialmente para proprietários de imóveis, projetistas, construtores, fornecedores e consultores.

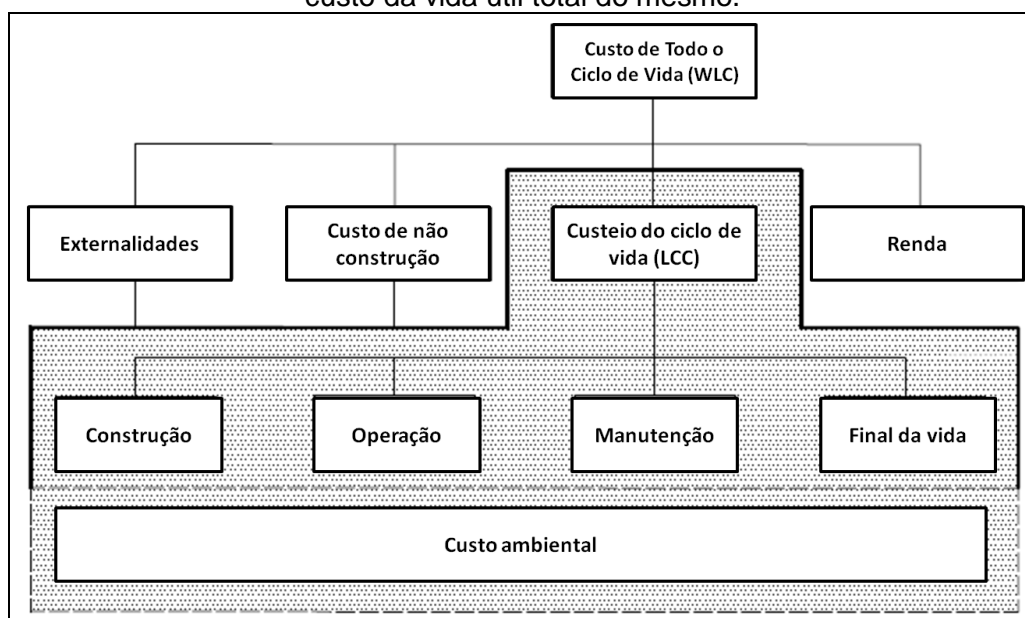
Em nota, a norma define o custo do ciclo de vida como “o custo ou fluxo de caixa, dentre outros custos relevantes (incluindo a renda e demais externalidades) decorrentes da aquisição do imóvel” (ISO 15686-5: 2002 p.1). Este custo possibilita estimar custos futuros, e pode ser aplicado em ambientes individuais ou em uma edificação completa.

Para a definição do escopo da análise do custo do ciclo de vida, é necessário, inicialmente, definir o período de avaliação, ao qual serão avaliados os “custos durante a vida física, técnica, econômica e funcional de um ambiente construído” (ISO 15686-5: 2002 p.5). Nestes custos são inclusos valores de construção, ocupação (funcionamento do imóvel), impostos, custos futuros como a inserção de técnicas sustentáveis, investimentos para a melhora da funcionalidade, etc (ISO 15686-5: 2002 p.5). São avaliados também os custos

referentes à estrutura, envoltórias, serviços e acabamentos, instalações e equipamentos, entre outros. Caso o usuário e o cliente da construção, sejam diferentes – por exemplo no caso de uma habitação social – custos externos podem ser levados em consideração.

A norma diferencia o custeio do ciclo de vida – que constitui a metodologia para avaliar os custos do bem construído sob um tempo determinado – e os custos de toda a vida útil da edificação. A Figura 4 mostra os principais custos que abrangem esses dois parâmetros financeiros.

Figura 4 – Custos que envolvem o custeio do ciclo de vida de um bem construído e o custo da vida útil total do mesmo.



(Fonte: ISO 15686-5: 2002 p.6 – traduzido pela autora)

O custo da vida útil total do edifício considera todos os fatores econômicos relacionados à funcionalidade – desde os custos de “não-construção”, até os custos do final da vida do bem construído. Em síntese, é o somatório total dos custos gerados durante a vida útil do imóvel.

O custeio do ciclo de vida abrange desde os custos de construção até os valores finais da vida útil de um prédio, cujas análises podem ser feitas em momentos distintos. Nas tabelas 23 a 28 são detalhados itens determinantes para a avaliação dos custos, que abrange o ciclo de vida da edificação.

Tabela 23 – Custos de não construção.

Terra e trabalhos permitidos	Custos do local (terra e qualquer construção existente).
Finanças	Interesse ou impactos de maior economia.
Custos de uso e de apoio – gestão de propriedade estratégica	Inclui recursos internos e imobiliários, gestão de propriedade, inspeções gerais, aquisição, disposição e remoção.
Custos de apoio – utilização de encargos	Encargos unitários, de estacionamento, para instalações integradas.
Custos de apoio – administração	Recepção, quadro de distribuição, serviços de TI (Tecnologia da informação), de livreria, restauração, hospitalidade, venda, equipamento, móveis, plantas internas (cuidado e vegetações), coleta de lixo, porteiro, segurança, móveis internos, limpeza, etc.
Taxas	Taxas ou itens de não construção.
Outros	

(Fonte: ISO 15686-5: 2002 p.7 – traduzido e adaptado pela autora)

Tabela 24 – Custos de renda.

Renda de vendas	Valor residual em perda de interesse na terra, ambientes construídos ou materiais recuperados, etc.
Renda durante operação de terceiros	Aluguel e serviços de encargos.
Impostos sobre a renda	Transações em terra.
Rompimento	Tempo de inatividade, perda de renda.
Outro	

(Fonte: ISO 15686-5: 2002 p.7 – traduzido e adaptado pela autora)

Tabela 25 – Custos de construção.

Taxas profissionais	Desenvolvimento do projeto e engenharia, consentimentos legais.
Trabalhos temporários	Limpeza do local, etc.
Construção do imóvel	Incluindo infraestrutura, equipamentos, funcionamento, avaliação e entrega.
Adaptação inicial ou remodelação do imóvel	Incluindo infraestrutura, equipamentos, funcionamento, avaliação e entrega.
Taxas	Taxas em bens construídos ou serviços.
Outros	Contingências do projeto

(Fonte: ISO 15686-5: 2002 p.7 – traduzido e adaptado pela autora)

Tabela 26 – Custos de operação.

Aluguel	
Seguro	Proprietário do edifício e /ou ocupantes.
Taxas	Taxas, encargos locais, taxas ambientais.
Custos regulatórios periódicos	Fogo, inspeções de acesso.
Utilidades	Incluindo aquecimento, resfriamento, energia, luz, água e redes de esgoto.
Outros	Subsídios para futuras observações referentes aos encargos regulatórios.

(Fonte: ISO 15686-5: 2002 p.7 – traduzido e adaptado pela autora)

Tabela 27 – Custos finais.

Inspeções	Condição final de inspeções.
Disposição e demolição	Incluindo funcionamento, disposição de materiais e limpeza do local.
Reintegração para ater às exigências contratuais	Critérios de condição para o fim do contrato de arrendamento.
Taxas	Taxas de bens e serviços
Outros	

(Fonte: ISO 15686-5: 2002 p.7 – traduzido e adaptado pela autora)

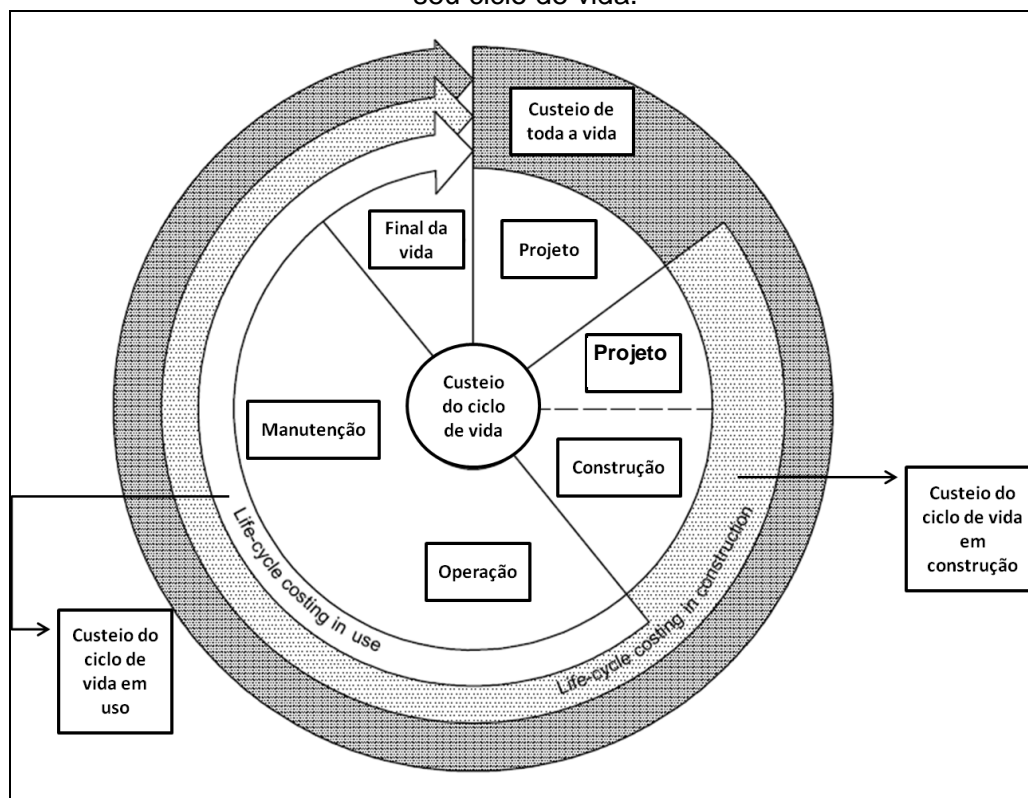
Tabela 28 – Custos de manutenção.

Gestão da manutenção	Inspeções periódicas, projetos, gestão de serviço contratual planejado.
Adaptação ou remodelação do ambiente em uso	Incluindo infraestrutura, equipamentos, funcionamento, validação e entrega.
Reparo e substituição de componentes menores, áreas pequenas	Definidos pelo valor, tamanho de área, termos contratuais.
Limpeza	Incluindo limpeza regular periódica e período específico de limpeza.
Manutenção do solo	Com área do local definida.
Redecoração	Incluindo decoração regular, periódica e específica.
Substituição de sistemas maiores e componentes	Incluindo o projeto associado e o gerenciamento do projeto.
Taxas	Taxa de manutenção de bens e serviços
Outros	

(Fonte: ISO 15686-5: 2002 p.7 – traduzido e adaptado pela autora)

Como mencionado, a avaliação do custeio do ciclo de vida de uma edificação pode ser feita em tempos distintos, sendo estes: planejamento inicial e investimento do projeto, projeto e construção, durante a ocupação (análise de pós-ocupação), e na eliminação do bem edificado – final da vida útil do mesmo. A Figura 5 indica estas fases, cuja avaliação do custo é recomendada.

Figura 5 – Diferentes etapas de uma edificação, em que é possível determinar o custo do seu ciclo de vida.



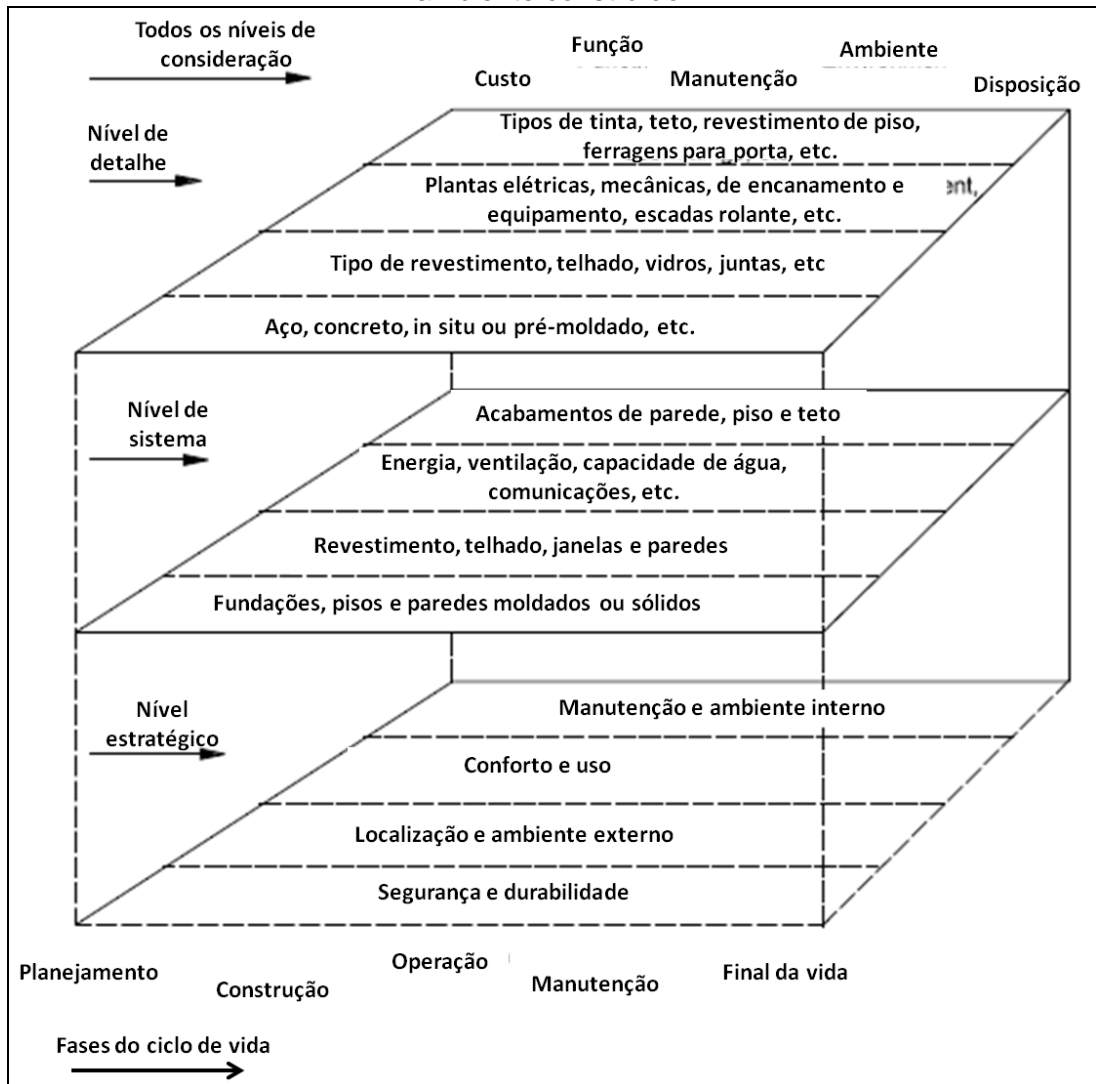
(Fonte: ISO 15686-5: 2002 p.9 – traduzido e adaptado pela autora)

A fim de elucidar os itens avaliados em cada fase do custeio do ciclo de vida, a norma faz uma divisão em níveis, selecionando-os em: nível de detalhe, nível de sistema e nível estratégico. Para cada nível são mencionados os itens a serem analisados – veja Figura 6.

O nível estratégico pode incluir exigências em termos de funcionalidade, prioridades do cliente (taxas de retorno sobre o investimento de capital), conceitos de projeto e compra do imóvel. Nesta fase podem ser inclusos ainda possibilidades de investimentos futuros, como técnicas de sustentabilidade, por exemplo (ISO 15686-5: 2002 p.12).

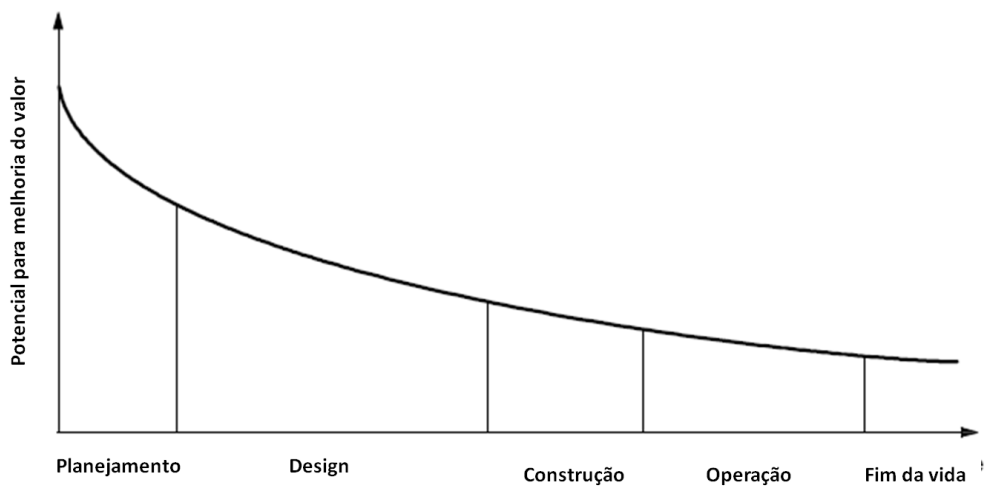
O nível de detalhamento possibilita compor um escopo sobre os custos durante a vida útil da edificação. É possível prever, ainda na fase de planejamento, os custos de “pós-construção”, sendo provável, segundo esta parte da norma, verificar até 80% dos custos de operação e manutenção do imóvel, nos primeiros 20% do processo de projeto. A Figura 7 ilustra esta diferenciação no custo de acordo com cada fase do empreendimento (ISO 15686-5: 2002 p.12).

Figura 6 – Itens a serem analisados em diferentes níveis do ciclo de vida de um ambiente construído.



(Fonte: ISO 15686-5: 2002 p.9 – traduzido pela autora)

Figura 7 – Escopo de projeto e diferenciação no custo de acordo com cada etapa.



(Fonte: ISO 15686-5: 2002 p.12 – traduzido pela autora)

Verifica-se, com isto, a importância de prever os custos de uma edificação.

Através de especificações de componentes e materiais feitas com maior conhecimento técnico e econômico, será possível tomar decisões ainda na fase de planejamento, as quais repercutirão diretamente no bom funcionamento do edifício e na durabilidade maior do mesmo. Mesmo nas etapas de manutenção e reposição de componentes, as decisões ocorrerão com maior consistência profissional, tendo a previsão dos custos e dos benefícios que as partes edificadas trarão ao bem edificado. As especificações corretas e bem planejadas poderão minimizar futuras intervenções e, conseqüentemente, aumentar a vida útil do imóvel.

A sexta parte da norma internacional de previsão da vida útil de bens construídos, descreve subsídios importantes sobre quando e como é necessário incluir os aspectos ambientais no projeto de um bem construído. Ela faz uma interface entre o planejamento da vida útil e a avaliação ambiental de uma edificação (ISO 15686-6: 2004 p.iv).

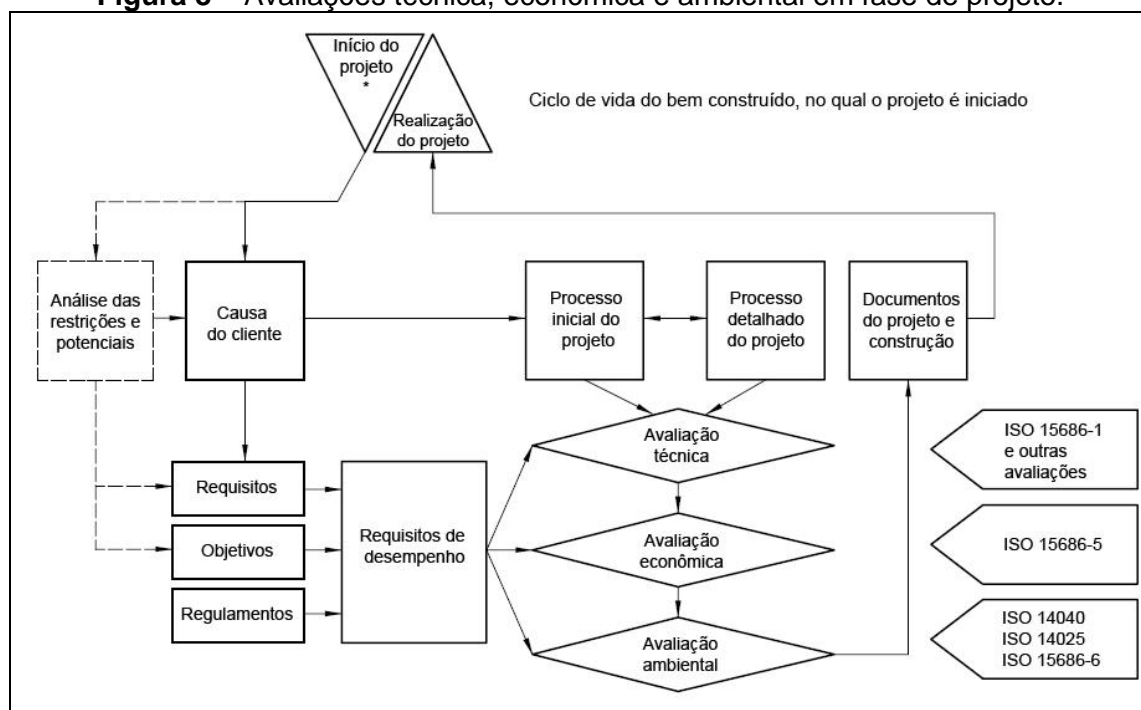
Cada produto, independente do seu porte, possui um impacto no meio ambiente, em qualquer uma das fases do seu ciclo de vida. Visto isso, deve-se procurar detectar estes impactos ainda na fase de projeto, pois é mais fácil modificar o projeto, em fase de planejamento, do que modificar a construção – que pode ocasionar em maiores custos, desperdícios e intervenções que, possivelmente, podem prejudicar a estrutura.

A norma recomenda que a avaliação dos impactos ambientais seja feita juntamente às avaliações técnicas e econômicas do projeto. Como, normalmente, os bens construídos possuem uma vida útil maior, é importante integrar ao máximo as avaliações, visto que uma análise pode ser complementar a outra. Segundo a ISO 15686-6, algumas das informações básicas são retiradas dos cenários sobre o desempenho técnico e econômico, as quais podem “ajudar a abordar com êxito os aspectos ambientais” (ISO 15686-6: 2004 p.2).

A Figura 8 mostra o momento em que as avaliações devem aparecer em fase de planejamento. Recomenda-se que as decisões de cada uma destas avaliações estejam presentes no projeto, dando a possibilidade de incluir estas durante a construção do imóvel. Na figura, as avaliações – técnica, econômica e ambiental – aparecem na fase inicial do projeto e na fase de detalhamento. Isto

indica que na fase inicial estas avaliações serão feitas “menos exatas e mais gerais e direcionadas”, necessitando retomá-las na etapa executiva do planejamento para, assim, serem definidas com mais detalhes (ISO 15686-6: 2004 p.3). A “causa do cliente” significa os requisitos que o cliente propõe para o projeto e os “regulamentos”, indicam os requisitos dos órgãos governamentais locais e nacionais.

Figura 8 – Avaliações técnica, econômica e ambiental em fase de projeto.



(Fonte: ISO 15686-6: 2004 p.3 – traduzido pela autora)

Apesar da recomendação em dar maior atenção ao PVU e à avaliação ambiental na fase de planejamento – devido à maior facilidade na tomada de decisões e modificações – a norma cita que estas avaliações podem ocorrer em qualquer fase do ciclo de vida do imóvel (ISO 15686-6: 2004 p.3).

Segundo a sexta parte da norma ISO 15686, os requisitos para a avaliação ambiental de um bem construído são:

- uso de materiais,
- uso de energia,
- uso de água,
- emissão de substâncias, incluindo emissões perigosas e tóxicas, e
- uso da terra e impacto na biodiversidade (ISO 15686-6: 2004 p.5).

Como metodologia para a avaliação ambiental, a norma indica a ACV (Análise do Ciclo de Vida)¹⁴, no entanto, dependendo dos requisitos e objetivos do projeto, podem ser aplicadas outras condições e outra metodologia para esta avaliação (ISO 15686-6: 2004 p.5).

A ISO 15686-6 descreve todo o processo da ACV e fornece subsídios relevantes sobre tomadas de decisão e documentações da avaliação ambiental, cujos resultados interferem diretamente na vida útil do edifício.

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

De acordo com a norma,

métodos comuns para a avaliação do desempenho e uma análise adequada dos dados a partir da prática, são decisivos para fazer com que os dados experimentais de um conjunto de edifícios sejam consistentes e comparáveis (ISO 15686-7:2006 p.v).

Geralmente, antes de iniciar o planejamento da vida útil de projeto, é necessário obter a Vida Útil Requerida (VUR) – que deve ser definida juntamente com o cliente e/ou outros responsáveis pelo bem construído. Esta VUR, multiplicada a outros fatores que influenciam no desempenho da edificação, possibilita a obtenção da Vida Útil Estimada (VUE), tendo a seguinte fórmula:

$$VUE = VUR \times \text{Fator A} \times \text{Fator B} \times \text{Fator C} \times \text{Fator D} \times \text{Fator E} \times \text{Fator F} \times \text{Fator G}$$

A descrição de cada fator é dada na Tabela 29.

¹⁴ A análise do ciclo de vida – também conhecida pela sigla ACV – é um processo de análise realizado sobre a vida-útil de um produto ou bem construído, considerando desde a extração da matéria-prima, até o processo de produção, a utilização e o reaproveitamento/descarte do mesmo. Atualmente, existem alguns softwares que auxiliam nos cálculos de impactos ambientais.

Tabela 29 – Definição de cada fator que compõe o Método Fatorial, para calcular a Vida Útil Estimada.

Classes de fator do Método dos fatores	
Classe do fator	Descrição
A	Qualidade dos componentes
B	Nível do projeto
C	Nível de execução da obra
D	Ambiente interior
E	Ambiente exterior
F	Condições de uso
G	Nível de manutenção

(Fonte: ISO 15686-7: 2006 p.3 – traduzido pela autora)

Para a determinação do valor de cada fator, a norma estabelece diferentes escalas, conforme apresenta a Tabela 30.

Tabela 30 – Escalas de condição usual para a determinação dos fatores.

Escala de condição usual	Descrição	Comentários
0	Não disponível	Nunca deve ser aplicada para a classe de fator A. Não deve ser aplicada para as classes de fator B, C, F e G quando os dados da vida útil forem baseados em testes de envelhecimento de acordo a ISO 15686-2.
1	muito alto/moderado	–
2	alto/moderado	–
3	normal	–
4	baixo/grave	–
5	muito baixo/grave	–
NA	não aplicável	Normalmente não deve ser aplicada.
NOTA Uma estimativa da condição usual não é o mesmo que o valor do fator correspondente, mas um pedaço de informação para estimar seu fator.		

(Fonte: ISO 15686-7: 2006 p.11 – traduzido pela autora)

A seleção quantitativa dos fatores depende das condições, as quais o edifício está vulnerável e das especificações de projeto. Para a realização desta escolha, é necessária a anotação máxima dos dados sobre as solicitações de projeto e do meio em que o imóvel será implantado (ISO 15686-7:2006 p.4).

Na Tabela 31 são fornecidos alguns documentos importantes e necessários, para anotação dos dados que podem compor a avaliação do desempenho da vida útil de um bem construído.

Tabela 31 – Tipos de documentos para a análise de desempenho.

Documento	Função principal	Conteúdo
Essa parte da ISO	Fornecer um quadro padrão para o planejamento e para os termos e métodos	Definições, método e conteúdo.
Documentos gerais de trabalho para levantamento do desempenho	Fornecer termos fixos (nível de referência) estabelecidos (objetivo) para o desempenho de um produto ou método de construção	Lista específicas e/ou catálogos ilustrados, por exemplo: <ul style="list-style-type: none"> - concreto - alvenaria - madeira externa - aço - dutos de ventilação Listas para os prováveis locais de falha, preparadas com base nessa parte da ISO 15686.
Documentos específicos de trabalho para levantamento do desempenho	Fornecer direções específicas de como um tipo de item deve ser controlado. Também deve fornecer o nível de referência para graus de desempenho para o tipo de item relevante.	Manual de trabalho completo para o levantamento do desempenho de um tipo de item, por exemplo: <ul style="list-style-type: none"> - pontes - edifícios antigos da cidade - igrejas de madeira - sistemas de ventilação Estes devem ser preparados por aqueles que solicitaram a avaliação (gerente da unidade, proprietário do imóvel etc.) com base nos documentos gerais e padrão de trabalho.

(Fonte: ISO 15686-7: 2006 p.6 – traduzido pela autora)

Para a análise do desempenho de uma edificação, a norma menciona três níveis de registros, de acordo com seus graus de detalhamentos. São eles:

- a) nível 1 (preliminar): Registro de desempenho com um caráter geral, consistindo-se de observações visuais combinadas, se necessário, com medições simples.
- b) nível 2 (regular): Registro de desempenho com um caráter geral, porém mais completo e detalhado que o Nível 1. Isso inclui análise dos dados de apoio, por exemplo: desenhos, especificações ou outra documentação. Registros e medições mais extensas devem ser realizados para estabelecer a construção e o desempenho do item quando necessário.
- c) nível 3 (detalhado): Registro de desempenho com um caráter especial, que inclui somente itens (elementos do edifício, elementos da construção, seções de trabalho) ou problemas específicos. Tal registro de desempenho implica na aplicação de medições e métodos de teste especialmente precisos e, quando apropriado, testes em laboratório (ISO 15686-7:2006 p.6).

A ISO 15686-7 descreve ainda um escopo completo de como deve ser feita uma avaliação de desempenho, como sintetiza a Tabela 32.

Tabela 32 – Escopo para a avaliação do desempenho.

Fase principal	Atividade/ conteúdo	Exemplos/elaboração
Definição do trabalho	Propósito	Planejamento de manutenção, reparo e reforma. Avaliação de danos e Vida Útil Residual. Estimativa de custo. Documentação de conservação
	Extensão/nível	Item: campo, edifício, obra, elementos. Avaliar, definir o nível de registro. Amostragem. Cálculo de custo de ação.
	Custo da análise	Custo próprio e serviços contratados.
Planejamento	Material básico	Desenhos, especificações, documentação de desempenho.
	Esquema de registro	Sistemático, sistema de orientação, seleção de estatísticas, suporte.
	Plano	Exame, inspeção, informação de reuniões, acesso.
Registro de idade, condições usuais e níveis de desempenho.	Exame	Sintomas, condições de uso.
	Grau de desempenho	Descrição do desempenho através de figuras e medidas.
	Documentação	Fotografias
Avaliação	Condições de uso	Propriedades críticas e requisitos de desempenho/predição da vida útil.
	Controle de desempenho	Requisitos definidos por autoridades, regulamentações. Requisitos definidos pelo cliente/requisitos do usuário.
	Falhas	Definição do nível de referência, documentação insuficiente.
	Probabilidades e consequências	Reconsiderar a extensão dos registros, falhas na distribuição e graus de consequência.
	Riscos	Avaliados e usados como base para perfis de ação.
	Ações	Recomendações, prioridades/custos se apropriado.
Relatórios	Introdução	Propósito. Identificação do item, estrutura principal, idade da construção, extensão do nível, tempo de levantamento, cliente e empreiteiro, e outras partes envolvidas.
	Conclusão	Conclusão principal, sumário, desempenho, ações recomendadas, custos, economia, recomendação para maior progresso.
	Relatório principal	Definições, nível de referência, registros, inspeções, avaliações e recomendações, custos.
	Documentos anexos	Material básico, material suplementar, desenhos, fotografias, formulários.

(Fonte: ISO 15686-7: 2006 p.8 – traduzido pela autora)

Para o registro do desempenho, a norma estabelece os “Graus de Desempenho (GD)”, sendo:

- Grau de desempenho 0: Não há sintomas
- Grau de desempenho 1: Sintomas leves
- Grau de desempenho 2: Mediano

- Grau de desempenho 3: Sintomas fortes
- Grau de desempenho 4: Totalmente inaceitável, incluindo colapso e mau funcionamento (ISO 15686-7:2006 p.11).

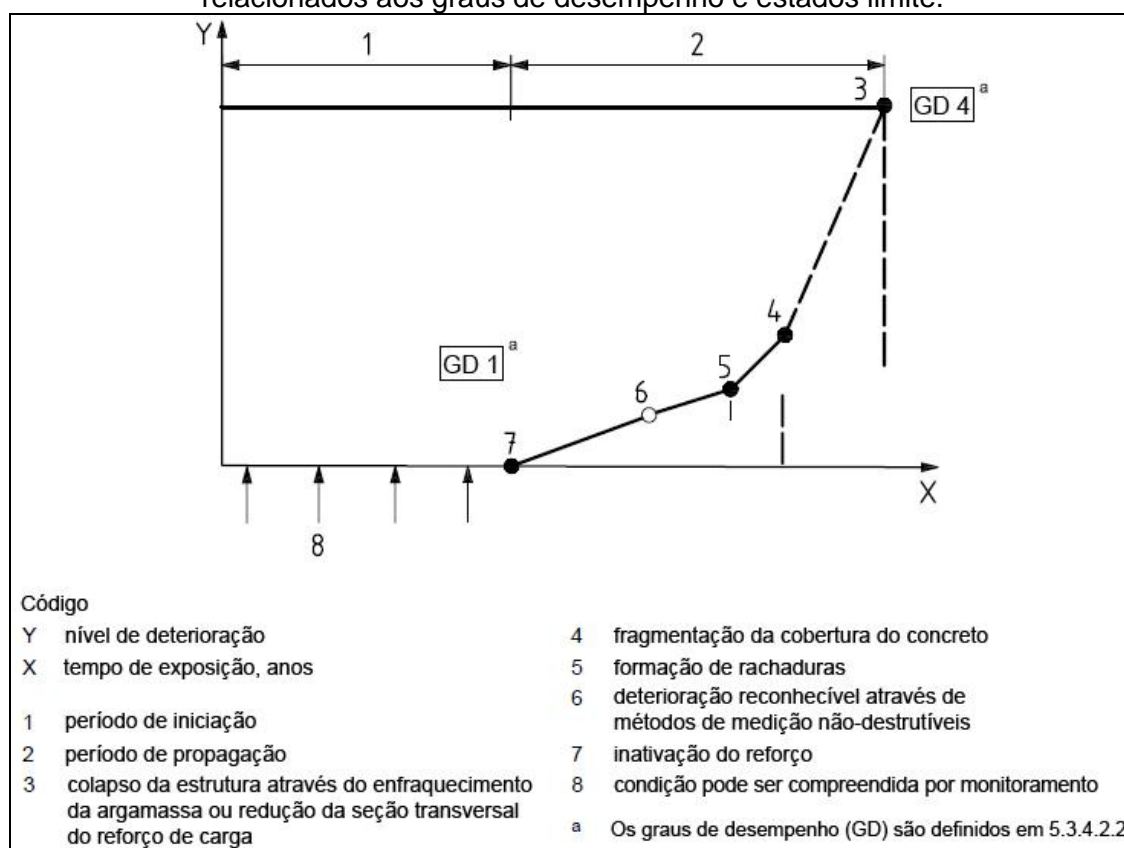
Segundo a ISO 15686-7, “como a vida útil de um componente está sempre relacionada a uma função necessária àquele componente, a vida útil deve ser definida e relacionada a uma propriedade crítica”, que será descrita na oitava parte da ISO 15686 (ISO 15686-7:2006 p.11).

Esta parte da Norma fornece diretrizes de como avaliar as condicionantes externas, as quais o edifício analisado estará exposto, como os fatores climáticos e ambientais.

Com a obtenção do grau de desempenho, é possível fazer a previsão da vida útil de componentes edificados, de uma edificação individual ou de um conjunto de edificações.

No anexo B desta parte da ISO 15686, a norma dispõe de um gráfico que ilustra o grau de desempenho relacionado ao nível de deterioração da estrutura de concreto da Torre Olímpica em Munique, como se vê na Figura 9.

Figura 9 – Níveis de deterioração do concreto da Torre Olímpica em Munique relacionados aos graus de desempenho e estados limite.



(Fonte: ISO 15686-7:2006 p.21 – traduzido pela autora)

Segundo a ISO 15686-7, “quando os parâmetros dos modelos para carbonatação¹⁵ ou deterioração do concreto são conhecidos ou medidos, a vida útil residual pode ser calculada após uma avaliação dos graus de desempenho na construção” (ISO 15686-7:2006 p.21).

Outra previsão do desempenho de uma edificação, ou de componentes desta, é feita através de modelos de degradação Markovianos, também conhecido como Cadeia de Markov. Este modelo tem como premissa analisar o componente edificado durante um ano, e ao final desta análise, descrever a taxa média da degradação das estruturas em um modelo probabilístico. Este método requer um tempo maior de análise e representa um pouco mais de complexidade, visto a necessidade de obter um tratamento estatístico (ISO 15686-7:2006 p.22).

No anexo C, desta sétima parte da norma ISO 15686, é descrito um exemplo de um método para previsão da vida útil do sistema de pintura de chapa de aço revestida através de mergulho em zinco quente, utilizando o método de inspeção de edifícios (análise através da prática) – mencionado na segunda parte desta norma. A qualidade da cor da tinta não é especificada. Os dados e as condicionantes climáticas analisadas neste teste são específicos da região de Oslo, Noruega, em meados dos anos 1990. As condicionantes ponderadas foram a umidade, a chuva ácida e o índice pluviométrico local, além de poluentes propícios da região como o dióxido de enxofre (SO₂), que foi modelado, mapeado e exibido nos sistemas GIS pelas autoridades de poluição – compostas por membros do CIB e do RILEM.

Os dados medidos e relatados, correspondentes às condicionantes analisadas foram:

- O₃ = 34 µg/m³ ± 17 µg/m³,
- H⁺ = 0,025 mg/l,
- chuva = 0,6 m/ano,
- TDU = 0,32 % do tempo total (ISO 15686-7:2006 p.24).

Outros agentes de degradação não foram relatados, mas foram incluídos na avaliação, de modo qualitativo.

¹⁵ A carbonatação é uma das principais patologias do concreto. O fenômeno da carbonatação constitui uma reação entre o CO₂ da atmosfera em presença de umidade com os produtos de hidratação do cimento Portland. Este origina a redução do pH do concreto a níveis que podem causar a eliminação da película passivadora do aço, podendo ocorrer a corrosão das armaduras. (Fonte: BARIN, 2008)

A classe de fator D (ambiente interno) não foi aplicada. De acordo com a norma, “como os dados são baseados em um estudo de levantamento de edifícios amostrados aleatoriamente, as classes de fator restantes são todas propensas a serem caracterizadas como médias”, como mostra a Tabela 33 (ISO 15686-7:2006 p.24).

Tabela 33 – Classificação dos fatores para predição da vida útil.

Classe de fator	Classificação da condição usual
A – qualidade dos componentes	3
B – nível do projeto	3
C – nível da execução da obra	3
D – ambiente interno	NA
F – condições devidas ao uso	3
G – nível de manutenção	3
* NA – Não aplicável	

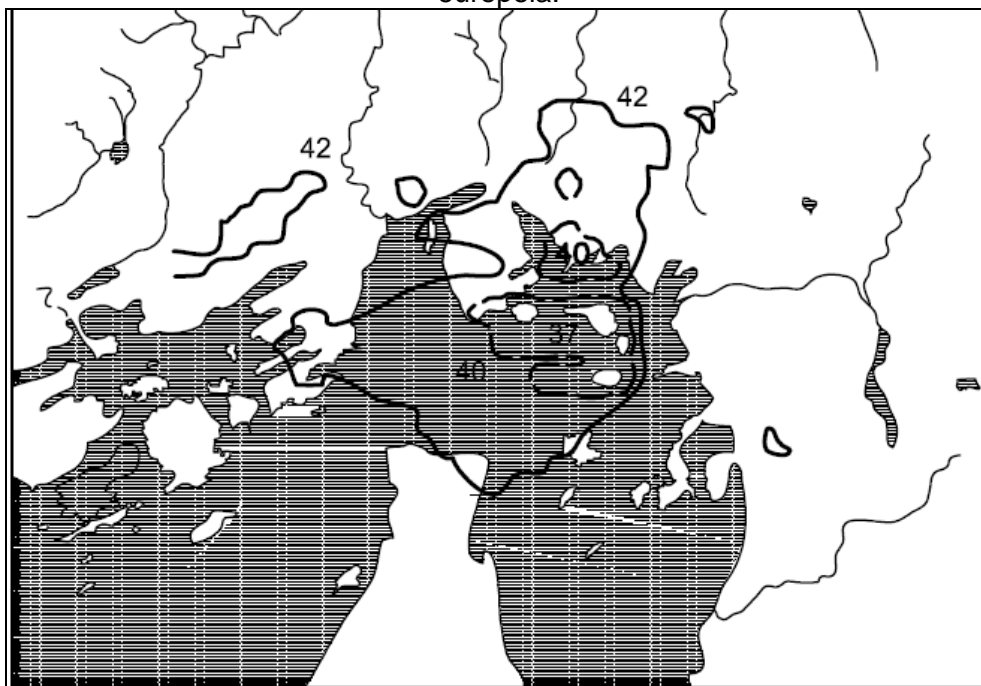
(Fonte: ISO 15686-7:2006 p.24 – traduzido pela autora)

As propriedades críticas do sistema de pintura analisado foram classificadas de acordo com a norma *ISO 4628:2003 – Tintas e vernizes - Avaliação da degradação de revestimentos - designação da quantidade e tamanho dos defeitos e da intensidade das mudanças uniformes na aparência (Partes 2, 4, 5 e 6)*. Os requisitos de desempenho considerados foram a formação de bolhas, formação de rachaduras, raspagem e descamação.

Baseado na inspeção dos edifícios e nos valores dos agentes de degradação (que não foram relatados pela norma), bem como nos requisitos de desempenho das propriedades críticas da pintura, a vida útil foi modelada e mapeada, de acordo com as funções de danos derivadas da comissão europeia¹⁶, como mostra a Figura 10. Por meio desta análise constatou-se que a vida útil de sistemas de pintura em chapas de aço, na região de Oslo, em meados da década de 90, era de aproximadamente 40 anos.

¹⁶ Funções de danos derivadas, retiradas do livro: HAAGENRUD, S.E. AND HENRIKSEN, J.F. *Degradation of built environment — Review of cost assessment model and dose response functions*, In: C. SJÖSTRÖM, ed., 7th International conference on "Durability of Building Materials and Components", Stockholm, 1996, pp. 85-96, London: E & FN Spon, 1996.

Figura 10 – Modelagem e mapeamento da vida útil de pinturas em chapas de aço, para a região de Oslo, em 1994, baseados das funções de danos derivadas da comissão europeia.



(Fonte: ISO 15686-7:2006 p.25 – traduzido pela autora)

A oitava parte da norma ISO 15686 dá continuidade ao Método Fatorial - descrito na sétima parte – e fornece um método sistemático sobre como prever a vida útil de referência e a vida útil estimada de um bem construído, visto que para obter a vida útil estimada é necessário definir primeiro a vida útil de referência.

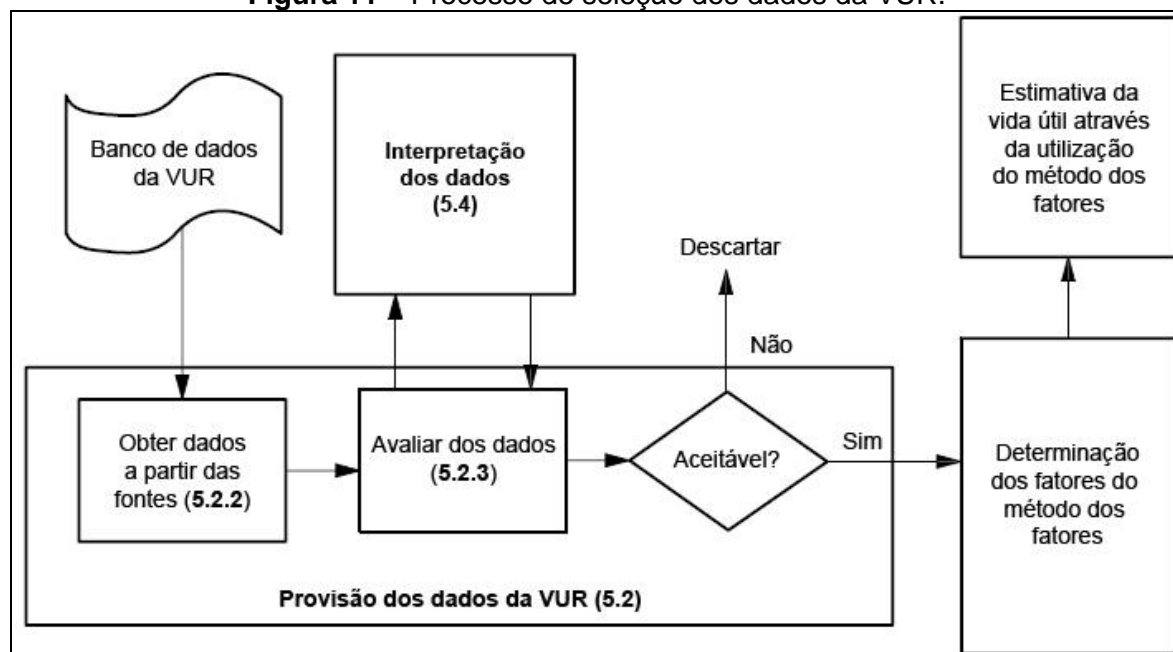
De acordo com a norma, os responsáveis por fornecer informações sobre a VUR são:

- construtores de edifícios e fabricantes de produtos de construção;
- laboratórios de teste;
- organismos/corporações nacionais de avaliação e organizações de aprovação técnica;
- detentores dos bancos de dados;
- outros fornecedores de dados (ISO 15686-8:2008 p.3).

Para a determinação da VUR, é necessário compor um banco de dados (através de pesquisas, testes, avaliações, etc.) a respeito dos componentes construtivos, o qual “deve conter ao menos uma descrição geral do material ou componente e, dados sobre a vida útil em um ambiente externo (ou interno) indicado”, bem como as condições de uso, propriedades críticas e requisitos de desempenho. (ISO 15686-8:2008 p.4) Os dados obtidos serão interpretados, de

modo a selecionar as informações relevantes e as que serão descartadas da avaliação. As informações válidas do banco de dados da VUR serão então inseridas nos fatores que compõe o Método Fatorial, para previsão da VUE, como mostra a Figura 11.

Figura 11 – Processo de seleção dos dados da VUR.



(Fonte: ISO 15686-8:2008 p.5 – traduzido pela autora)

Esta parte da ISO 15686-8 descreve, minuciosamente, como interpretar os dados e como formatá-los de acordo com os fatores do Método Fatorial de previsão da vida útil.

No registro de dados da avaliação da vida útil estimada deve conter:

- a) informação geral [para identificação do registro como um número único ou código referindo-se ao banco de dados, a data da avaliação e o nome e qualificação do(s) avaliador(es)];
- b) escopo [cronograma] (...);
- c) (...) informações fornecendo uma descrição geral do material ou componente. “Exemplo: Chapa de aço revestida e mergulhada em zinco quente”.
- d) metodologia (...);
- e) condições usuais de referência, fornecendo uma descrição quantitativa destas e classificando-as nas categorias de fatores relacionadas ao Método Fatorial, como segue:
 - para os fatores A, B, C, F e G, figuras quantitativas ou qualitativas podem ser dadas,
 - para os fatores D e E (ambiente interno e ambiente externo):
 - expressões numéricas descrevendo a VUR como uma função das intensidades dos agentes degradantes incluídos (ou seja, as chamadas funções de dados),

- intensidades dos agentes degradantes significantes incluídos,
- uma descrição simplificada, como uma zona climática, um lugar ou área específico etc.;
- f) agentes degradantes: informações indicando quais os agentes degradantes estão incluídas (...);
- g) propriedades críticas e requisitos de desempenho (...);
- h) vida útil de referência (...);
- i) qualidade dos dados: informações a respeito da qualidade dos dados, confirmando que eles são gerados com base em:
 - um procedimento sistemático e uma revisão crítica por um terceiro,
 - um procedimento sistemático, mas sem revisão crítica por um terceiro,
 - informações dispersas e uma revisão crítica por um terceiro,
 - informações dispersas, mas sem revisão crítica por um terceiro;
- j) confiabilidade dos dados: informações a respeito da confiabilidade da fonte dos dados (...);
- k) informações adicionais consideradas: informação que fornece uma relação de anexos/evidências consideradas, que podem incluir matéria impressa, cópias de protocolos de teste, fotografias, desenhos etc.;
- l) referências como fontes de informações, quando aplicável/disponível (ISO 15686-8:2008 p.9-11).

Sobre a originalidade e a definição do Método Fatorial, a oitava parte da norma ISO 15686 esclarece:

(...) O método dos fatores origina-se a partir do trabalho realizado no Japão, cujos detalhes são publicados pelo Instituto Arquitetônico do Japão (Architectural Institute of Japan). O método dos fatores é usado para obter uma VUE do componente de um objeto projetado [imóvel], através da modificação de uma VUR através da consideração das diferenças entre as condições usuais de referência e as do objeto específico sob as quais a VUR é válida. Essas diferenças são classificadas em sete categorias de fator.

(...) O método dos fatores é um meio de reunir considerações sobre os agentes ou condições mais possíveis de afetar a vida útil (ISO 15686-8:2008 p.11).

Na sétima parte da norma internacional são disponibilizados os valores das escalas das condições usuais de referência do objeto (componente) e a definição de cada fator que compõe a fórmula do Método Fatorial. Na oitava parte, este método é descrito com mais detalhes, dando subsídios sobre como quantificar os fatores da fórmula, bem como exemplos do cálculo da VUE de componentes.

A quantificação dos fatores se dá através da “diferença entre as condições usuais de referência (experiências existentes) e as do objeto específico

(analisado) seguindo as respectivas categorias dos fatores”. (ISO 15686-8:2008 p.13) Após esta quantificação, estes fatores são multiplicados, como mostra a fórmula abaixo.

$$t_{EVUE} = t_{FVUR} \times \phi_A \times \phi_B \times \phi_C \times \phi_D \times \phi_E \times \phi_F \times \phi_G$$

De acordo com a ISO 15686-8, “os valores dos fatores devem estar no intervalo de 0,8 a 1,2 ou, preferencialmente, (...) no intervalo de 0,9 a 1,1”. A norma alerta ainda que “um valor de fator menor que 1 tem um efeito redutor no valor da VUE e um valor maior que 1 tem um efeito crescente.” (ISO 15686-8:2008 p.13)

Sobre como calcular os fatores do Método Fatorial, esta parte da norma cita:

Para qualquer categoria de fator, um valor de 1 é obtido se, nessa categoria, não houver dependência das condições usuais na vida útil, ou se não houver diferença entre as condições usuais de referência e as do objeto específico.

Os valores de fator ϕ_A , ϕ_B ... ϕ_G devem ser determinados ou encontrados pelo usuário. O usuário pode estabelecer os valores a partir de sua experiência (...). Os valores são frequentemente baseados em ações conhecidas do ambiente sobre materiais específicos (por exemplo, aumento da corrosão em atmosferas salinas), ou em efeitos conhecidos de manutenção e mão de obra precária. Alternativamente, o usuário pode achar valores de fator documentados, ou mais provável, dados que permitam o cálculo desses valores. Quando inúmeras fontes de informação são encontradas, técnicas de ponderação e/ou interpolação/extrapolação podem ser úteis. Possíveis fontes de informação são fabricantes, resultados de testes, análises a partir da prática através da avaliação das condições, e criação de modelos. Outras possíveis fontes são painéis de especialistas de acordo com o método de Delphi e compilações de conhecimento como os estudos de modo de falha e análise de efeitos (...) (ISO 15686-8:2008 p.13).

Em razão do método de quantificação dos fatores, a norma esclarece que há uma incerteza substancial nos resultados obtidos, especialmente, devido ao fato de “os efeitos que determinam os valores de cada fator ser, muitas vezes, dependentes uns dos outros” (ISO 15686-8:2008 p.13).

3.3. A INTERFACE ENTRE AS NORMAS NBR – 15575 E ISO – 15686

Tanto a Norma de Desempenho (NBR 15575) como a Norma de Planejamento da Vida Útil (ISO 15686) possuem a finalidade de conferir a uma edificação um desempenho mínimo, visando o aumento de sua vida útil.

O que as diferencia é o objeto específico em que cada uma delas enfoca para alcançar tal desempenho.

A Norma de desempenho determina requisitos de vida útil mínimo, visando o atendimento destes para o alcance do desempenho de um imóvel. Já a norma internacional ISO 15686, não exige, de maneira enfática, uma vida útil mínima, mas fornece diretrizes de como alcançar um bom desempenho, através do planejamento da vida útil de um bem construído.

Além do foco em que cada uma das normas, descritas neste trabalho, exerce sobre o planejamento da vida útil, estas se diferenciam ainda em sua estrutura e também no nível de prescrição do método de previsão da vida útil.

A NBR 15575 (ABNT:2012) é composta por seis partes, sendo a primeira destinada aos requisitos gerais e as outras com foco nos sistemas construtivos: sistemas estruturais, pisos, vedações verticais externas e internas, coberturas e sistemas hidrossanitários.

A ISO 15686 é composta por dez partes, sendo que a quarta se encontra em desenvolvimento. A primeira parte se destina aos princípios e estrutura geral e as demais partes possuem como foco as etapas do planejamento da vida útil dos sistemas, sendo: procedimentos, auditorias, custo, consideração dos impactos ambientais, métodos de avaliação, estimativa da vida útil e avaliação do desempenho.

Quanto à estrutura dos tópicos, a Norma de Desempenho (NBR 15575) considera a previsão da vida útil como sendo um dos requisitos necessários para o alcance do desempenho de uma edificação. Além deste, ela estabelece outros 14 pré-requisitos sendo: segurança estrutural; segurança contra o fogo; segurança no uso e na operação; estanqueidade; desempenho térmico; desempenho acústico; desempenho lumínico; saúde, higiene e qualidade do ar; funcionalidade e acessibilidade; conforto tátil e antropodinâmico; manutenibilidade; e impacto ambiental.

Já a norma ISO 15686, possui como foco as fases de um planejamento da vida útil de bens construídos, sendo que para outros requisitos de desempenho existem outras normas específicas.

Quanto ao método de execução da previsão da vida útil de uma edificação, a norma de Desempenho não descreve de maneira detalhada. Esta menciona ainda que "na ausência de Normas brasileiras requeridas para sistemas, podem ser utilizadas Normas Internacionais requeridas relativas ao tema" (NBR 15575-1 - ABNT:2012 p.17/xx).

Em contrapartida, a norma ISO 15686 descreve de maneira detalhada cada etapa do planejamento da vida útil a ser desenvolvido em uma edificação.

4. CAPÍTULO III - METODOLOGIAS EXISTENTES DE PREVISÃO DA VIDA ÚTIL

Os métodos de previsão da vida útil descritos pela Norma ISO 15686 – como a exposição ao intemperismo, o teste de envelhecimento acelerado e o método por inspeção dos edifícios – já são conhecidos por profissionais da construção civil, especialmente nos países desenvolvidos.

No Brasil, já existem empresas que dispõem de consultorias técnicas sobre a previsão da vida útil de projeto, em edificações, com testes de durabilidade dos materiais especificados – em laboratórios, avaliação dos riscos, auxílio na escolha dos materiais, modelagem da vida útil, através de ferramentas numéricas desenvolvidas pela própria empresa, etc.

Contudo, a fim de detectar as metodologias mais adotadas no Brasil, verificou-se, após uma pesquisa exploratória em artigos, teses e periódicos, os métodos mais disseminados no Brasil são a inspeção dos edifícios e o método determinístico – o qual será explanado mais adiante.

Segundo o Prof. Dr. Turíbio José da Silva, da Universidade Federal de Uberlândia, é possível fazer a inspeção, durante a fase de construção e obter algumas informações da estrutura para que seja realizada, então, a estimativa da vida útil da edificação. Caso o resultado não seja adequado, e haja a necessidade de algum ajuste, deve ser feita a intervenção preventiva. Turíbio destaca ainda a importância de levar em consideração, em fase de projeto, as condicionantes climáticas externas e as características físicas e geológicas do local, cuja edificação será implantada¹⁷.

Um projeto de pesquisa de professores da Faculdade de Engenharia Civil, da Universidade de Uberlândia, intitulado “Previsão de Vida Útil” (PREVIU), “está propondo métodos de determinação da vida útil da construção, a partir de ferramentas de detecção de patologias e confiabilidade estrutural”. Este método visa sua aplicação após o término da construção, através de inspeção, testes *in loco*, extração de testemunhos¹⁸ para obter “informações sobre a resistência,

¹⁷ Fonte: *Professor de Uberlândia identifica vida útil de edificações*. G1. Disponível em: <<http://g1.globo.com/minas-gerais/triangulo-mineiro/noticia/2012/01/professor-de-uberlandia-identifica-vida-util-de-edificacoes.html>> Acesso em 23 jan 2013.

¹⁸ Testemunhos são pedaços de concreto ou de outros materiais que compõe a edificação.

composição, contaminação do concreto”, dentre outros métodos que possibilitem verificar o ciclo de vida dos equipamentos e a vida útil da edificação.¹⁹

A inspeção dos edifícios é realizada, normalmente, em fase de construção. Frente a isto, a importância de adotar métodos de previsão da vida útil em fase de planejamento e projeto é de suma importância, visto a minimização do custo global da edificação e dos desperdícios, na fase de construção.

Além das metodologias de previsão de vida útil de edificações, mencionados neste trabalho, como as exposições (a curto e longo prazo), inspeções prediais, testes laboratoriais e o método fatorial²⁰, há também o teste de fiabilidade, modelos determinísticos, modelos estocásticos e o modelo de engenharia.

O método da fiabilidade²¹ surgiu após a Segunda Guerra Mundial, através de análises de vida útil de equipamentos bélicos (MILLER, 1981 apud GARRIDO, 2010).

De acordo com MEEKER et al. (1998) apud GARRIDO (2010), este método visa verificar o desempenho de um sistema ou componente, por um tempo determinado, até que seja registrada a sua primeira falha. Através da verificação das falhas, é possível registrar, estatisticamente, o possível número destas, até o momento necessário da substituição do componente analisado. Para a aplicação desta metodologia é necessária à realização de ensaios de degradação aos materiais, componentes ou sistema, a fim de verificar os períodos de tempo a partir da sua operação (ou do início dos testes), até a primeira falha (GARRIDO, 2010, p.19).

Os modelos determinísticos se baseiam em curvas de degradação, as quais são obtidas através de gráficos de degradação, que podem ser do tipo T-ED (Tempo – Extensão da Degradação) ou T-ND (Tempo – Nível de Degradação), respectivamente (Garrido et al., 2010 apud GARRIDO, 2010). Esses gráficos são abordados pelas normas ISO 4628-5:2003 (ISO, 2003) e ASTM D772-86 (ASTM International, 1986) (GARRIDO, 2010, p.21).

¹⁹ Fonte: ANTÔNIO, Desireé. **A vida secreta dos prédios**. Minas Faz Ciência - Revista Fapemig. Disponível em: < <http://revista.fapemig.br/materia.php?id=636>> Acesso em 23 jan 2013.

²⁰ O método fatorial foi desenvolvido inicialmente pelo Instituto de Arquitetura do Japão e adotado pela comissão formada por membros dos grupos CIB e RILEM.

²¹ De acordo com Martin et al. (1994) apud GARRIDO (2010), fiabilidade significa a probabilidade de o material não falhar durante um tempo determinado.

De acordo com GARRIDO (2010), existem três tipos de curvas de degradação, sendo elas: Curvas de Gompertz, Curvas Potenciais e Curvas WEIBULL. Estas se diferem em suas equações, quanto às variáveis correspondentes ao valor da extensão da degradação, ao tempo e aos parâmetros de análises.

Os modelos estocásticos são similares aos modelos determinísticos. Estes se diferem pelo fato de estocástico não apresentar, ao final, somente o valor da vida útil, mas sim valores probabilísticos com intervalos de ocorrências associados. Este modelo fornece mais informações sobre fatores associados à vida útil, permitindo uma interpretação mais completa (GARRIDO, 2010, p.23).

O Modelo da Engenharia busca associar os modelos determinístico e estocástico, porém mantendo uma simplicidade e objetividade na sua interpretação.

Em todos estes métodos, há três abordagens, as quais devem ser consideradas, sendo elas: a definição do problema, a recolha dos dados e a análise dos dados (GARRIDO, 2010).

Na fase de **definição do problema** (...) é decidido quais são os materiais em análise, as suas características, o seu contexto de aplicação, as condições ambientais e possíveis fatores de degradação a que estes estão (ou estarão) expostos, quais os mecanismos de degradação e as anomalias possíveis, quais os ensaios que serão utilizados na fase de recolha de dados e, finalmente, qual o tipo de análise de dados a utilizar (...).

A fase de **recolha de dados** pretende fornecer a informação necessária sobre os mecanismos de degradação e as anomalias do material, e também sobre a forma como as características deste, os fatores ambientais e outros fatores de degradação influenciam a evolução desses mecanismos.

Na fase de **análise de dados**, toda a informação recolhida na fase anterior e utilizada para construir modelos de degradação e obter estimativas da vida útil do material (GARRIDO, 2010, p. 8).

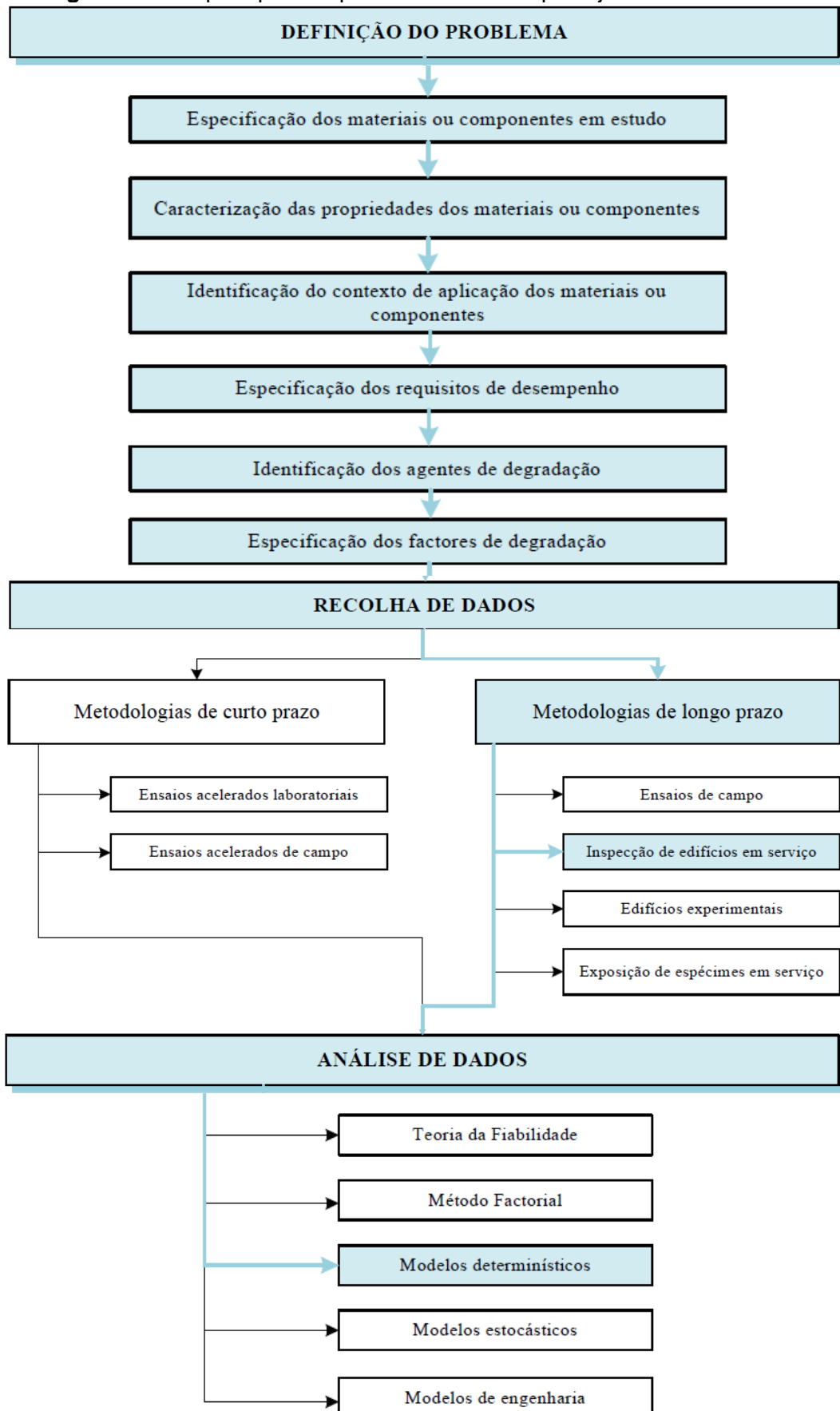
O presente trabalho busca adotar o método determinístico simples, através de uma análise qualitativa, devido ao período de tempo pelo qual as amostras ficaram expostas – quatro meses.

Este tem por finalidade interpretar o comportamento dos sistemas de revestimentos de pintura, sob o intemperismo natural, verificando suas fases de degradação, em especial, no que se refere à perda de cor.

Espera-se ainda, reforçar a importância de, no momento do projeto, determinar, junto ao cliente, as solicitações desejadas quanto ao comportamento do sistema, já que, na pintura, a cor é um fator determinante para a durabilidade.

A Figura 12, desenvolvido por GARRIDO (2010), ilustra de forma clara e objetiva as etapas que compõe um método de planejamento da vida útil.

Figura 12 - Etapas que compõe um método de planejamento da vida útil.



(Fonte: GARRIDO, 2010, p. 9)

5. CAPÍTULO IV – TINTAS

5.1. DEFINIÇÕES E PROPRIEDADES

Segundo a ABRAFATI – Associação Brasileira dos Fabricantes de Tintas – “a tinta é uma preparação, geralmente na forma líquida, cuja finalidade é a de revestir uma dada superfície ou substrato para conferir beleza e proteção.”²²

Para que seja possível obter um significado mais completo, é de grande importância estabelecer qual a finalidade pretendida com este produto, visto que há diversos tipos de aplicações, como na construção civil, no processo industrial de fabricação de um determinado produto, em automóveis, dentre outros.

As tintas de revestimento utilizadas na construção civil, normalmente são classificadas como Tintas Imobiliárias ou Tintas Arquitetônicas e estas possuem variadas funções e usos. Antigamente, a função decorativa prevalecia, mas hoje já se sabe que a proteção é uma função importante deste produto (UEMOTO, 2005).

Segundo BREITBACH (2009), a tinta, como revestimento, ajuda ainda a prevenir a degradação ambiental do substrato.

Uma superfície revestida com pintura pode possibilitar ainda o conforto luminoso. Para entender melhor esta função basta observar uma parede branca sob a incidência da luz do sol. Em determinada situação, esta parede irá receber a luz do sol e refleti-la ao ambiente interno, possibilitando maior claridade. Além desta função, a tinta possibilita também um conforto térmico, ou seja, dependendo da cor, ela absorve mais ou menos radiação térmica (consequência da radiação solar). As cores mais claras são, geralmente, as que possuem menos absorvência térmica – o que possibilita maior conforto para os ambientes internos de uma edificação, que são implantadas em um clima tropical, como o do Brasil.

Por conseguinte, dentre suas funções a tinta possui a finalidade de cobrir, proteger, colorir e decorar um bem construído. Em edificações, esta pode ser utilizada em pinturas de paredes internas e externas, dentre outros empregos como pintura de gradis metálicos e em madeira, etc.

O foco de estudo deste trabalho são os sistemas de revestimento em pintura de paredes externas – em fachadas.

²² Fonte: <http://www.abrafati.com.br/bn_conteudo_secao.asp?opr=88> Acesso em 10 jan 2013.

No mercado da construção civil a utilização do sistema de revestimento em pintura, em edifícios, é ascendente devido ao custo mais econômico – se comparados a outros materiais para revestimentos – bem como às características que a pintura possui e que vêm sendo cada vez mais estimadas. De acordo com o Guia Técnico Ambiental Tintas e Vernizes, do Governo do Estado de São Paulo, o Brasil é o quarto produtor mundial de tintas, com um mercado formado por empresas nacionais e multinacionais. Segundo dados da ABRAFATI – Associação Brasileira dos Fabricantes de Tintas – houve um crescimento de 2,9% no mercado brasileiro de tintas entre os anos 2010 e 2011.²³

Além das funções mencionadas (proteção, conforto e estética), a pintura possui também outras características, como facilidade de aplicação, bom poder de cobertura, e ainda possui a propriedade de estimular a sensação visual de ampliação ou redução de um ambiente, dependendo das cores especificadas (CORTIZO, 1992). Além disso, a tinta possibilita a redução de absorção de água de argamassas e a sua lixiviação²⁴.

5.2. COMPOSIÇÃO

As tintas são compostas basicamente por solventes, pigmentos, resinas (veículos), aditivos e cargas.

Os solventes, segundo UEMOTO (2005), são usados com o objetivo de dissolver a resina e conferir a viscosidade adequada para a aplicação da tinta. O seu conteúdo pode ser modificado momentos antes da aplicação, conforme a necessidade e dependendo da capacidade de absorção do substrato em que a pintura será aplicada.

De acordo com CORTIZO (1992), cada tipo de tinta requer tipos de solventes específicos.

A água é o principal solvente das tintas de base aquosa. Há também os solventes químicos, classificados conforme sua família química (hidrocarbonetos, oxigenados, halogenados ou nitrogenados), de modo que para cada uma dessas classificações há diversos tipos de solventes. Estes podem ser utilizados em sua

²³ Fonte: <http://189.44.180.60/bn_conteudo_secao.asp?opr=94> Acesso em 11 jan 2013.

²⁴ Lixiviação é um processo natural ou artificial, que consiste na dissolução da cal formada durante a hidratação do cimento que compõe a argamassa e o concreto. Neste processo a cal pode entrar em contato com o CO₂, formando manchas brancas na argamassa e deixando-a mais enfraquecida. (Fonte: ALVES, et. AL., 1994)

forma pura, mas “na maioria dos casos há um sistema, constituído de misturas de solventes, também chamadas de *thinners*, que agem dissolvendo o soluto e conferindo outras características exigidas no produto final” (NETO, 2005).

As resinas são os aglomerantes responsáveis pela formação do filme da tinta, pela sua secagem e por outras propriedades. É através da característica das resinas que se determina o tipo de tinta (CORTIZO, 1992).

A resina é conhecida por ser um veículo não volátil, e é o aglutinante (ligante) das partículas de pigmento (UEMOTO, 2005).

De acordo com a ABRAFATI – Associação Brasileira de Fabricantes de Tintas, as resinas determinam o brilho, a resistência química e física, a secagem, a aderência, e outras. Abaixo são descritos alguns tipos de resinas:

Resina alquídica: polímero obtido pela esterificação de poliácidos e ácidos graxos com poliálcoois. Usadas para tintas que secam por oxidação ou polimerização por calor.

Resinas epóxi: formadas na grande maioria pela reação do bisfenol A com epícloridina; os grupos glicídila presentes na sua estrutura conferem-lhe uma grande reatividade com grupos amínicos presentes nas poliaminas e poliamidas.

Resinas acrílicas: polímeros formados pela polimerização de monômeros acrílicos e metacrílicos; por vezes o estireno é copolimerizado com estes monômeros.

A polimerização destes monômeros em emulsão (base de água) resulta nas denominadas emulsões acrílicas usadas nas tintas látex. A polimerização em solvente conduz a resina indicada para esmaltes termoconvertíveis (cura com resinas melamínicas) ou em resinas hidroxiladas para cura com poliisocianatos formando os chamado poliuretânicos acrílicos.

Resina poliéster: ésteres são produtos da reação de ácidos com álcoois. Quando ela é modificada com óleo, recebe o nome de alquídica. As resinas poliéster são usadas na fabricação de primers e acabamentos de cura à estufa, combinadas com resinas amínicas, epoxídicas ou com poliisocianatos bloqueados e não bloqueados.

Emulsões vinílicas: são polímeros obtidos na copolimerização em emulsão (base água) de acetato de vinila com diferentes monômeros: acrilato de butila, di-butil maleato, etc.

Estas emulsões são usadas nas tintas látex vinílicas e vinil acrílicas.

Resina nitrocelulose: Produzida pela reação de celulose, altamente purificada, com ácido nítrico, na presença de ácido sulfúrico. A nitrocelulose possui grande uso na obtenção de lacas, cujo sistema de cura é por evaporação de solventes. São usados em composições de secagem rápida para pintura de automóveis, objetos industriais, móveis de madeira, aviões, brinquedos e papel celofane (Governo do Estado de São Paulo, 2006).

O pigmento é o componente sólido, “responsável pela cor, opacidade e, em alguns casos, ação anticorrosiva – em caso de tintas para proteção de superfícies metálicas” (UEMOTO, 2005). Ele é utilizado para dar cobertura e durabilidade à tinta, através de seu poder de reflexão da luz (UEMOTO, 2005).

Há dois tipos de pigmentos: orgânico – normalmente “sintetizado a partir de derivados de petróleo” – e inorgânico – que “podem ser sintetizados por origem mineral ou sintética” (CORTIZO, 1992).

Os pigmentos, em sua maioria, não são solúveis, e são transformados em um pó fino, os quais apresentam estabilidade por meio da dispersão (agitação) na tinta.

Os pigmentos inorgânicos podem ser divididos em dois tipos, sendo: os inertes – os quais possuem a função de modificar a textura, de possibilitar maior resistência à abrasão, dentre outros; e os pigmentos inorgânicos ativos – que possuem variadas funções, de acordo com o composto escolhido, como o dióxido de titânio (que promove a durabilidade da cor), zarcão ou cromato de zinco (que possui a propriedade anticorrosiva), e as esferas de vidro (que possui a propriedade alta reflexão na região visível).²⁵

Os aditivos são substâncias que conferem características especiais às tintas, como estabilização, aumento da resistência a fungos e bactérias, mudança da temperatura de formação de filme, dentre outras (UEMOTO, 2005). Alguns exemplos de aditivos usados na indústria de tintas e vernizes são: secantes, anti-sedimentantes, niveladores, antipele, antiespumante, dispersantes, espessantes, etc.

Por fim, as cargas são minerais industriais que possuem a finalidade de modificar as propriedades físicas e químicas das tintas, conferindo-lhe a brancura e a granulometria adequada. De acordo com o Guia Técnico Ambiental Tintas e Vernizes, organizado pelo Governo de São Paulo em conjunto com a ABRAFATI, as cargas “são importantes na produção de tintas látex e seus complementos, esmaltes sintéticos foscos e acetinados, tintas a óleo, tintas de fundo, etc.” e “os minerais mais utilizados são: carbonato de cálcio, agalmatolito, caulim, barita.” A escolha correta da carga, na composição da tinta, possibilita maior durabilidade,

²⁵ UEMOTO, K. L. **Tintas na Construção Civil**. IBRACON – Instituto Brasileiro do Concreto. Apresentação em Power Point desenvolvida com base no livro *Materiais de Construção Civil*. Organizador/Editor: Geraldo C. Isaia.

maior resistência à desintegração e à perda de pigmento (Governo do Estado de São Paulo, 2006, p. 32).

O que difere uma tinta da outra é a composição e a proporção em que cada componente é colocado em sua formulação.

O conhecimento da composição da tinta permite estimar algumas propriedades da pintura, como porosidade e durabilidade da película, mas para uma melhor previsão do comportamento deste materiais há necessidade de complementar o conhecimento através da realização de ensaios de desempenho (UEMOTO, 2005 p. 14).

De acordo com UEMOTO (2005), há uma fórmula que possibilita descrever a composição de determinada tinta, a qual é conhecida como PVC (Pigment Volume Content):

$$\text{PVC} = (V_p / (V_p + V_v)) \times 100$$

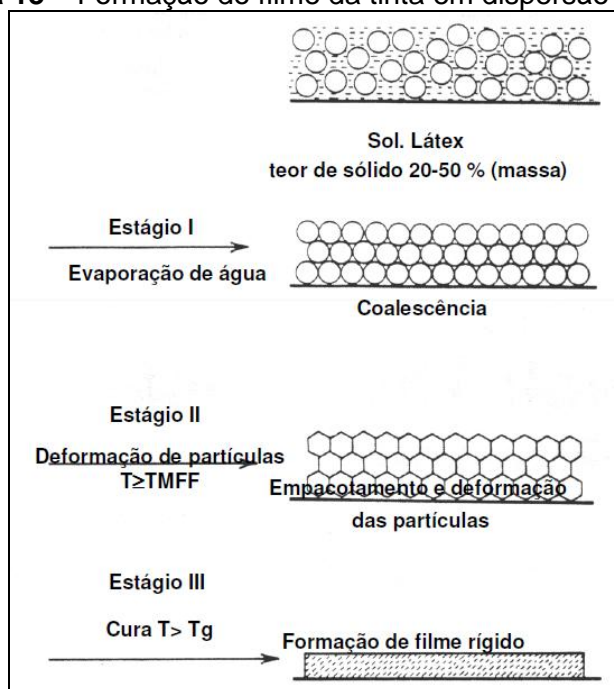
Onde, V_p é o volume do pigmento e V_v é o volume de veículo sólido.

O fator PVC, além de influir na porosidade e permeabilidade do sistema de proteção por barreira, ainda é responsável por distinguir os acabamentos: brilhante, semibrilho e fosco. Tinta com acabamento brilho possui PVC baixo e PVC alto em acabamentos foscos (IBRACON, 2009 *apud* CUNHA, 2011, p. 16).

Quanto ao processo de secagem da tinta, este é também conhecido como a formação do filme da tinta em dispersão aquosa, no caso de tintas solúveis em água.

Após a aplicação da tinta em uma superfície, inicia-se o processo de evaporação da água, momento pelo qual as partículas de pigmento e o ligante se aproximam, até que se fundem e formam um filme contínuo, cujo processo é chamado de coalescência. Decorrida esta ação, as partículas começam a se deformar, na presença da alta temperatura, até formarem um filme rígido, como mostra a Figura 13.

Figura 13 – Formação do filme da tinta em dispersão aquosa.



(Fonte: UEMOTO, 2012.)

5.3. COMO VERIFICAR A QUALIDADE DA TINTA

Uma importante verificação da qualidade de uma tinta é constatar o atendimento das normas prescritivas da Associação Brasileira de Normas Técnicas, pelo fabricante do produto.

Os três indicadores da qualidade de uma tinta são “o teor de sólidos, o conteúdo de pigmentos e a quantidade de dióxido de titânio”, que é um pigmento inorgânico que auxilia na solidez da cor. Quanto maior for o volume de sólidos, maior será a espessura da película, o que acarretará em um poder de cobertura maior e, conseqüentemente, maior durabilidade.

A quantidade de resina e pigmentos também determina a qualidade da tinta, de modo que quanto maior for a quantidade destes, maior será a espessura do filme depois da tinta seca.

A escolha do pigmento e da carga, ajuda na porosidade e na integridade do filme, proporcionando maior resistência à formação de trincas, por exemplo.

Em uma pesquisa realizada por SILVA; UEMOTO (2005), feita em 50 amostras com tintas látex, coletadas na região metropolitana da cidade de São Paulo, foram estabelecidos os valores mínimos e máximos de características e propriedades para cada classe de tinta látex, como se pode ver na Tabela 34.

Tabela 34 – Valores mínimos e máximos sobre características e propriedades das classes de tintas látex.

Característica / Propriedade	Classes de tinta látex				
	Vinil Acrílica	Látex PVA	Acrílica Fosca	Acrílica acetinada	Acrílica semibrilho
Teor de sólidos (% , massa)	37,5 a 50,2	35,6 a 52,0	37,8 a 50,2	33,3 a 48,4	28,4 a 50,1
Teor de resinas (% , massa)	2,7 a 8,0	4,3 a 13,0	5,1 a 14,0	15,9 a 18,8	12,3 a 21,5
Teor de pigmentos (% , massa)	34,1 a 46,5	30,4 a 45,9	32,1 a 41,1	19,8 a 29,7	16,1 a 28,6
Brilho (UB)	≤ 3			6 a 17	17 a 38
Resistência à abrasão com pasta (ciclos)	2 a 81	15 a 570	19 a 537	148 a 1452	67 a 1365
Resistência à abrasão sem pasta (ciclos)	6 a >1000	21 a >1000	>1000		
Poder de cobertura de tinta seca (m ² /L)	1,0 a 5,8	2,2 a 7,1	4,0 a 7,0	4,2 a 6,3	4,2 a 8,3
Porosidade – Razão de contraste (%)	19,0 a 50,5	35,6 a 77,6	41,5 a 88,8	92,4 a 96,0	93,2 a 96,4
Absorção de água por capilaridade 48h (%)	89,6 a 99,6	76,0 a 96,8	47,5 a 98,8	9,6 a 55,0	9,6 a 86,1

(Fonte: SILVA; UEMOTO, 2005, p. 15)

As principais características de resistência e durabilidade das tintas são: alto grau de aderência, resistência à abrasão, resistência ao polimento e resistência às manchas.

Em 2002, a ABRAFATI implementou o Programa Setorial da Qualidade de Tintas Imobiliárias, que tem por objetivo elaborar mecanismos que garantam desempenho satisfatório às tintas imobiliárias, bem como o atendimento às necessidades dos usuários, sem prejudicar a “isonomia competitiva dos fabricantes” (ABRAFATI; TESIS, 2010). Este Programa está cadastrado no Programa Brasileiro de Qualidade do Habitat (PBQP-H).

Segundo a ABRAFATI; TESIS (2010), a verificação da qualidade do produto é feito por meio de auditorias, que consistem na realização de visitas (a cada trimestre) nas unidades fabris e na aquisição de amostras de empresas. Estas “amostras são enviadas para o Laboratório de Tintas do SENAI – Mario Amato, e

seus resultados são divulgados nos relatórios de auditorias” (ABRAFATI; TESIS, 2010).

Como forma de diferenciar o desempenho das tintas látex, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) classificou três tipos de tintas, conforme seus requisitos de desempenho, sendo: Premium, Standard e Econômica (SILVA; UEMOTO, 2005).

As tintas de classificação **Econômica, Standard e Premium** se diferenciam pelos requisitos de desempenho, sendo que todas devem ter o mínimo de poder de cobertura de tinta seca e úmida, bem como resistência à abrasão. Além disto, a norma NBR 15079 ABNT:2011, diferencia a tinta Látex Econômica das demais por esta ser recomendada apenas para ambientes internos.

As tintas Látex **Econômicas** devem ter um poder de cobertura para tintas secas de no mínimo 4,0 m²/L de cobertura, com uma razão de contraste²⁶ de 98,5%. Para tintas úmidas, o poder de cobertura deve ser de 55%. Estas devem ter uma resistência a abrasão úmida sem pasta abrasiva, de no mínimo 100 ciclos.

As tintas Látex **Standard** devem conferir um poder de cobertura para tintas secas de no mínimo 5,0 m²/L de cobertura, com uma razão de contraste de 98,5%. Para tintas úmidas, o poder de cobertura deve ser de 85%. A resistência a abrasão úmida, com pasta abrasiva, deve ser de no mínimo 40 ciclos.

As tintas Látex **Premium** devem ter um poder de cobertura de no mínimo 6,0 m²/L de cobertura. Para tintas úmidas, o poder de cobertura deve ser de 90%. A resistência a abrasão úmida, com pasta abrasiva, deve ser de no mínimo 100 ciclos.

A verificação da qualidade das tintas, pelo Programa Setorial da Qualidade de Tintas Imobiliárias, é feita com base em documentos normativos e os pré-requisitos considerados nas tintas Látex Econômica, Standard e Premium são: análise de marcação do recipiente, resistência à abrasão úmida com pasta abrasiva e poder de cobertura de tinta seca e úmida (ABRAFATI; TESIS, 2010).

²⁶ Razão de Contraste é o quanto a tinta consegue cobrir uma superfície branca e preta. Quanto menor for a diferença de refletância entre as duas superfícies pintadas, melhor será o poder de cobertura desta e maior será a razão de contraste da tinta. (Fonte: INMETRO. *Programa de Análise de Produtos*: Relatório Sobre Análise Em Tintas Imobiliárias Látex Econômicas. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/consumidor/produtos/tintasImobiliarias.pdf>> Acesso em 29 jan 2013.)

A classificação da tinta, bem como suas especificidades técnicas, deve estar contida na lata do produto, como mostra a Figura 14.

Figura 14 – Especificações contidas na lata de tinta.



(Fonte: <<http://www.equipededeobra.com.br/construcao-reforma/28/pintura-conheca-as-tintas-pelo-rotulo-168208-1.asp>> Acesso em 13 mar 2013)

Na frente da lata, devem conter informações como o tipo de tinta, a sua classificação – Econômica, Standard ou Premium – a diluição necessária, a indicação do local recomendado para sua aplicação, tempo de secagem, nível de odor, a cor da tinta, bem como o número do lote e a data de validade.

Na parte posterior da lata deve haver uma “explicação geral sobre a característica da tinta, o tipo e um resumo das matérias-primas utilizadas”.²⁷ Deve conter ainda, indicações sobre a aplicação, conservação da lata, os tipos de superfícies ideais para a aplicação do produto, dentre outras informações pertinentes ao entendimento completo da tinta.

5.4. OS TIPOS DE TINTAS PARA ENVOLTÓRIAS²⁸

As tintas possuem duas classificações básicas, que dependem do tipo de líquido solúvel que a compõe, sendo as tintas a base de óleo ou solventes e as tintas a base de água.

As tintas imobiliárias convencionais mais utilizadas no Brasil são as tintas Látex, as quais são emulsionáveis em água. Estas estão entre as mais consumidas no mercado da construção civil e são produzidas a partir de duas resinas – PVA (Poli Acetato de Vinila) e acrílica – podendo ser composta por

²⁷ Fonte: D'ELIA, Renata. *Pintura: Conheça as tintas pelo rótulo* - Aprenda a identificar as informações da embalagem e saiba como aproveitar melhor seu material de trabalho. PINIWEB, Edição 28, Março/2010.

²⁸ Envoltória é o sistema de vedação de um bem construído. Por exemplo, um sistema construtivo convencional, possui envoltórias constituídas de tijolo cerâmico, emboço, reboco e pintura.

100% acrilato, ou modificada (com estireno e outros). Há ainda a tinta Vinil acrílica – que é a combinação entre PVA e Acrílica.

A tinta Látex PVA (Poli Acetato de Vinila), também conhecida como látex vinílico, é uma tinta a base de água, mais recomendada para os ambientes internos de uma edificação, gesso ou massa PVA, pois não possui resistência satisfatória às intempéries. A tinta PVA é composta basicamente por emulsão de acetato de polivilina, pigmentos ativos e inertes, coalescentes, aditivos, microbicidas e água.²⁹

A tinta Látex acrílico é recomendada para ambientes internos e externos, visto que ela é considerada como a de maior durabilidade, menor permeabilidade e maior aderência (SILVA; UEMOTO, 2005). Esta possui os acabamentos: acetinado, semibrilho, fosco, e versões elásticas, para fachadas. Em sua composição encontra-se emulsão acrílica estirenada, pigmentos ativos e inertes, aditivos, coalescentes, microbicidas e água.

Além da tinta acrílica, há também a textura acrílica. Esta “não é tinta, mas uma massa com características especiais (colorida ou não) que permite efeitos decorativos em exteriores e interiores”.

Em ambientes externos, como as fachadas – foco deste trabalho – a tinta mais recomendada é a Látex acrílica.

A tinta Esmalte sintético é mais conhecida com brilho, apesar de possuir também sua fórmula fosca. Esta é dividida em duas categorias: o esmalte sintético com base solvente (mais comum) e o esmalte sintético a base de água, que ainda não possui grande utilização no mercado brasileiro. O uso dos esmaltes a base de água é recomendado por possuírem pouco VOC – Concentração de Orgânicos Voláteis (solventes), os quais são nocivos à saúde e ao meio ambiente, além de obter menor odor no momento da pintura.³⁰ O Esmalte sintético é mais recomendado para pinturas em superfícies de metal ferroso, madeira e alvenaria de um modo geral.

²⁹ Fonte: Tintas Coral – Manual de Pintura Imobiliária.

³⁰ Fonte: Paint Quality Institute. Esmaltes Sintéticos ajudam no nivelamento e trazem brilho. Artigo de Cecília Etchecoin. Disponível em: <http://www.pqi.com.br/info/mat_07.html> Acesso em 12 jan 2013.

Além das tintas mencionadas, há ainda o silicone, que é um produto utilizado no tratamento de envoltórias. Este possui a finalidade de proteger a superfície sem, modificar seu aspecto físico.

De acordo com UEMOTO (2005), o tratamento com silicone “permite o respiro do substrato, forma uma camada bastante permeável ao vapor de água e a gases e reduz a absorção de água líquida, o que o diferencia das pinturas convencionais.” Por ser um produto destinado ao tratamento de superfícies, sua utilização deve ser indicado pelo fabricante (UEMOTO, 2005).

Em superfícies externas são utilizadas também as tintas a base de cimento – argamassa decorativa – e a cal hidratada para pintura, também conhecida como caiação.

As tintas a base de cimento possui uma variedade de acabamentos como chapiscado, rústico e raspado. Pode ser aplicada sobre superfícies úmidas ou frescas, porém não pode ser sobreposta a superfícies pintadas com outros tipos de tintas (UEMOTO, 2005).

5.5. NORMAS RELACIONADAS AOS REVESTIMENTOS DE PINTURA

As principais Normas da ABNT referentes aos sistemas de revestimentos em pintura na construção civil analisam requisitos referentes à cor, brilho, resistência à abrasão, poder de cobertura, porosidade e resistência ao crescimento de fungos, os quais compõem as seguintes normas:

- ABNT NBR 15077:2004 - Tintas para construção civil - Método para avaliação de desempenho de tintas para edificações não industriais - Determinação da cor e da diferença de cor por medida instrumental.
- ABNT NBR 15299:2012 - Tintas para construção civil - Método para avaliação de desempenho de tintas para edificações não industriais - Determinação de brilho.
- ABNT NBR 15079:2011 - Tintas para construção civil - Especificação dos requisitos mínimos de desempenho de tintas para edificações não industriais - Tinta látex nas cores claras.
- ABNT NBR 14940:2010 - Tintas para construção civil - Método para avaliação de desempenho de tintas para edificações não industriais - Determinação da resistência à abrasão úmida.

- ABNT NBR 14943:2003 - Tintas para construção civil - Método para avaliação de tintas para edificações não industriais - Determinação do poder de cobertura de tinta úmida.
- ABNT NBR 14942:2012 - Tintas para construção civil — Método para avaliação de desempenho de tintas para edificações não industriais — Determinação do poder de cobertura de tinta seca.
- ABNT NBR 14944:2003 - Tintas para construção civil - Método para avaliação de desempenho de tintas para edificações não industriais - Determinação da porosidade em película de tinta.
- ABNT NBR 14941:2011 - Tintas para construção civil – Método para avaliação de desempenho de tintas para edificações não industriais – Determinação da resistência de tintas, vernizes e complementos ao crescimento de fungos em placas de Petri sem lixiviação.

5.6. EXECUÇÃO DOS SISTEMAS DE REVESTIMENTOS DE PINTURA

Antes de iniciar o processo de pintura, é importante conhecer os materiais. Alguns materiais básicos são descritos na Tabela 35.

Para estabelecer o processo de pintura em envoltórias, é necessário determinar o substrato, cuja pintura será aplicada, de modo que o método nem sempre é o mesmo para todos. Dentre as superfícies estão: alvenaria, concreto aparente, gesso, madeira, fibrocimento, cerâmica, metais, etc.

Além de determinar o substrato o qual será pintado, é preciso estabelecer a condição que a superfície se encontra, ou seja, se é uma superfície nova ou se é uma superfície já pintada em boas ou más condições, e também o tipo de tinta que será utilizada.

Vale salientar que, para uma boa aplicação da pintura, é necessário, ainda, que se tenham condições climáticas favoráveis.

Para a temperatura aconselha-se que esteja entre 10° e 40°. De acordo com CARDOSO (2009), a umidade não deve exceder os 85% e não deve ocorrer correntes de ar ou grande quantidade de poeiras no ar.

Tabela 35 – Materiais para pintura.

	Nome do material	Função
Preparo das superfícies	Espátulas	Remoção de tintas. Aplicação de massas para pequenas áreas.
	Desempenadeiras	Aplicação da massa corrida e acrílica, em áreas extensas.
	Lixas	Reduzir a rugosidade e auxiliar na limpeza do substrato. *A granulação de cada lixa depende do tipo de substrato e do estado em que se encontra a superfície que receberá a pintura.
Execução dos sistemas de pintura	Pincel, Trincha ou Broxa	Pintar superfícies pequenas e irregulares. *Não é recomendado para áreas extensas e nem para tintas com secagem rápida.
	Rolos de Lã sintética ou de carneiro	Recomendado para aplicação com tinta látex.
	Rolos de espuma de poliéster	Recomendado para aplicação de tintas a óleo, esmalte sintético ou vernizes
	Rolos de espuma rígida	Recomendado para acabamentos texturizados
	Rolos de lã de pelos mais curtos	Recomendado para aplicação de tinta epóxi
	Revólver ou Pistola	Geralmente usados em pinturas automotivas. Recomendado para pinturas de tintas a óleo, esmaltes ou vernizes. Método de pintura através de pulverização com ar.
	Recipientes para disposição das tintas	Bandejas ou caçambas – favorecem a transferência da tinta para o rolo ou pincel.
	Mexedores	Em formato de régua. Recomendados para auxiliar a homogeneização da tinta.

(Fonte: UEMOTO, 2005, tabulado pela autora)

O método de pintura descrito neste trabalho irá considerar a tinta látex acrílica, Standard, pintada sobre substratos de concreto e cerâmico, com aplicação da pintura em superfícies novas, pois estas são as bases utilizadas nas amostras do mesmo.

Inicialmente, deve-se aguardar o tempo da cura total da argamassa ou do concreto, que é de aproximadamente 28 dias.

Após este tempo, deve-se preparar a superfície, limpando-a. Primeiro recomenda-se espalhar o pó residual da argamassa, espanando ou escovando a mesma. Posteriormente, é indicado eliminar possíveis manchas (de gordura e outras) com uma solução de detergente e água, e logo após, enxaguar bem e deixar secar. No caso de Partes mofadas, estas devem ser lavadas com uma mistura de água e água sanitária, na proporção de 1:1.

Com a superfície limpa, deve ser aplicada uma demão de Selador Acrílico Pigmentado, diluído em 10 % de água.

Depois de o selador secar por completo – em torno de quatro horas – deve-se aplicar a tinta de acabamento acrílica semi brilho (acetinada) ou tinta acrílica fosca, diluída em 30% de água, e passando de 2 a 3 demãos.

Desta maneira, tem-se o método básico do sistema de pintura acrílica, em superfícies novas de argamassa.

Antes de aplicar um sistema de revestimento de pintura em qualquer edificação, é de suma importância conhecer as condições da superfície e o tipo de material da base, para então fazer a escolha correta da tinta que deverá ser usada – considerando a compatibilidade com o substrato da envoltória.

Após a seleção da tinta ideal, é importante conhecer bem os materiais e o método correto de aplicação, considerando a preparação da superfície e o devido uso da tinta.

Para a realização de um processo de pintura, deve-se, sobretudo, conhecer e estar sempre de acordo com as normas de pintura desenvolvidas pela ABNT.

5.7. ESTUDO DA COR

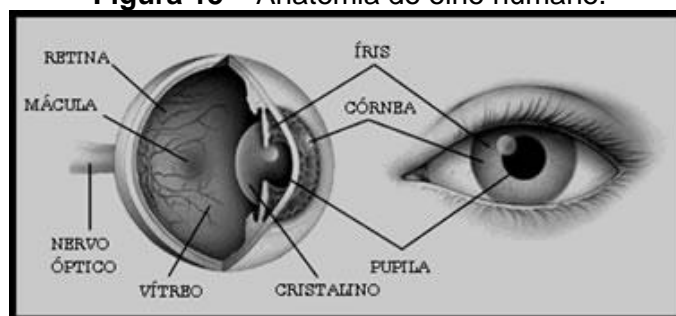
Uma das características a ser analisada neste trabalho, após a exposição das amostras ao intemperismo natural, é a cor. Portanto, antes de conhecer os resultados, é necessário entender os princípios e as definições desta propriedade.

A cor é determinante na deterioração de revestimentos de pintura, visto que em seu aspecto físico, geralmente, é a primeira propriedade a sofrer modificações.

De acordo com GONÇALVES (2010), “o processo de percepção e cognição das cores é algo complexo”, e toda definição relacionada à cor é remetida à visão humana.

O olho humano é uma “Câmara obscura” com várias “lentes que convergem os raios luminosos para a parede interna, oposta ao orifício e capta imagens externas”, como mostra a Figura 15 (GUIMARÃES, 2004). Portanto a formação de objetos e suas cores são realizadas através da reflexão da luz, que ao chegar até a retina do olho, projeta a imagem juntamente com sua cor.

Figura 15 – Anatomia do olho humano.

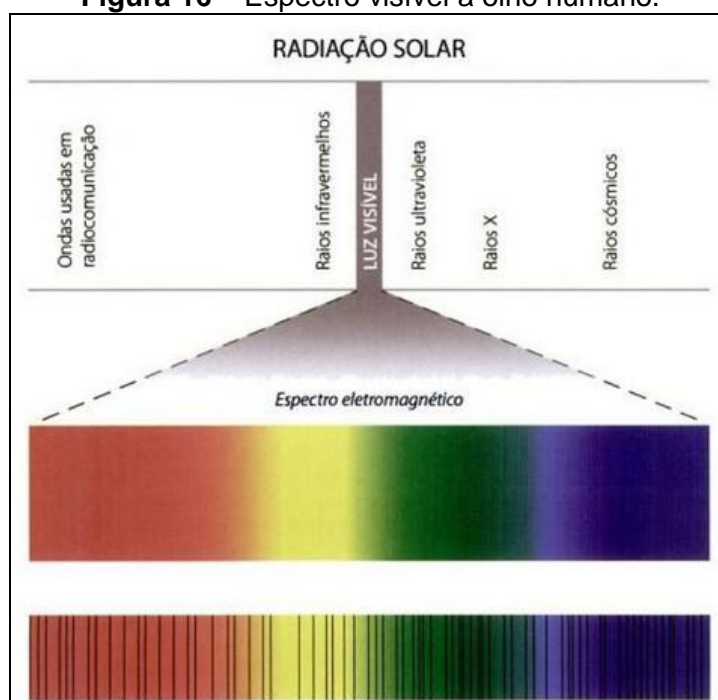


(Fonte: <<http://www.laboratoriorigor.com.br/anatomia.html>> Acesso em 17 jan 2013.)

De acordo com o Guia e Glossário de Cor da X-RITE, a luz é a parte visível do espectro eletromagnético, o qual é medido por comprimentos de ondas. A medida de cada comprimento de onda se dá pela crista de uma onda até a crista da onda adjacente. A unidade de medida do comprimento de onda é dada em nanômetros (nm), que significa um bilionésimo de um metro.

Visualmente, o ser humano é sensível a uma parte dos comprimentos de onda da radiação eletromagnética, que variam entre 400 a 700 nanômetros. A luz projetada no olho humano, dentro desta faixa de comprimentos de onda, provoca a percepção de cor no cérebro podendo ser chamada de espectro visível. Neste espectro é possível visualizar sete cores sendo o azul, ciano, verde, amarelo, laranja, vermelho e violeta, como mostra a Figura 16.

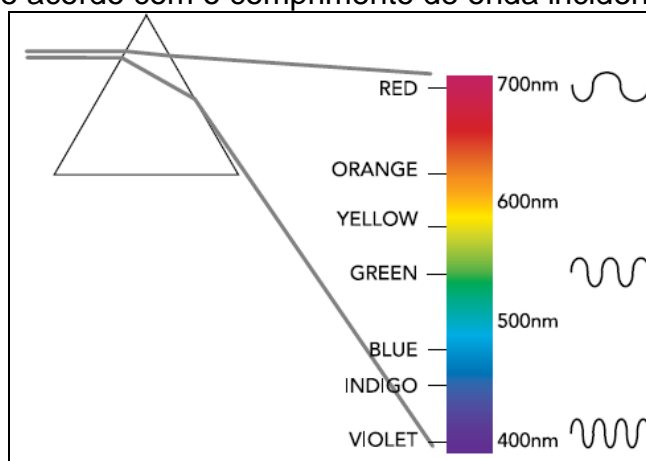
Figura 16 – Espectro visível a olho humano.



(Fonte: PEDROSA, 2009, p.37)

O olho humano funciona como um prisma, de modo que quando a luz branca incide sobre o globo ocular, este gera a capacidade de reconhecer várias cores, de acordo com o comprimento de onda a qual a luz foi incidida. A Figura 17 mostra a incidência da luz sobre o prisma ocular, fazendo com que haja a percepção da cor de acordo com o comprimento de onda incidente no prisma.

Figura 17 – A incidência da luz sobre o “prisma ocular” e a visualização das cores de acordo com o comprimento de onda incidente.



(Fonte: X-RITE. The Color Guide and Glossary)

A definição de cor vem sendo estudada desde o renascimento, com Leonardo Da Vinci, através das obras de arte. Contudo é a partir da teoria tricromática que ela começa a possibilitar um entendimento menos subjetivo.

Mencionada por GUIMARÃES (2004) a teoria tricromática, foi criada por um cientista alemão chamado Hermann von Helmholtz. Esta se baseia nos cones (células, do olho humano, sensíveis à luz), os quais possuem três canais cromáticos de recepção, sendo um mais sensível à cor azul, outro mais sensível à cor verde e outro à cor vermelha. Para Helmholtz, a sensação da cor varia de acordo com o comprimento de onda refletido na retina, de modo que uma incidência luminosa de 480 nanômetros dá a sensação de azul-ciano, enquanto que uma radiação com comprimento de onda de aproximadamente 580 nanômetros dá a sensação de amarelo. Além dos cones, há também os bastonetes, que são as células foto receptoras sensíveis a um canal acromático –

que indica a intensidade (níveis de cinza). Estes são mais exigidos à noite, que requerem pouca luz para funcionar.³¹

Visto que os canais de recepção cromática dos cones captam três cores iniciais sendo: azul, verde e vermelho, estas são chamadas de cores primárias ou básicas. O fato de que a mistura entre estas três cores foram a cor branca, também reforça o nome.

A partir disto, os estímulos que causam a sensação de cor se dividem em dois grupos: cores aditivas e cores subtrativas.³²

As cores aditivas são formadas pelas cores primárias (vermelho, verde e azul) também conhecidas como a nomenclatura RGB – Red, Green and Blue. Estas cores, quando se misturam formam a cor branca e quando duas destas são misturadas, formam as cores primárias subtrativas, ou também chamadas de cores complementares (cian, magenta e amarelo). Estas são conhecidas pela nomenclatura CMYK, que representa as iniciais de cada cor (cian, magenta, yellow) e também o preto que é a mistura de todas as cores ou também conhecido por significar ausência de cor. Na nomenclatura CMYK, o preto é representado pela letra K com o objetivo de não confundi-la com a cor azul (Blue).³³

As cores aditivas requerem mais adição de luz e as cores subtrativas, como o próprio nome remete, significa a subtração da luz. A Figura 18 mostra a combinação das cores aditivas e das cores subtrativas.

³¹ Informações retiradas CHOSTAKOVIS, E. Teoria da Cor – uma visão técnica. Disponível em: <<http://www.cromaster.com.br/Teoria/index.htm>> Acesso em 18 jan 2013.

³² CHOSTAKOVIS, E. Teoria da Cor – uma visão técnica. Disponível em: <<http://www.cromaster.com.br/Teoria/index.htm>> Acesso em 18 jan 2013.

Figura 18 – Cores aditivas, cores subtrativas e os resultados de suas misturas.



(Fonte: foto autora, tirada do material comercial da Transcor Ind. De Pigmentos e Corantes Ltda.)

5.7.1. REFLETÂNCIA E ABSORTÂNCIA

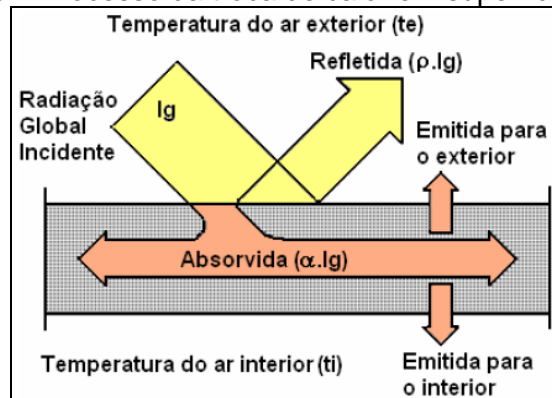
A radiação do espectro eletromagnético, quando incidida em uma superfície opaca, através dos comprimentos de onda, estabelece não somente a percepção da cor, como também a transferência de calor. Portanto, quando há uma incidência da radiação global do espectro, uma radiação solar e uma radiação térmica são emitidas, de modo que toda radiação solar possui uma carga térmica.³⁴

Quando a radiação global do espectro incide sobre a superfície com determinados comprimentos de ondas, parte da radiação solar é absorvida pela superfície e, em alguns casos (em superfícies translúcidas), esta é transmitida para o meio interno.³⁵ Ainda neste processo, outra parte da radiação é refletida de volta ao meio externo, com distintos comprimentos de onda. O mesmo acontece com a radiação térmica, entretanto em todas as superfícies a absorção térmica é transmitida para o interior do ambiente, ocasionando a mudança de temperatura, como mostra a figura 19.

³⁴ Fonte: DONOSO, J. P. Transferência de calor por radiação. Universidade de São Paulo – Instituto de Física de São Carlos – IFSC. Disponível em: <http://www.ifsc.usp.br/~donoso/fisica_arquitetura/10_radiacao_termica.pdf> Acesso em 05 fev 2013.

³⁵ Em superfícies opacas não há a transmissão de luz para o meio interno, somente carga térmica.

Figura 19 – Processo da troca de calor em superfícies opacas.

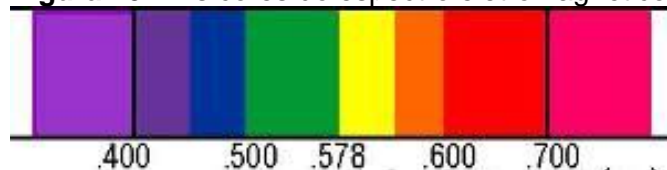


(Fonte: DORNELLES; RORIZ, 2007)

Considerando que em cada comprimento de onda, incidido sobre uma superfície, é percebida uma cor, pode-se dizer, então, que estas cores compreendidas no espectro possuem distintas temperaturas. Estas, quando incididas sobre uma superfície podem transmitir uma carga térmica maior ou menor, de acordo com os comprimentos de onda incidentes.

No espectro eletromagnético, os comprimentos de onda com valores entre 400 nm³⁶ e 580 nm possuem as menores temperaturas. Por este motivo, as cores presentes nestes comprimentos de onda são chamadas de cores frias. Já os comprimentos de onda com valores entre 600 nm e 730 nm, transmitem uma carga térmica maior quando incidida em uma superfície. Desta maneira, as cores situadas nestes comprimentos de onda são chamadas cores quentes, como mostram as Figuras 20 e 21.

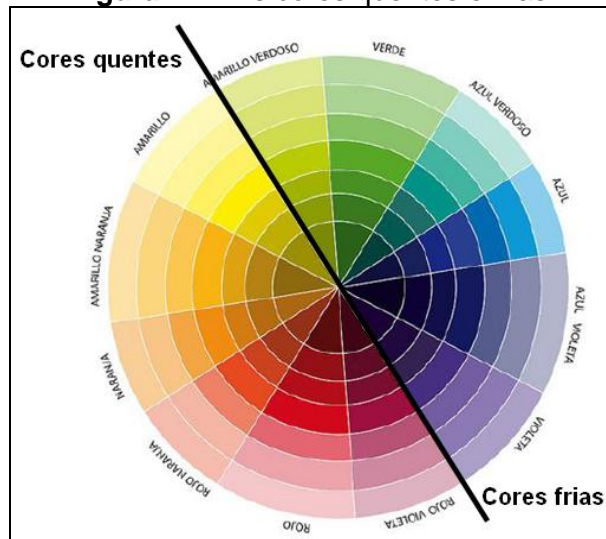
Figura 20 – As cores do espectro eletromagnético.



(Fonte: <http://www.dpi.inpe.br/cursos/pdi/pdi4-cores_arquivos/frame.htm>
Acesso em 05 fev 2013)

³⁶ A unidade de medida “nm” significa um nanômetro, o qual corresponde a um milionésimo de milímetro. Muito utilizada para medir comprimentos de onda de luz visível.

Figura 21 – As cores quentes e frias.



(Fonte: Estudo da Cor - Prof. Luis Aurélio Fontana³⁷)

A partir do pressuposto que a radiação solar possui uma carga térmica, percebe-se que, quando esta radiação incide na envoltória de um edifício, dependendo da fração pela qual esta radiação é absorvida pela superfície, pode originar um desconforto no ambiente interno, ocasionado pelo aumento da temperatura. Esta fração da radiação absorvida pela superfície é chamada absorptância. A parte da radiação incidente que é refletida é chamada refletância.

De acordo com ABNT (2003), a absorptância à radiação solar constitui “quociente da taxa de radiação solar absorvida por uma superfície pela taxa de radiação solar incidente sobre esta mesma superfície”, ou seja, é a fração da luz incidente, absorvida pela superfície. Esta possui uma nomenclatura universal, definida pelas normas técnicas, cuja variável é representada por α .

A refletância à radiação solar é definida, por sua vez, como sendo o “quociente da taxa de radiação solar refletida por uma superfície pela taxa de radiação solar incidente sobre esta mesma superfície”, sendo, portanto, a fração da luz que é refletida, após incidir em uma superfície. Esta é representada pela variável ρ .

A absorptância e a refletância podem ocorrer em comprimento de ondas longas ou ondas curtas.

³⁷ FONTANA, L. A. Estudo da Cor. Universidade Católica de Goiás. Disponível em: <<http://professor.ucg.br/siteDocente/admin/arquivosUpload/13949/material/ESTUDO%20DA%20COR.pdf>> Acesso em 05 fev 2013.

A absorptância em ondas longas, segundo a ABNT (2003), é definida como sendo o “quociente da taxa de radiação de ondas longas que é absorvida por uma superfície pela taxa de radiação de ondas longas incidente sobre esta superfície”. Esta emite radiação térmica com comprimento de onda compreendido entre $3,0\mu\text{m}$ e $100,0\mu\text{m}$ ³⁸, e é representada pela variável α_{oI} (ABNT, 2003).

A refletância em ondas longas é definida, pela ABNT (2003), como sendo o “quociente da taxa de radiação de ondas longas que é refletida por uma superfície pela taxa de radiação de ondas longas incidente sobre esta superfície”. Esta é representada pela variável ρ_{oI} (ABNT, 2003).

De acordo com DORNELLES; RORIZ (2007), “em corpos opacos, a soma da absorptância com a refletância é igual à unidade (1), fato que permite determinar qualquer uma dessas propriedades a partir da outra”.

Neste trabalho será medida a refletância e da absorptância de cada amostra padrão e de cada amostra exposta ao intemperismo, a fim de verificar possíveis alterações nas mesmas, durante sua vida útil.

5.7.2. A COLORIMETRIA

Devido ao fato de a cor se tratar de estímulos subjetivos, através de sensações visuais quando em contato com a incidência luminosa, há uma dificuldade em quantificar esta propriedade.

No entanto, muitos setores da indústria de tintas e outras que dependem da cor para qualificar seus produtos, sentiu a necessidade de medir numericamente esta propriedade, através de uma técnica chamada colorimetria.

Há dois sistemas principais que determinam a aparência da cor e a diferença entre duas cores, sendo, respectivamente: o sistema Munsell e o sistema da CIE – Comissão Internacional de Iluminação – que possui um comitê técnico para estudar as cores.

O sistema Munsell é baseado em um cone de cores composto por três elementos: a luminosidade, a tonalidade (ou matiz) e a saturação (pureza da cor), e é este sistema o utilizado para medir a aparência da cor. Este sistema foi criado

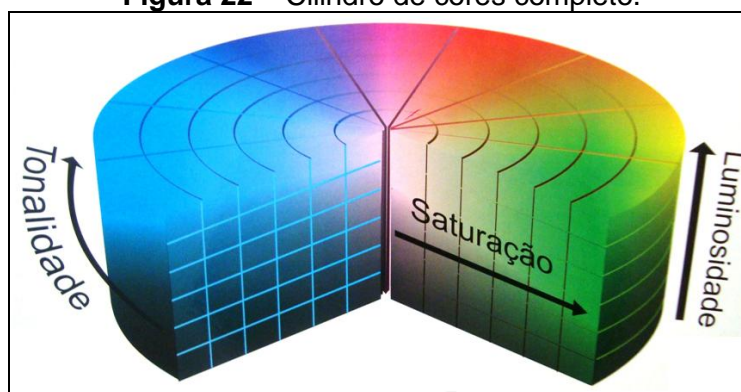
³⁸ μm – unidade de medida chamada “micrômetro”, que possui o valor de um milésimo de um nanômetro (nm), o qual corresponde a um milionésimo de milímetro. Muito utilizada para medir comprimentos de onda de luz visível.

em 1898, por um professor de arte americano e pintor Albert Henry Munsell, o qual desenvolveu a primeira publicação desta teoria em 1905. Em 1929, o autor publicou o livro chamado “Munsell Book of Color”, com melhorias sobre o sistema, repercutindo a nível mundial sobre o sistema tridimensional de cores.³⁹

De acordo com SANTANA et al. (2006), o sistema Munsell constitui um cilindro composto por diversas cores organizadas em três eixos sendo que: “o eixo vertical representa o *value* (V)”, uma dimensão associada ao brilho e, portanto, conhecida também como sendo a luminosidade da cor. Esta possui valores de 0 a 10 que vai, em ordem crescente, do preto ao branco. No eixo horizontal, representado pelo ângulo polar do cilindro, encontram-se as tonalidades (ou matiz), que são divididas em 100 partes – que compõe a extensão de 10 cores principais. O terceiro eixo encontra-se, também no sentido horizontal, porém considerando a distância do eixo central até a extremidade do cilindro. Este é chamado de saturação (ou croma), e representa a pureza da cor – quanto mais distante a cor estiver do eixo vertical, maior será a sua saturação (SANTANA et al, 2006).

As Figuras 22 e 23 mostram a composição do cilíndrico de cores do sistema Munsell, caracterizado pela luminosidade, tonalidade e da saturação, bem como o cilindro fechado com todas as cores existentes deste sistema.

Figura 22 – Cilindro de cores completo.



(Fonte: foto autora, tirada de um material comercial da Transcor Ind. De Pigmentos e Corantes Ltda.)

³⁹ Fontes: Fundamentos da colorimetria. Disponível em: <http://www2.dbd.puc-rio.br/pergamum/tesesabertas/0621484_09_cap_02.pdf> Acesso em 24 jan 2013
Disponível em: <<http://sellerink.com.br/blog/tag/munsell/>> Acesso em 24 jan 2013.

Figura 23 – Composição do sistema Munsell, formado pelo cilindro de cores.

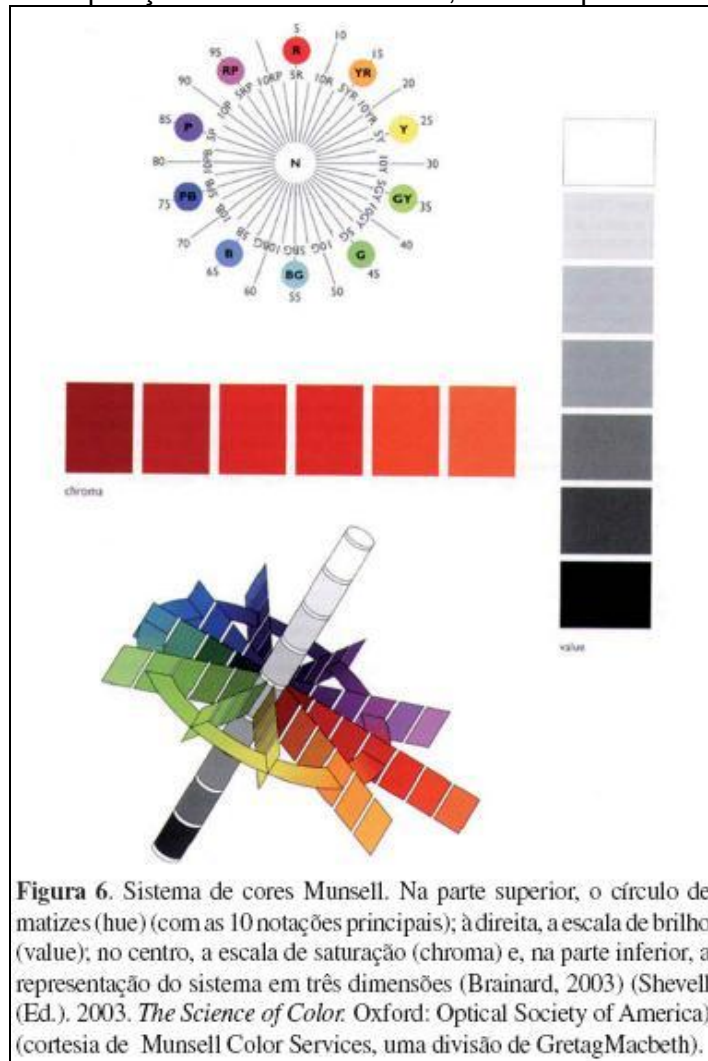


Figura 6. Sistema de cores Munsell. Na parte superior, o círculo de matizes (hue) (com as 10 notações principais); à direita, a escala de brilho (value); no centro, a escala de saturação (chroma) e, na parte inferior, a representação do sistema em três dimensões (Brainard, 2003) (Shevell (Ed.). 2003. *The Science of Color*. Oxford: Optical Society of America) (cortesia de Munsell Color Services, uma divisão de GretagMacbeth).

(Fonte: SANTANA, ET. AL, 2006)

Já o sistema da CIE é que possibilitou a viabilidade técnica da colorimetria, através de recomendações oficiais.

Segundo GOLÇALVES (2010),

a colorimetria é a técnica e a ciência que busca (...) descrever, quantificar e simular a percepção da cor pelo homem. É a interação da luz com os materiais que, como sensação, é percebida pelo olho e interpretada pelo cérebro (GONÇALVES, 2010, p. 1).

Considerando os três receptores cromáticos da visão humana, que captam as três cores primárias, a CIE transformou estas cores em coordenadas, sendo X (vermelho), Y (verde) e Z (azul). A partir destas coordenadas, ela adotou valores cromáticos conforme o comprimento de ondas, resultando em uma tabela – aceita

mundialmente pela colorimetria – e um diagrama tricromático com uma variedade de cores, como mostram as Tabelas 36 e 37 e a Figura 24 (PEDROSA, 2009).

Tabela 36 – Estímulos tricromáticos do espectro, adotado pela Comissão Internacional de Iluminação (CIE), em 1931.

Comprimento de onda (m)	X (vermelho)	Y (verde)	Z (azul)
400	014.310	000.396	067.850
410	043.510	001.210	207.400
420	134.380	004.000	645.600
430	283.900	011.600	1.385.600
440	348.280	023.000	1.747.060
460	290.800	060.000	1.669.200
480	095.640	139.020	812.950
490	032.010	208.020	465.180
500	004.900	323.000	272.000

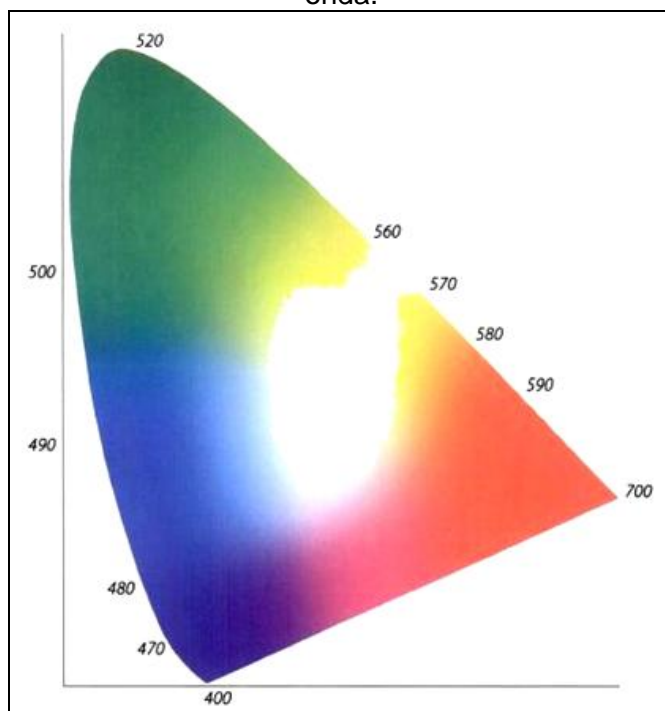
(Fonte: PEDROSA, 2009)

Tabela 37 – Estímulos tricromáticos do espectro, adotado pela Comissão Internacional de Iluminação (CIE), em 1931. (Continuação)

500	004.900	323.000	272.000
510	009.300	503.000	158.200
520	063.270	710.000	078.249
540	290.400	954.000	020.300
560	594.500	995.000	003.900
580	916.300	870.000	001.650
600	1.062.200	631.000	000.800
620	854.449	381.000	000.190
640	447.900	175.000	000.020
660	164.900	061.000
680	046.770	017.000
690	022.700	008.210
700	011.359	004.102

(Fonte: PEDROSA, 2009)

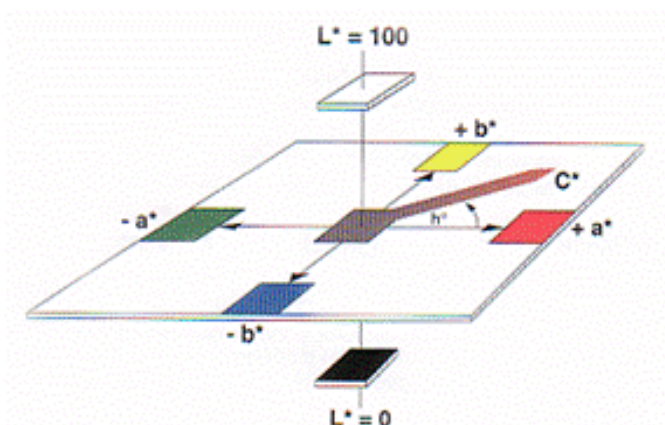
Figura 24 – Diagrama tricromático adotado pela CIE, baseado nos comprimentos de onda.



(Fonte: PEDROSA, 2009)

A CIE adota ainda o sistema de Munsell para compor os sistemas que medem a diferença entre cores. Ela estabelece três coordenadas lineares e uma coordenada polar, sendo que: a coordenada L^* , no eixo vertical, representa as escalas “preto-branco”, resultando na perda ou ganho de luminosidade; as coordenadas a^* e b^* representam, respectivamente, os espaços entre as cores, “verde-vermelho” e “amarelo-azul”. Já a coordenada polar C^* representa a saturação. A Figura 25 mostra estas coordenadas.

Figura 25 – Coordenadas de cores, adotada pela CIE.



(Fonte: CHOSTAKOVIS, E. Teoria da Cor – uma visão técnica. Disponível em: <<http://www.cromaster.com.br/Teoria/index.htm>> Acesso em 18 jan 2013.)

Esta padronização das cores, desenvolvida pela CIE, contribuiu de forma categórica para com as indústrias de tintas e outros setores que dependem desta propriedade para qualificar seus produtos.

Na fabricação de tintas a colorimetria possui grande importância quando, por exemplo, precisa-se conseguir a cor similar de tintas desenvolvidas em lotes diferentes. Para isto, é feita a medição de uma amostra da tinta de um lote (tomando-a como padrão) e depois a medição da amostra de outro lote de fabricação. Após medir as duas amostras, é possível obter uma comparação, verificando se há a mais discrepância entre uma tinta e outra nos tons de cinza, ou se é necessário alterar as pigmentações verdes, vermelho ou azul, até que seja possível adequar o produto à cor desejada.

Esta medição é feita através de um equipamento chamado Espectrofotômetro, o qual será utilizado neste trabalho para verificar os efeitos da cor nas amostras, após exposição ao intemperismo natural. Este equipamento, computadorizado, é capaz de gerar tabelas e gráficos, que permite uma comparação rápida entre uma amostra e outra – sendo uma chamada de padrão e a outra de amostra.

Esta comparação é dada por três sistemas produzidos pela CIE – Comissão Internacional de Iluminação: CIELab, CIELCH e CMC.

O sistema CIELab constitui a diferença das coordenadas DL^* (branco e preto), Da^* (vermelho-verde) e Db^* (azul-amarelo), sendo:

$$DL^* = L^* \text{ amostra} - L^* \text{ padrão}$$

$$Da^* = a^* \text{ amostra} - a^* \text{ padrão}$$

$$Db^* = b^* \text{ amostra} - b^* \text{ padrão}$$

O valor absoluto destas três coordenadas é representado pelo DE^* ou ΔE^* , e estes são encontrados através da fórmula (BERNARDIN; RIELLA, 2013):

$$\Delta E^* = \sqrt{\Delta L^{*2} + \Delta a^{*2} + \Delta b^{*2}}$$

Neste caso, o delta (Δ) também pode ser usado, pois representa diferença.

O sistema CIELCH, representa a diferença de saturação (DC^* ou ΔC^*), dada pela diferença das coordenadas polares, e a diferença do ângulo de tonalidade

(h°), dada por DH* ou ΔH*. Estas variáveis podem ser encontradas utilizando as fórmulas (BERNARDIN; RIELLA, 2013):

$$\Delta C^* = C^*_{\text{ensaio}} - C^*_{\text{padrão}} \text{ sendo } C^* = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}}$$

$$\Delta H^* = \sqrt{\Delta E^{*2} - \Delta L^{*2} - \Delta C^{*2}}$$

O sistema CMC é um pouco mais complexo que os anteriores, porém obtém resultados ainda mais precisos. Este sistema possibilita a diferença absoluta da luminosidade (que compõe as coordenadas “preto-branco” – L*), da saturação (que compõe as coordenadas “vermelho-verde”, “azul-amarelo” – a* e b*) e do ângulo de tonalidade (h°). Em síntese, o sistema CMC é a soma dos resultados cromáticos obtidos entre amostra e padrão (BERNARDIN; RIELLA, 2013).

5.8. O PROCESSO DE DETERIORAÇÃO NOS REVESTIMENTOS DE PINTURA

No presente trabalho, foram mencionados alguns agentes de degradação de componentes e sistemas construtivos, classificados pela norma internacional ISO 15686 de acordo com sua natureza e classe, sendo estes: agentes mecânicos (como a gravidade, vibrações e ruídos), agentes eletromagnéticos (como a radiação solar), agentes térmicos (como a variação de temperatura), agentes químicos (solventes, água, ácidos, etc.) e agentes biológicos (vegetais e micro-organismos).

De acordo com LOPES (2004), os agentes climáticos e a localização do edifício conforme o ângulo de exposição, são determinantes para a durabilidade dos ligantes da pintura, especialmente quando estes estão mais suscetíveis à pulverulência.⁴⁰ Os agentes biológicos também influenciam de maneira significativa na degradação da pintura.

Os pigmentos também são determinantes na degradação da pintura. Estes não são solúveis, e compõe a tinta através de dispersão, desprovidos de ligantes. Desta forma, os pigmentos ficam mais expostos aos agentes atmosféricos, sendo, normalmente, os primeiros componentes atingidos pelo processo de degradação.

⁴⁰ A pulverulência é a degradação do revestimento orgânico por ação da radiação solar, que pode se manifestar através de um esfarelamento do material.

Um processo relevante sobre a degradação da pintura é o processo de biodeterioração, definida por MORTON; SURMAN (1997) apud BREITBACH (2009), como sendo “o estudo da deterioração dos materiais de importância econômica pela atividade biológica vital dos organismos” (BREITBACH, 2009, p. 42).

Dentre os processos de biodeterioração, encontra-se o esfarinhamento da película, que ocorre devido à presença de micro-organismos na superfície pintada – cuja ação é chamada de biodeterioração microbiana.

A presença dos micro-organismos na superfície se dá, especialmente, na presença da umidade, em locais com pouca ventilação. Desta maneira, é de suma importância conhecer as condições climáticas no local, cujo bem será implantado, visto que será mais fácil obter uma correta implantação do imóvel e a especificação correta do tipo de tinta a ser utilizada.

De acordo com BAUMANN (2000) apud BREITBACH (2009) há um método utilizado na fabricação das tintas, que tem por objetivo promover maior durabilidade à mesma, através do acréscimo de aditivos como fungicidas, algicidas e bactericidas. Além de aumentar a durabilidade, estes componentes favorecem a eliminação dos agentes microbiológicos.

De acordo com ENGLISH et al (2003) apud BREITBACH (2009), o ensaio de exposição ao intemperismo natural é o único método seguro de verificar a durabilidade de filme de tinta e sua biodeterioração, embora seja trabalhoso e de longa duração. Outra forma aceitável para verificar o desempenho da película são os ensaios laboratoriais, como a exposição em câmara de envelhecimento acelerado.

Dentre os requisitos responsáveis pela durabilidade da pintura, estão: a aderência, a resistência à luz, a elasticidade, a dureza e a sua capacidade do aumento de volume (HESS, 1973 apud LOPES, 2004).

Considerando que as fachadas de um edifício estão sujeitas a distintas condições de exposição, deve-se considerar diferentes formulações para cada superfície, dando às superfícies que estão expostas aos agentes mais gravosos, formulações mais resistentes aos agentes atmosféricos (LOPES, 2004). Um método válido sobre esta alusão é a especificação de tintas Premium nas fachadas mais vulneráveis aos agentes de degradação.

5.9. PRINCIPAIS PATOLOGIAS

As patologias em revestimentos de pintura se manifestam, principalmente devido à falta de compatibilidade dos materiais (entre a tinta e o substrato, por exemplo), bem como à preparação e aplicação incorreta da tinta ou devido à umidade.

Os principais problemas ocasionados em pinturas são: eflorescência, saponificação, desagregamento, descascamento, manchas causadas por pingos de chuva, bolhas, fissuras, manchas amareladas em paredes ou tetos, descoramento, mofo, bolor ou fungos, floculação e a perda do brilho.

- **Eflorescência**

Esta patologia “é caracterizada pelo aparecimento de depósitos cristalinos, de cor esbranquiçada, na superfície do revestimento” (CHAVES, 2009. p. 28). Isto acontece devido à presença de sais solúveis na argamassa – “estes são transportados através dos poros do revestimento, que solidificam em contato com o ar” (CHAVES, 2009. p. 29), devido à presença de água e também à pressão hidrostática.

Segundo SOUZA (2008), “a eflorescência pode trazer modificações apenas estéticas ou ser agressiva”. Ela se manifesta, inicialmente, através do aparecimento de manchas esbranquiçadas na superfície, como mostram as Figuras 26 e 27.

Figura 26 – Eflorescência manifestada em uma fachada de alvenaria com revestimento em pintura.



(Fonte:

<http://www.pintorprofissional.org.br/docs/MANUAL_PINTOR_ABRAFATI_912.pdf>
Acesso em 16 jan 2013)

Figura 27 – Eflorescência manifestada em uma fachada de tijolo cerâmico resinado.



(Fonte: CHAVES, 2009. p. 29)

- **Saponificação**

Esta patologia ocorre quando a pintura é feita antes do tempo necessário para a cura do reboco – 28 dias, ou quando há o excesso de umidade no local. Esta umidade, em contato com a cal e o cimento que compõem o reboco causa uma alcalinidade, que reage com a acidez característica de alguns tipos de resinas, causando manchas nas superfícies e até o descascamento da tinta (Figura 28).

Figura 28 – Saponificação manifestada em reboco pintado.



(Fonte:

<http://www.pintorprofissional.org.br/docs/MANUAL_PINTOR_ABRAFATI_912.pdf>
Acesso em 16 jan 2013.)

- **Desagregamento**

Um dos fatores causadores desta patologia é também o fato de não esperar a cura total do reboco antes de aplicar a pintura. A não compatibilidade da tinta com a argamassa também pode causar este problema no revestimento. A umidade e a não compatibilidade dos materiais impede a fixação completa da tinta na superfície, fazendo com que ela descole da superfície com partes do reboco, como mostra a Figura 29.

Figura 29 – Exemplo de manifestação de desagregamento em fachadas revestidas com pintura.



(Fonte: CEHOP, disponível em <<http://187.17.2.135/orse/esp/ES00145.pdf>> Acesso em 16 jan 2013.)

- **Descascamento**

De acordo com a ABRAFATI, existem algumas causas para o descascamento da pintura, como a aplicação direta da tinta em uma superfície pintada com cal, sem o tratamento correto e a aplicação da pintura sobre uma superfície calcinada⁴¹ (Figura 30). Para evitar esta patologia deve-se fazer um bom tratamento e limpeza da superfície que receberá a pintura.

Figura 30 – Descascamento manifestado em fachada.



(Fonte: CEHOP, disponível em <<http://187.17.2.135/orse/esp/ES00145.pdf>> Acesso em 16 jan 2013.)

- **Manchas causadas por pingos de chuva**

Como o próprio nome diz, estas manchas se manifestam na superfície recém- pintada, devido a pingos de chuva isolados (Figura 31). Para solucionar este problema, a superfície deve ser lavada imediatamente, até que se obtenha

⁴¹ A calcinação constitui um fenômeno causado pela ação do tempo (sol e chuva), que provoca a formação de um pó na superfície, devido a decomposição da mesma. (Fonte: PROGRAMA PINTOR PROFISSIONAL ABRAFATI, disponível em <http://www.pintorprofissional.org.br/docs/MANUAL_PINTOR_ABRAFATI_912.pdf> Acesso em 16 jan 2013).

uma homogeneidade na pintura novamente. O tempo de cura/secagem total da tinta látex, por exemplo, é de 20 dias, portanto se passar deste prazo, torna-se mais difícil solucionar esta patologia.

Figura 31 – Manchas causadas por pingos de chuva isolados.



(Fonte:

<http://www.pintorprofissional.org.br/docs/MANUAL_PINTOR_ABRAFATI_912.pdf>
Acesso em 16 jan 2013.)

- **Bolhas e Empolamento**

De acordo com CHAVES (2009), os empolamentos (Figura 32) ou as bolhas (Figura 33) podem ocorrer por diversos fatores, sendo: presença de excesso de umidade na superfície, sistemas de pintura inadequados tempo insuficiente entre as demãos, presença de componentes solúveis em água, condições de aplicação desfavoráveis como temperaturas elevadas; métodos de aplicação incompatíveis com o produto a aplicar. Um exemplo é quando se aplica a pintura por cima de uma massa corrida PVA em ambiente externo, enquanto que esta é indicada apenas para ambientes internos. Outras causas para este tipo de patologia é quando se faz uma repintura sobre tinta de má qualidade, ou não se dilui a tinta corretamente.⁴²

Figura 32 – Empolamento.



(Fonte: CHAVES, 2009)

⁴² Fonte: CEHOP – Companhia Estadual de Habitação em Obras Públicas.

Figura 33 – Bolhas em revestimento de pintura.



(Fonte: <<http://187.17.2.135/orse/esp/ES00145.pdf>> Acesso em 16 jan 2013.)

- **Fissuras**

De acordo com ALVES (2010), as fissuras podem ser ocasionadas “em decorrência do excesso de aglomerante nos rebocos, ou pelo tempo insuficiente de carbonatação da cal, ou por camada muito grossa de reboco” (ALVES, 2010, p. 55).

Estas se caracterizam por trincas estreitas, rasas e sem continuidade, como mostra a Figura 34.

Figura 34 – Fissuras em revestimento de pintura.



(Fonte: UEMOTO, 2012)

- **Mofo, Bolor ou Fungos**

Esta patologia ocorre, principalmente, em ambientes úmidos, mal ventilados e mal iluminados, causando a proliferação de seres vivos vegetais (fungos) e o escurecimento da película de pintura – aumentando sua decomposição.

Para reparar este problema é indicado que se lave a área afetada com hipoclorito de sódio e, com a superfície totalmente limpa, efetuar nova pintura, como mostra a Figura 35.

Figura 35 – Fachada com manifestações de fungos e após o tratamento.



(Fonte: NETO, 2007)

- **Floculação**

Esta patologia está diretamente ligada à dispersão dos pigmentos da tinta, de modo que estes “se agrupam em blocos soltos ou flocos após ação dispersiva”⁴³, no período de secagem ou mesmo no armazenamento da tinta.

Esta dispersão dos pigmentos causa a alteração de cor da superfície pintada, dentre outros efeitos indesejáveis como a perda do brilho.

Um dos motivos pelo qual ocorre esta patologia é a imperfeita trituração do pigmento durante a fabricação da tinta, a incompatibilidade de veículos e choques de Ph e temperatura. A variação da temperatura é um importante fator para a formação deste processo patológico.

- **Descoloração e perda de brilho**

Esta patologia ocorre, principalmente, devido à forte exposição às intempéries e à radiação solar, provocando a perda gradual da cor e do brilho, na pintura da fachada.

Apesar de a radiação ultravioleta representar apenas 5% do espectro solar, esta gera uma degradação fotoquímica provocada por fótons⁴⁴ que quebram as ligações químicas da tinta, provocando além da alteração da cor, a perda do brilho, dentre outras patologias mencionadas anteriormente, como fissuras e empolamento.⁴⁵

⁴³ Fonte: Tríplice Cor Corantes e Pigmentos. Disponível em: <<http://www.triplice.com.br/corantes/tag/preparacao-de-pigmentos/>> Acesso em 02 de fev 2013.

⁴⁴ Fótons são partículas que compõe a radiação eletromagnética. Quanto maior for a incidência da radiação, maior será a quantidade de fótons.

⁴⁵ Fonte: <http://www.tintas2000.pt/img_upload/manual.pdf> Acesso em 24 jan 2013.

Para prevenir esta patologia, recomenda-se que o revestimento seja constituído por ligantes 100% acrílicos e pigmentos que proporcionem a durabilidade maior da cor.⁴⁶

Neste trabalho será dada uma ênfase a esta patologia, a fim de observar a degradação da pintura na fachada, considerando, especialmente, a alteração da cor sobre as amostras.

⁴⁶ Fonte: <http://www.tintas2000.pt/img_upload/manual.pdf> Acesso em 24 jan 2013.

6. CAPÍTULO V - PESQUISA EXPERIMENTAL - PLANEJAMENTO DA VIDA ÚTIL EM REVESTIMENTOS DE PINTURA

Este trabalho consta de uma metodologia concisa de previsão da vida útil, aplicada em amostras revestidas com pintura – tinta acrílica Standard – simulando sistemas de revestimento de pintura em fachadas.

A descrição do método experimental segue as recomendações da Norma ISO 15686-2: 2001.

6.1. TIPO DE ESTUDO E CARACTERIZAÇÃO DO COMPONENTE

Este trabalho compõe um estudo específico, aplicado em amostras que simulem sistemas de revestimentos de pintura em fachadas, através da exposição ao intemperismo natural.

Busca-se analisar o comportamento deste sistema, no que se refere o seu aspecto estético – alteração da cor – aspectos de durabilidade – aderência e resistência à abrasão – e a possível alteração da absorvância durante a vida útil da pintura.

6.2. AGENTES DE DEGRADAÇÃO CONSIDERADOS

Os agentes de degradação analisados nesta pesquisa foram, exclusivamente, as condicionantes climáticas. De acordo com a Norma ISO 15686-1:2011, estas podem ser classificadas como:

- agentes térmicos – temperatura e velocidade do vento,
- agentes eletromagnéticos – radiação solar,
- agentes químicos – umidade do ar e intempéries.

Os dados climáticos foram coletados a partir das informações do INMET – Instituto Nacional de Meteorologia, entre 20 outubro de 2012 e 07 de janeiro de 2013. Além destes, foram feitas medições, pela autora, nos dias em que era medida a colorimetria das amostras, com a utilização do Termo-higro-anemômetro.

O Apêndice A deste trabalho mostra as medições realizadas pela autora e, o Anexo A mostra a tabela com os dados diários coletados no INMET.

A média de temperatura no período de exposição das amostras foi de 30°.

Considerando os dados do INMET, coletados de hora em hora, diariamente e analisando entre os dias 20 de outubro até 07 de janeiro, foram verificadas as médias totais, referente aos dados climáticos, obtendo: temperatura de 24,26°C; umidade relativa do ar de 58,22%; velocidade do vento de 2,16 m/s; radiação solar de 963,25 kJ/m²; e índice pluviométrico (chuva) de 0,28mm.

6.3. PRÉ-REQUISITOS A SEREM ANALISADOS

Os pré-requisitos adotados e avaliados ao final do teste de exposição será a alteração da cor, a possível alteração da absorvância, a resistência à abrasão (por meio do teste de lavabilidade) e a aderência.

6.4. CARACTERIZAÇÃO DO ENSAIO DE ENVELHECIMENTO ACELERADO

O ensaio caracteriza-se pela comparação de dois conjuntos de amostras sob condições de exposições diferenciadas.

O primeiro conjunto constitui oito amostras, sendo quatro com substrato cerâmico e quatro com substrato cimentício, expostas em ambiente externo, sujeito às intempéries, colocadas sobre um suporte com inclinação de 45°, posicionado para a face norte (Figuras 36 e 37), em conformidade com a segunda parte da norma ISO 15686.

O segundo conjunto de amostras consiste em oito peças, idênticas ao primeiro conjunto, guardadas em um armário escuro, a fim de evitar a exposição ao intemperismo, preservando suas propriedades originais.

Figura 36 – Amostras expostas em ambiente externo, localizado no Distrito Industrial de Contagem, Minas Gerais.



(Fonte: fotos da autora.)

Figura 37 – Posição solar do suporte – com inclinação de 45° voltado para a face mais ensolarada.



(Fonte: Google Maps)

6.4.1. DESCRIÇÃO DO ENSAIO

O conjunto de técnicas e equipamentos utilizados nesta pesquisa experimental está listado a seguir:

6.4.1.1. Bancada

Para a captação e preparação das amostras, contou-se com a colaboração de um fornecedor, a fim de obter uma correta preparação das mesmas.

Neste trabalho, não será mencionado a identidade do fornecedor, visto que o objetivo deste é verificar o desempenho do sistema de revestimento em pintura e não uma análise de mercado.

O local utilizado para a preparação e pintura das amostras, bem como alguns testes de avaliação, compõe um laboratório com uma bancada lateral, de granito, composta por equipamentos elétricos como a balança e o equipamento utilizado no teste de lavabilidade, e uma pia para lavagem dos materiais utilizados (Figura 38).

Figura 38 – Bancada lateral.



(Fonte: fotos da autora.)

O local possui ainda uma mesa central de granito (Figura 39), utilizada para a pintura das amostras e o repouso das mesmas, nos intervalos de secagem, necessários entre cada demão.

Figura 39 – Bancada central.



(Fonte: fotos da autora.)

6.4.1.2. Materiais utilizados na preparação das amostras

Os materiais utilizados na preparação e pintura das amostras foram: selador acrílico; quatro latas pequenas de 1L de tinta acrílica Standard, sendo cada uma de uma cor distinta (verde, tangerina, Marrocos e cerâmica); dois rolos de lã de carneiro com alta densidade, (tamanho 90mm e altura da lã 13mm) – ideal para pinturas em superfícies lisas com tintas látex e acrílica; um mexedor; balança eletrônica Gehaka BG-2000; um copo medidor; uma bandeja de pintura; papel toalha.

6.4.1.3. Processo de pintura e preparação das peças

Foi disponibilizada pelo fornecedor a maioria do material utilizado na preparação das amostras, bem como todo o suporte para exposição ao intemperismo natural.

Foram preparadas dezesseis amostras, sendo oito com substrato cerâmico (15cm x 15cm x 0,2cm) e oito com substrato cimentício⁴⁷ (15cm x 20cm x 2,4cm) – duas de cada cor (considerando uma amostra padrão⁴⁸ e outra amostra a ser exposta ao intemperismo), pintadas com tinta acrílica Standard.

As cores foram escolhidas de acordo com as tonalidades mais intensas, verificadas em fachadas de edifícios na região metropolitana de Belo Horizonte. A pigmentação também foi um fator na escolha das amostras, de modo que foram coletadas duas cores com pigmentação orgânica (Verde e Tangerina) e duas com pigmentação inorgânica (Marrocos e Cerâmica).

Todas as tintas utilizadas na pintura das amostras se classificam como Látex Acrílico Standard, visto que para fachadas o recomendado pela Norma NBR 15079 ABNT: 2011, são as tintas Standard e Premium.

As amostras foram todas preparadas pelo fornecedor, em conjunto com a autora.

O primeiro passo, para a preparação, foi enumerar todas as peças, a fim de facilitar a identificação.

Em seguida, com a superfície limpa, aplicou-se uma camada de selador, diluído em 10% de água, com o auxílio de um rolo de lã (Figuras 40 e 41).

Figura 40 e 41 – Amostras pintadas com selador.



(Fonte: fotos da autora.)

⁴⁷ O substrato cimentício foi utilizado após seu período de cura completo, depois de 28 dias.

⁴⁸ A amostra padrão foi guardada em ambiente escuro durante toda a pesquisa, a fim de manter suas propriedades originais e possibilitar a comparação com as amostras que foram expostas ao intemperismo natural.

Após quatro horas – tempo de secagem do selador – aplicou-se a primeira camada de tinta, diluída em 30% de água, com o auxílio de um rolo de lã.

Antes da pintura, mexeu-se bastante a tinta na lata, para o sólido subir e a tinta ficar completamente homogênea (Figura 42). Logo após, parte da tinta foi despejada em um recipiente e pesada (Figura 43). Após obter o peso, foi possível verificar a quantidade necessária de água a ser colocada, para os 10% de diluição.

Figura 42 e 43 – A tinta sendo misturada ainda dentro da lata, para o sólido subir; e a tinta já no recipiente sendo pesada, a fim de verificar a quantidade de água necessária para os 10% da diluição.



(Fonte: fotos da autora.)

Com a tinta completamente diluída na água, colocou-a na bandeja de pintura, aonde mergulhou o rolo de lã, tirando o máximo de excesso (na própria bandeja) para evitar bolhas e para que a pintura ficasse o mais homogênea possível (Figuras 44 e 45).

Figura 44 e 45 – A tinta sendo colocada no recipiente (à esquerda) e tirando o excesso da tinta no rolo de lã, antes de pintar a amostra.



(Fonte: fotos da autora.)

Passou-se então a primeira demão de tinta na superfície (Figura 46). Ao passar a primeira camada, verificou-se ainda um excesso de tinta, através de uma

textura heterogênea, dando a impressão de que a tinta estava escorrendo (Figura 47). Neste momento, retirou-se mais o excesso de tinta do rolo de lã (Figura 48) e passou novamente por cima da primeira camada, buscando uma homogeneidade na superfície pintada (Figura 49).

Figura 46 e 47 – A tinta sendo passada na amostra e a amostra após a primeira pintura com o excesso de tinta.



(Fonte: fotos da autora.)

Figura 48 e 49 – Tirando o excesso do rolo de lã, em um papel toalha (à esquerda) e a amostra com a primeira demão finalizada (à direita).



(Fonte: fotos da autora.)

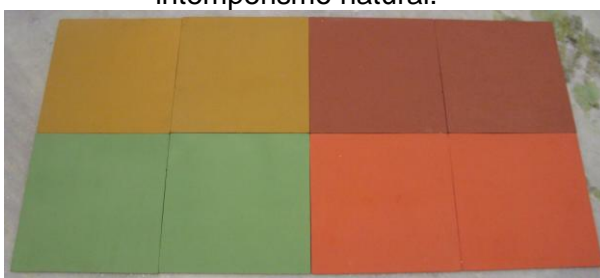
Após pintar a primeira demão, esperou-se quatro horas para pintar a segunda – tempo recomendado para secar a tinta. Este processo foi utilizado na pintura de todas as amostras (Figuras 50 e 51). Para que a pintura ficasse ainda mais homogênea, passaram-se as duas demãos em sentidos cruzados.

Figura 50 – Todas as amostras, com substrato cimentício, pintadas nas cores (da esquerda para a direita, de cima para baixo): Tangerina, Verde-limão, Cerâmica e Marrocos.⁴⁹



(Fonte: autora.)

Figura 51 – As amostras “padrão”, com substrato cerâmico, pintadas nas cores (da esquerda para a direita, de cima para baixo): Marrocos, Cerâmica, Verde e Tangerina. Outras quatro amostras (idênticas a estas) neste momento, já estavam sob o intemperismo natural.⁵⁰



(Fonte: autora.)

Nas tabelas 38 e 39, verificam-se as especificações das amostras preparadas, contendo a cor, a pigmentação e o emprego de cada uma. Algumas foram guardadas em ambiente escuro, a fim de manter suas propriedades iniciais, outras foram expostas ao intemperismo natural – em ambiente externo.

Tabela 38 – Amostras de substrato cerâmico, divididas de acordo com sua pigmentação e com os testes aos quais serão submetidas.

AMOSTRAS COM SUBSTRATO CERÂMICO			
Cor	Pigmentação	Amostra	Utilidade
Verde	Orgânica	1A	Intemperismo natural
		1B	Padrão
Tangerina		2A	Intemperismo natural
		2B	Padrão
Marrocos	Inorgânica	3A	Intemperismo natural
		3B	Padrão
Cerâmica		4A	Intemperismo natural
		4B	Padrão

(Fonte: autora)

⁴⁹ A impressão pode não reproduzir fielmente a cor real das amostras.

⁵⁰ A impressão pode não reproduzir fielmente a cor real das amostras.

Tabela 39 – Amostras de substrato cimentício, divididas de acordo com sua pigmentação e com os testes as quais serão submetidas.

AMOSTRAS COM SUBSTRATO CIMENTÍCIO			
Cor	Pigmentação	Amostra	Utilidade
Tangerina	Orgânica	1	Intemperismo natural
Tangerina		2	Padrão
Verde-limão		3	Intemperismo natural
Verde-limão		4	Padrão
Marrocos	Inorgânica	5	Padrão
Marrocos		6	Intemperismo natural
Cerâmica		7	Padrão
Cerâmica		8	Intemperismo natural

(Fonte: autora)

Nas tabelas anteriores, referente à classificação das amostras, é possível verificar que, dentre as utilidades de cada uma, contém a amostra Padrão – que pode ser conhecida também, de acordo com a norma internacional ISO 15686, como a “amostra-resposta” dos testes. Esta permaneceu guardada, durante todo o período de teste, a fim de manter suas propriedades originais e facilitar a comparação e a verificação dos resultados nas amostras que ficaram expostas.

6.5. PERÍODO DE EXPOSIÇÃO AO INTEMPERISMO NATURAL

De acordo com a Norma ISO 15686, o teste de exposição ao intemperismo natural, em suporte com inclinação de 45°, voltado à face mais ensolarada, implica em um teste de envelhecimento acelerado, visto que em uma situação real, o revestimento da fachada estará, normalmente a uma inclinação reta, de 90°. Sendo assim, é necessário considerar um tempo maior em um bem construído real.

Neste trabalho, o período de exposição de quatro meses, pode ser considerado um período maior, devido à distinta e variável forma de exposição das fachadas, quanto à sua inclinação em relação ao sol, o sombreamento dos edifícios vizinhos e os agentes atmosféricos influentes.

Desta forma, considera-se que, atualmente, o período da pesquisa experimental deste trabalho seja o tempo entre a finalização de uma obra, a entrega de um empreendimento e a adaptação do usuário sobre o mesmo.

A Tabela 40 mostra os dias em que houve o monitoramento das amostras, bem como das condições climáticas do local.

Tabela 40 – Monitoramento durante o período de exposição das amostras ao intemperismo natural.

DIA	AMOSTRAS EXPOSTAS	DADOS CLIMÁTICOS		
		Temperatura Média (°C)	Vento (m/s)	Umidade (%)
26/09/2012		24,4	0,53	34,08
03/11/2012		30,66	18,32	47,94
03/12/2012		33,94	1,35	45,16
07/01/2013		-	-	-

(Fonte: autora)

No mês de janeiro não foi possível registrar as condicionantes climáticas do local devido a uma falha técnica ocorrida no equipamento. Desta maneira, consideram-se os dados climáticos coletados no INMET, disponível no Anexo A deste trabalho.

Uma vez ao mês, era feito o monitoramento das amostras, bem como realizadas medições no espectrofotômetro a fim de verificar a colorimetria das mesmas.

6.6. MÉTODOS DE AVALIAÇÃO

Para a avaliação dos resultados foram utilizados equipamentos durante e após a exposição de envelhecimento acelerado, os quais estão detalhados adiante.

6.6.1. Equipamentos e testes

- **Durante o período de exposição:**

Os equipamentos utilizados para medir as condições climáticas no local da exposição foram o Termo-higro-anemômetro (para medir a temperatura, velocidade do vento e umidade relativa do ar) e a bússola (que mediu a orientação solar).

O equipamento utilizado para verificar os efeitos da cor nas amostras foi o Espectrofotômetro da marca Minolta, modelo CM-508i, o qual registrou a colorimetria das amostras, em cada mês, no período de exposição das mesmas.

- **Após o período de exposição:**

Utilizou-se o equipamento, Alta II Reflectance Spectrometer, para medir a absortância das amostras-padrão e as amostras expostas ao intemperismo natural.

Foi utilizado também o equipamento Abrasion Tester –Modelo 187, para verificar a resistência a abrasão das amostras, por meio do teste de lavabilidade.

No teste de aderência foi utilizado um estilete com uma lâmina de aço, de aproximadamente 17 mm de largura; uma fita adesiva; medidor de espessura de película seca; gabarito para traçar o corte; borracha; e uma lupa – seguindo a Norma NBR 11003 (ABNT: 2009) – Tintas – Determinação da aderência.

A seguir, são descritos os equipamentos e métodos utilizados.

- **Espectrofotômetro Minolta, modelo CM-508i**

Utilizou-se o equipamento Espectrofotômetro da marca Minolta, modelo CM-508i, para medir a alteração da cor das amostras, durante o tempo de exposição ao intemperismo, a fim de realizar uma análise colorimétrica quantitativa. Esta é registrada através das coordenadas colorimétricas do sistema CIElab, mencionadas anteriormente neste trabalho: luminosidade (L^*), coordenadas de cromaticidade (a^* , b^*), variação da cor total (ΔE^*), e o CMC – que possibilita a diferença absoluta da luminosidade, da saturação e do ângulo de tonalidade (h°) (BERNARDIN; RIELLA, 2013).

Os espectrofotômetros são equipamentos que medem a diferença dos espectros de energia radiante, entre cada comprimento de onda incidente e o comprimento de onda refletido por um dado objeto. O mecanismo de medição é simples. Uma vez obtidos os valores de refletância das amostras, o equipamento fornece, as coordenadas cromáticas L^* , a^* e b^* (DURÁN et. al., 1995 apud FIGUEIREDO et. al., 2004).

Neste procedimento, totalmente computadorizado, é medida inicialmente a amostra padrão, cujo equipamento registra todas as propriedades colorimétricas, através das coordenadas do sistema CIELab, e depois é medida a amostra exposta ao intemperismo, cujas informações são registradas e salvas pelo equipamento. Após medir as duas amostras, o equipamento gera uma comparação, através da tabela com as coordenadas DL^* , Da^* , Db^* , De^* e CMC, mostrando a diferença da cor entre as duas peças.

- **Alta II Reflectance Spectrometer**

O Alta II Reflectance Spectrometer analisa a refletância de cada espectro nos materiais, em um processo chamado espectroscopia.

A tecnologia do Reflectance Spectrometer constitui em um aparelho com sensoriamento remoto, capaz de medir os espectros de refletância, de uma superfície, com ondas do espectro visível e ondas curtas.

Visto que a soma dos valores da refletância e da absortância deve dar 1, achando o valor da refletância é possível verificar a absortância, podendo então alcançar o objetivo de constatar a possibilidade da variação deste requisito nas amostras deste trabalho.

O Reflectance Spectrometer possui 11 Leds que fornecem uma fonte multiespectral com valores que vão de 470 a 940 nanômetros (nm) – remetendo os espectros da radiação solar.

Para obter a reflexão de cada espectro, basta pressionar a cor do espectro que deseja medir. No momento em que o espaço do espectro estiver pressionado, vão aparecer diversos valores. Quando um valor permanecer fixo, este será o resultado da espectroscopia (MILTON et al., 2007).

A Figura 52 mostra o equipamento Alta II Reflectance Spectrometer que foi utilizado neste trabalho.

Antes de medir cada amostra, é necessário medir inicialmente uma amostra branca “padrão”, a fim de obter uma base comparativa. Para cada amostra é necessário fazer doze medições, para cada espectro.

Figura 52 – O Alta II Reflectance Spectrometer utilizado para medir a refletância de cada espectro das amostras.



(Fonte: autora)

No Apêndice C estão disponíveis todas as tabelas com os resultados das medições neste equipamento.

Após as medições, foi tirada uma média sobre todos os valores dos espectros, por meio de um trabalho colaborativo do Labcon – Laboratório de Conforto, da Escola de Arquitetura, da Universidade Federal de Minas Gerais.

Neste processo, foram medidos os espectros das amostras que ficaram expostas ao intemperismo natural, bem como das amostras “padrão”, que ficaram guardadas durante toda a pesquisa experimental – para que suas propriedades originais fossem mantidas. Assim, foi possível fazer uma comparação sobre o efeito da absorção nas amostras, antes e após a exposição, a fim de verificar a possibilidade de alteração deste requisito durante a vida útil do sistema de revestimento.

- **Teste de Lavabilidade**

O teste de lavabilidade é feito para verificar a resistência da pintura em contato com agentes químicos (resistência à abrasão). Esta deve ser lavável, resistindo a um número mínimo de ciclos.

De acordo com a NBR 15079 ABNT:2011, as tintas Standard – que serão as utilizadas neste trabalho – devem ter uma resistência a abrasão úmida, com pasta abrasiva de no mínimo 40 ciclos. A resistência a abrasão das tintas de classificação Premium deve ser de no mínimo 100 ciclos.

Para a realização deste teste foi utilizado o equipamento Abrasion Tester – Modelo 187, como mostra a Figura 53.

Figura 53 – Equipamento Abrasion Tester –Modelo 187 utilizado para a realização do teste de lavabilidade.



(Fonte: autora)

Antes de realizar o teste de lavabilidade, foi feita uma pasta abrasiva – confeccionada de acordo com a NBR15312-05: Resistência à abrasão – e passada sobre a peça pintada.

Posteriormente foi colocada cada amostra na bandeja do equipamento (como mostra a Figura 53) e presa com uma garra metálica (para que a amostra não se movesse durante o teste).

Com a amostra fixada, o equipamento foi ligado. Neste momento, uma escova, presa por cabos metálicos, percorreu de uma extremidade a outra da bandeja e a cada ciclo percorrido, era registrado no equipamento. O ciclo é o espaço percorrido pela escova de uma extremidade a outra da bandeja metálica, aonde foi colocada a amostra.

- **Teste de Aderência**

O teste de aderência foi feito em conformidade com a norma NBR 11003 ABNT: 2009 – Tintas – Determinação de Aderência, a qual determina dois métodos, sendo: método A – corte em X e método B – corte em grade.

Nas amostras com substrato cimentício foi aplicado o método A e nas amostras de substrato cerâmico, o método B.

No método A (corte em X) são utilizados os seguintes equipamentos: lâmina de aço, fita adesiva, medidor de espessura de película seca, guia ou gabarito para traçar o corte, borracha e uma lupa com aumento de sete vezes (NBR 11003 ABNT: 2009, p. 1-2). Este método é utilizado para espessura de película seca maior ou igual a 70 μm e para tintas de fundo ricas em zinco, à base de silicatos.

Para a execução do corte em X, deve-se “selecionar uma área o mais plana possível, livre de imperfeições, limpa e seca”. Posteriormente, “executar dois cortes de 40 mm de comprimento cada um, interceptados ao meio, formando o menor ângulo entre 35° e 45°, devendo os cortes alcançar o substrato” (NBR 11003 ABNT: 2009, p. 3). Após verificar com o auxílio da lupa se o substrato foi atingido, deve-se aplicar a fita adesiva, com 10cm, de maneira uniforme e contínua, no centro da interseção. Logo após, “alisar a fita com o dedo na área das incisões e em seguida esfregar firmemente a borracha no sentido longitudinal da fita para se obter uma uniformidade na transparência da fita aplicada” (NBR 11003 ABNT: 2009, p. 4). Ao final, remover a fita no intervalo de 1 min. a 2 min. da aplicação e verificar a área ensaiada, quanto ao destacamento. No anexo B estão disponíveis as classificações dos destacamentos, para auxiliar nos resultados do teste de aderência, conforme a NBR 11003 ABNT: 2009.

No método B são utilizados: um dispositivo de corte de seis gumes, fita adesiva, medidor de espessura, borracha, lupa com aumento de sete vezes e um pincel com cerdas macias. Este método é utilizado para espessura de película seca menor que 70 μm . Em área plana, livre de imperfeições, limpa e seca, deve-se “executar cortes cruzados em ângulo reto, de modo a alcançar o substrato, formando-se grade de 25 quadrados” (NBR 11003 ABNT: 2009, p. 4). Após verificar se o substrato foi atingido, deve-se limpar a superfície com o auxílio do pincel. Posteriormente, aplica-se a fita adesiva, da mesma maneira que no

método A, para então analisar os resultados, de acordo com as classificações dos destacamentos, mencionados no Anexo B.

Antes de submeter as amostras aos testes, cada peça foi dividida em duas partes, com uma fita adesiva, de modo que em uma parte ficou destinada para a realização do teste de lavabilidade e a outra parte para o teste de aderência, como mostra a Figura 54.

Figura 54 – Amostra dividida em duas partes para a realização dos testes.



(Fonte: autora)

7. RESULTADOS

7.1. ASPECTO FÍSICO

Inicialmente, identificou-se o resultado no aspecto visual das amostras, as quais demonstraram significativa mudança em sua aparência física.

As peças com substrato cimentício demonstraram, visualmente, ter manchado mais, em relação às amostras com substrato cerâmico, como mostram as Tabelas 41 a 43.

Tabela 41 – Registro do aspecto físico das amostras, com pigmentação orgânica, após quatro meses de exposição ao intemperismo natural.

AMOSTRA	26 DE SETEMBRO DE 2012	08 DE JANEIRO DE 2013
	PADRÃO	AMOSTRAS INTEMPERISMO
VERDE Substrato cimentício		
VERDE Substrato cerâmico		

* A impressão pode não reproduzir fielmente a cor real das amostras.

(Fonte: autora)

Tabela 42 – Registro do aspecto físico das amostras, com pigmentação orgânica, após quatro meses de exposição ao intemperismo natural (continuação).

AMOSTRA	26 DE SETEMBRO DE 2012	08 DE JANEIRO DE 2013
	PADRÃO	AMOSTRAS INTEMPERISMO
<p>TANGERINA Substrato cimentício</p>		
<p>TANGERINA Substrato cerâmico</p>		
<p>* A impressão pode não reproduzir fielmente a cor real das amostras.</p>		

(Fonte: autora)

Tabela 43 – Registro do aspecto físico das amostras, com pigmentação inorgânica, após quatro meses de exposição ao intemperismo natural.

AMOSTRA	26 DE SETEMBRO DE 2012	08 DE JANEIRO DE 2013
	PADRÃO	AMOSTRAS INTEMPERISMO
MARROCOS Substrato cimentício		
MARROCOS Substrato cerâmico		
CERÂMICA Substrato cimentício		
CERÂMICA Substrato cerâmico		

* A impressão pode não reproduzir fielmente a cor real das amostras.

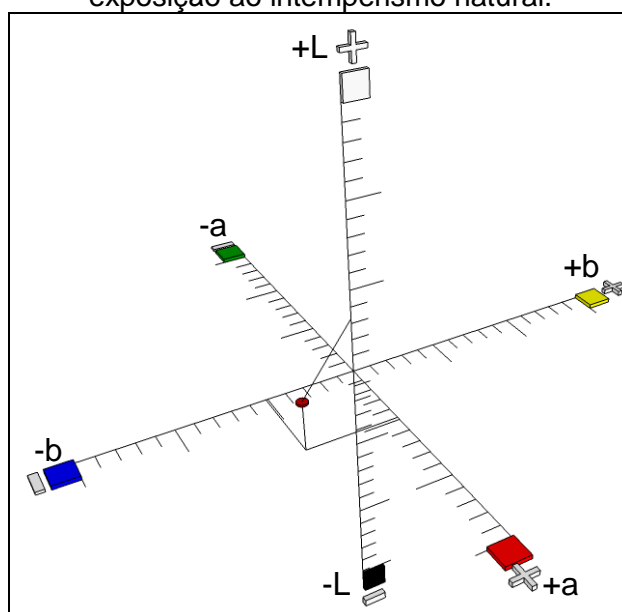
(Fonte: autora)

7.2. ALTERAÇÃO DA COR

A fim de verificar a alteração da cor em cada uma das amostras, foi registrada, através de gráficos, a diferença das coordenadas de cor do sistema CIELab. No Apêndice B deste trabalho é possível ver os valores exatos das medições de cada amostra.

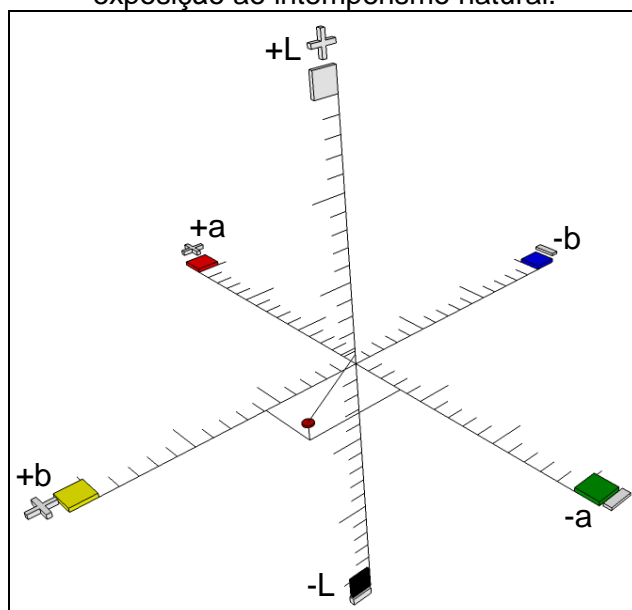
Nas amostras de cor **Verde** (pigmentação orgânica), verificou-se uma distinção completa com relação ao efeito da cor nos diferentes substratos. A peça de substrato cimentício mostrou um aumento significativo na cor branca (acrescendo sua luminosidade), bem como um acréscimo das cores vermelho e azul. Já a peça de substrato cerâmico, mostrou um pequeno aumento na cor branca e considerável acréscimo das cores verde e amarela, como mostram as Figuras 55 e 56. Verifica-se, nestas amostras um comportamento quase que oposto entre as mesmas, sendo similares apenas no ganho da luminosidade, através da cor branca.

Figura 55 – Diferença da cor da amostra de substrato cimentício, na cor Verde, após exposição ao intemperismo natural.



(Fonte: autora)

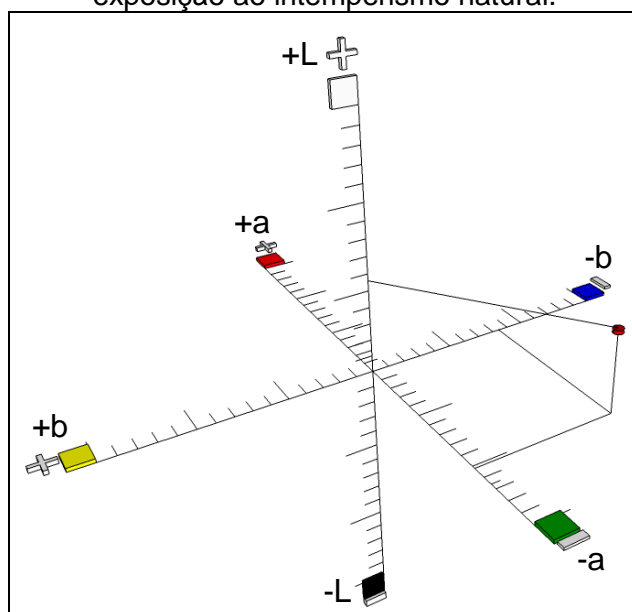
Figura 56 – Diferença da cor da amostra de substrato cerâmico, na cor Verde, após exposição ao intemperismo natural.



(Fonte: autora)

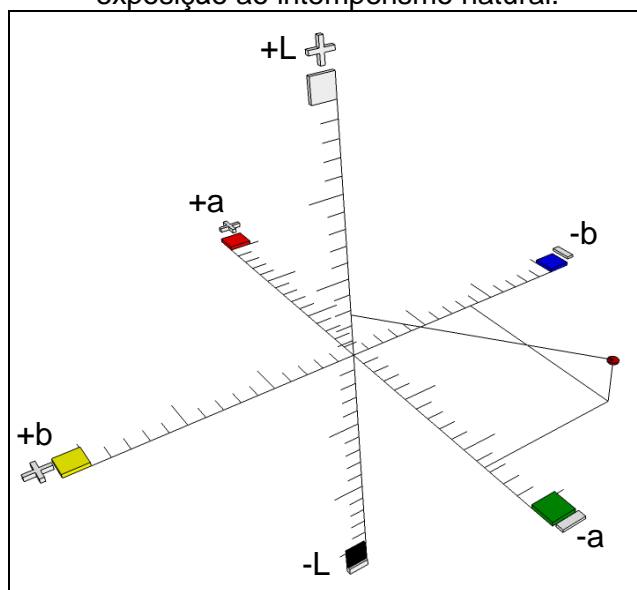
Nas amostras de cor **Tangerina** (pigmentação orgânica), verificou-se uma diferença significativa em relação ao aumento das tonalidades verde e azul e também da cor branca, com um acréscimo maior na amostra cimentícia, como mostram as Figuras 57 e 58.

Figura 57 – Diferença da cor da amostra de substrato cimentício, na cor Tangerina, após exposição ao intemperismo natural.



(Fonte: autora)

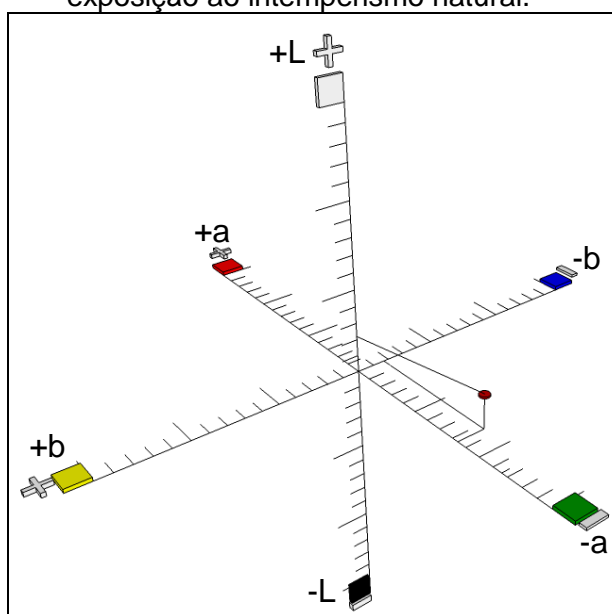
Figura 58 – Diferença da cor da amostra de substrato cerâmico, na cor Tangerina, após exposição ao intemperismo natural.



(Fonte: autora)

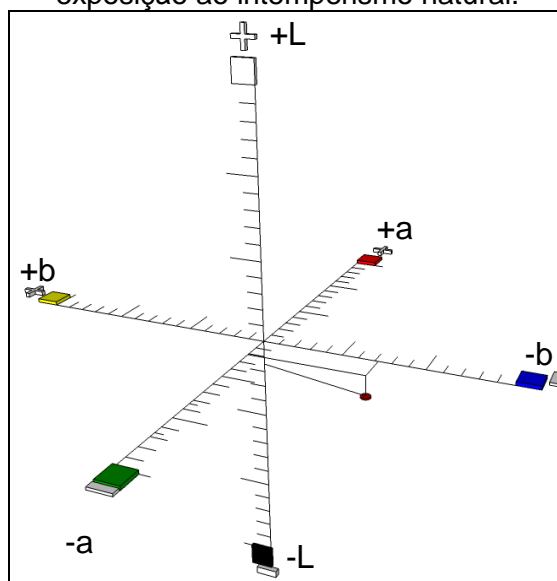
Nas amostras de cor **Marrocos** (pigmentação inorgânica), verificou-se uma grande diferença na alteração da luminosidade e no ganho das tonalidades verde e azul. A amostra de substrato cimentício obteve um ganho significativo da cor branca e da tonalidade verde. Já na amostra de substrato cerâmico, verificou-se a perda da luminosidade, através do aumento da cor preta, bem como um acréscimo maior da cor azul, como mostram as Figuras 59 e 60.

Figura 59 – Diferença da cor da amostra de substrato cimentício, na cor Marrocos, após exposição ao intemperismo natural.



(Fonte: autora)

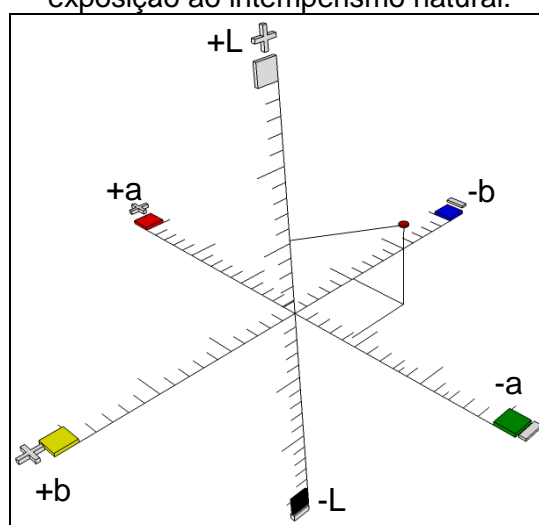
Figura 60 – Diferença da cor da amostra de substrato cerâmico, na cor Marrocos, após exposição ao intemperismo natural.



(Fonte: autora)

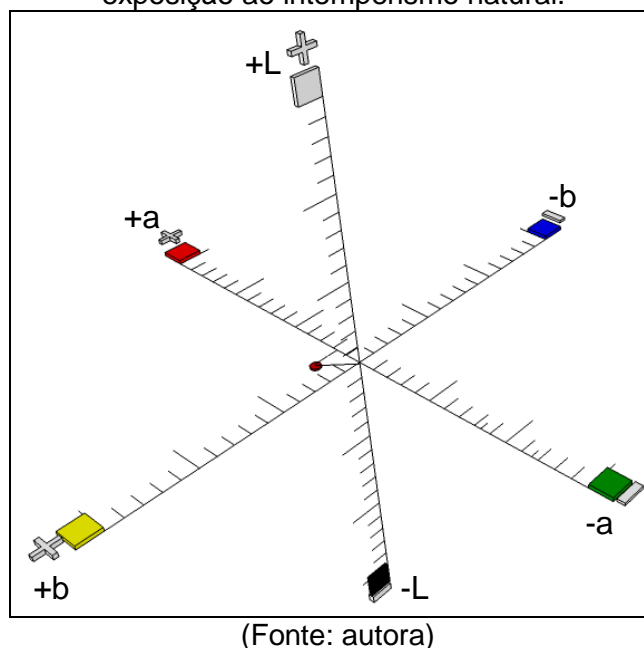
As amostras de cor **Cerâmica** foram as que demonstraram maior distinção em seus resultados, podendo dizer que estes foram completamente opostos. A peça com substrato cimentício apresentou grande alteração em sua cor, obtendo um aumento expressivo da cor branca e um acréscimo das tonalidades verde e azul. Já a amostra de substrato cerâmico, demonstrou alteração mínima no final do período de exposição, com um ganho pequeno de cor preta (diminuindo sua luminosidade) e um acréscimo elementar das tonalidades vermelha e amarela, como mostram as Figuras 61 e 62.

Figura 61 – Diferença da cor da amostra de substrato cimentício, na cor Cerâmica, após exposição ao intemperismo natural.



(Fonte: autora)

Figura 62 – Diferença da cor da amostra de substrato cerâmico, na cor Cerâmica, após exposição ao intemperismo natural.



Estes gráficos de colorimetria mostram o resultado verificado ao final do período de exposição – após quatro meses. Contudo, a cada mês do período de exposição foram feitas medições, e registrados os dados de diferença de cor. Analisando a tabulação dos dados, referente ao sistema CMC⁵¹, é possível verificar que as amostras com pigmentação inorgânica, demonstraram uma modificação maior na cor antes do último registro, ou seja, ao final, elas obtiveram um valor menor na alteração da cor, sinalizando uma estabilização no decorrer do tempo. Esta estabilização não constitui uma paralisação nas mudanças de cor, porém a velocidade com que estas ocorrem diminui.

Nas peças com substrato cimentício as duas cores com pigmentação inorgânica diminuíram seus valores no final do teste. Já nas peças com substrato cerâmico a amostra de cor Cerâmica foi a única que registrou esta diminuição, como mostram as Tabelas 44 e 45 e os Gráficos 1 e 2.

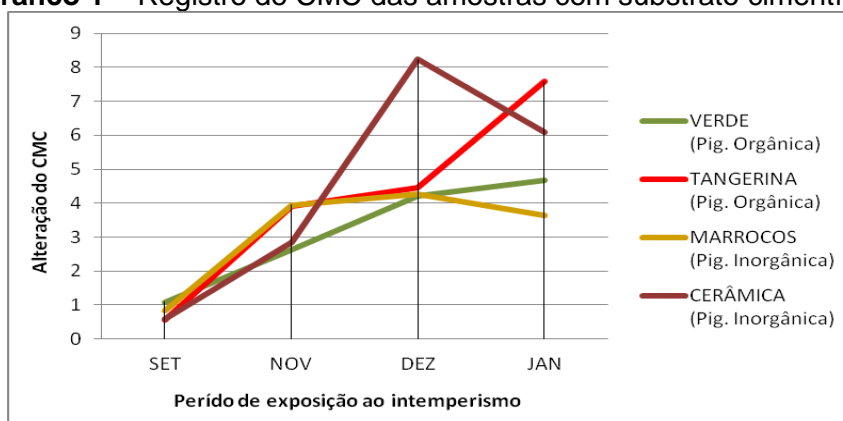
⁵¹ Como já mencionado anteriormente neste trabalho, na colorimetria o sistema CMC possibilita a diferença absoluta da luminosidade (que compõe as coordenadas “preto-branco” – L^*), da saturação (que compõe as coordenadas “vermelho-verde”, “azul-amarelo” – a^* e b^*) e do ângulo de tonalidade (h°), sendo, portanto, a soma dos resultados cromáticos obtidos entre amostra e padrão. (BERNARDIN; RIELLA, 2013)

Tabela 44 – Registro do CMC das amostras com substrato cimentício.

REGISTROS DO CMC DAS AMOSTRAS COM SUBSTRATO CIMENTÍCIO				
AMOSTRAS	SET	NOV	DEZ	JAN
VERDE (Pig. Orgânica)	1,09	2,64	4,2	4,67
TANGERINA (Pig. Orgânica)	0,56	3,92	4,46	7,58
MARROCOS (Pig. Inorgânica)	0,84	3,95	4,26	3,65
CERÂMICA (Pig. Inorgânica)	0,6	2,84	8,24	6,09

(Fonte: autora)

Gráfico 1 – Registro do CMC das amostras com substrato cimentício.



(Fonte: autora)

Nas peças de substrato cimentício, é possível observar diferentes picos na alteração da cor das amostras, de modo que algumas demonstraram maior alteração nos meses que registraram maior índice de chuva, enquanto que outra demonstrou grande descoloração no mês com maior radiação solar.

No mês de novembro houve uma queda substancial na temperatura média⁵², e um aumento considerável da umidade relativa do ar. Neste, verificou-se uma alteração maior da cor nas amostras Tangerina e Marrocos.

O mês de dezembro foi o que obteve maior incidência da radiação solar, resultando em um pico máximo na alteração da amostra de cor Cerâmica.

A amostra de cor Tangerina evidenciou forte alteração nos meses de novembro e janeiro, cuja precipitação de chuva alcançou os índices mais altos.

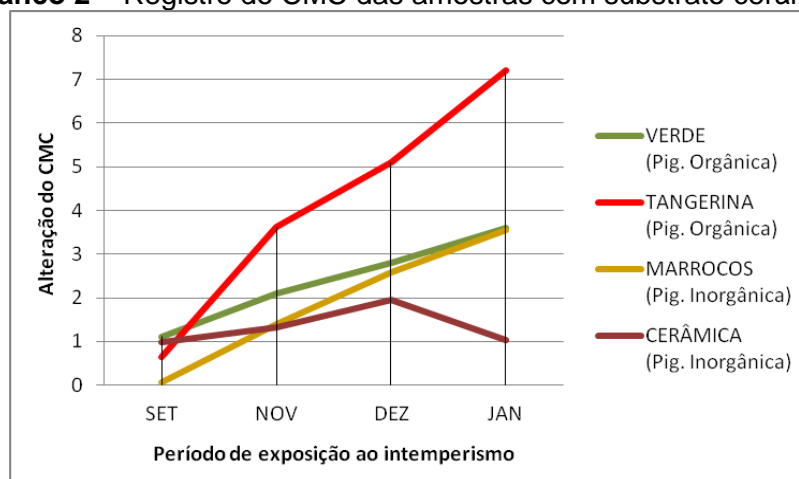
⁵² Os dados climáticos estão disponíveis no Anexo A.

Tabela 45 – Registro do CMC das amostras com substrato cerâmico.

REGISTROS DO CMC - cerâmica				
AMOSTRAS	SET	NOV	DEZ	JAN
VERDE (Pig. Orgânica)	1,11	2,1	2,81	3,6
TANGERINA (Pig. Orgânica)	0,65	3,61	5,09	7,2
MARROCOS (Pig. Inorgânica)	0,07	1,39	2,59	3,56
CERÂMICA (Pig. Inorgânica)	0,99	1,32	1,96	1,02

(Fonte: autora)

Gráfico 2 – Registro do CMC das amostras com substrato cerâmico.



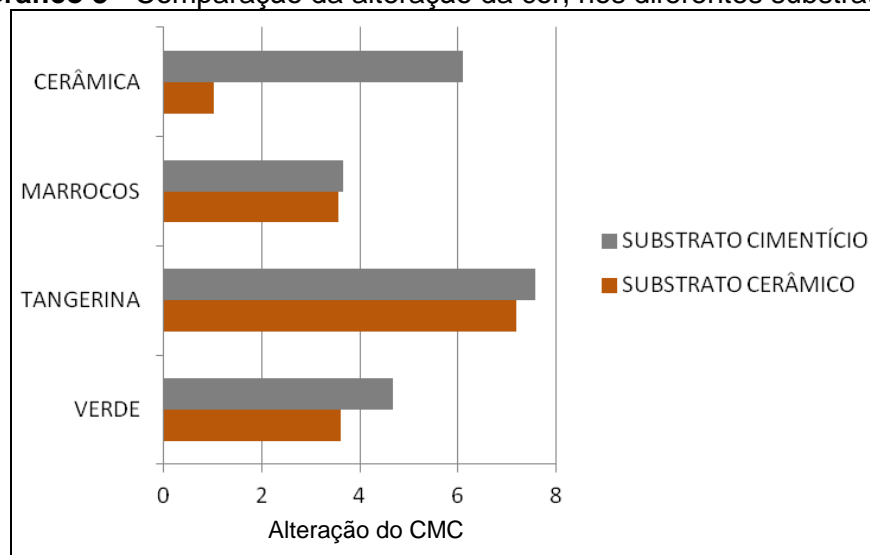
(Fonte: autora)

As amostras de substrato cerâmico obtiveram uma progressão mais estável na mudança de coloração, com exceção da peça de cor Cerâmica, que mostrou uma regressão no mês de janeiro.

As amostras, com substrato cerâmico de cor Verde e Marrocos demonstraram uma progressão constante na modificação da cor. Já a amostra de cor Tangerina mostrou um avanço do efeito cromático no mês de janeiro, enquanto que a amostra de cor Cerâmica manifestou uma diminuição na mudança de tonalidade. Este mês foi caracterizado por alto índice de radiação solar e pouca chuva, tendo pouca discrepância dos dados climáticos dos meses anteriores.

Buscando verificar as alterações entre os efeitos cromáticos dos diferentes substratos, desenvolveu-se o Gráfico 3, que mostra o progresso da alteração de cor nas amostras de substratos cerâmico e cimentício, visando uma comparação entre estas.

Gráfico 3 - Comparação da alteração da cor, nos diferentes substratos.



(Fonte: autora)

Verifica-se que o substrato que mais apresentou alteração na cor da pintura foi o cimentício, especialmente, nas peças de cor Cerâmica e Tangerina.

As amostras de mesma cor que sinalizaram uma discrepância maior na mudança da cor, de cada substrato, foi a de cor Cerâmica e Verde, de modo que as cores Marrocos e Tangerina apresentaram maior similaridade no efeito da cor dos substratos utilizados – cimentício e cerâmico.

7.3. REFLETÂNCIA E ABSORTÂNCIA

Neste trabalho foi medida a refletância e a absorvância de cada amostra padrão e de cada amostra exposta ao intemperismo, a fim de verificar uma possível variação destas variáveis durante a vida útil dos revestimentos de pintura – fato que pode acarretar na perda do desempenho térmico de uma edificação.

Como já mencionado anteriormente neste trabalho, a absorvância constitui a fração da radiação absorvida pela superfície, enquanto que a refletância é a parte da radiação que é refletida.

Visto que a radiação solar possui uma carga térmica, pode-se dizer que quanto maior for a absorvância de uma superfície, maior será o aumento da temperatura deste plano e, conseqüentemente, esta temperatura será transmitida para o ambiente interno de uma edificação, ocasionando a diminuição do conforto térmico.

A peça que obteve maior alteração destas variáveis durante o tempo de exposição foi a amostra de cor Marrocos, com substrato cerâmico, de modo que a peça exposta ao intemperismo natural apresentou uma diminuição de aproximadamente 50% em sua absorvância. Já a amostra de mesma cor, com substrato cimentício apresentou um aumento insignificante da absorvância, se comparado à amostra padrão.

A amostra de cor verde, com substrato cimentício não obteve alteração. Já a peça de mesma cor, com substrato cerâmico, apresentou um pequeno aumento da absorvância na amostra exposta ao intemperismo natural.

Todas as amostras de cor Tangerina, expostas ao intemperismo natural, apresentaram uma pequena diminuição na absorvância.

As amostras de cor Cerâmica apresentaram resultados contrários em seus substratos, sendo que a peça com substrato cerâmico, exposta ao intemperismo, apresentou um pequeno aumento na absorvância, enquanto que a peça com substrato cimentício apresentou uma diminuição nesta variável.

Os resultados podem ser conferidos na Tabela 46 e nos Gráficos 4 a 7.

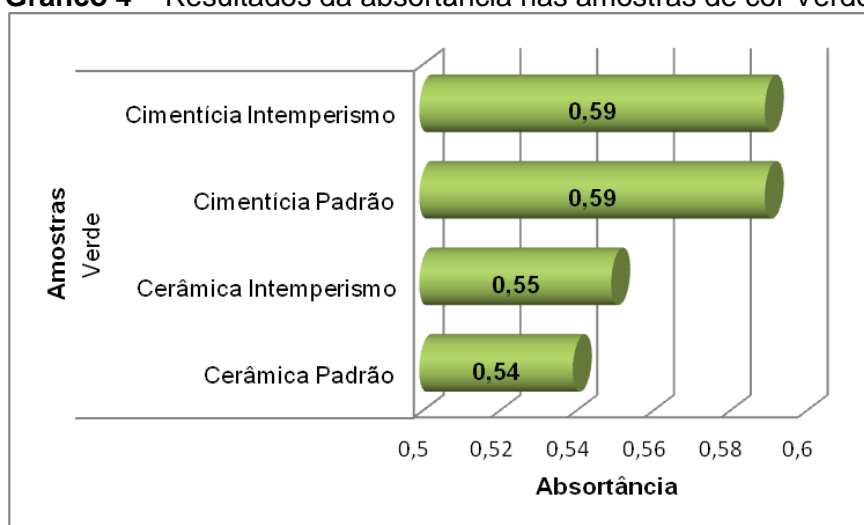
No Apêndice D pode-se conferir os gráficos de refletância, obtidos após a medição no Alta II Reflectance Spectrometer.

Tabela 46 – Resultados da refletância e absorvância das amostras.

Amostra	Data da medição	Amostra	Refletância	Absortância
			ρ	α
Verde	08/janeiro/2013	Cerâmica Padrão	0,46	0,54
	08/janeiro/2013	Cerâmica Intemperismo	0,45	0,55
	08/janeiro/2013	Cimentícia Padrão	0,41	0,59
	08/janeiro/2013	Cimentícia Intemperismo	0,41	0,59
Tangerina	08/janeiro/2013	Cerâmica Padrão	0,4	0,6
	08/janeiro/2013	Cerâmica Intemperismo	0,43	0,57
	08/janeiro/2013	Cimentícia Padrão	0,44	0,56
	08/janeiro/2013	Cimentícia Intemperismo	0,45	0,55
Marrocos	08/janeiro/2013	Cerâmica Padrão	0,32	0,68
	08/janeiro/2013	Cerâmica Intemperismo	0,67	0,33
	08/janeiro/2013	Cimentícia Padrão	0,33	0,67
	08/janeiro/2013	Cimentícia Intemperismo	0,31	0,69
Cerâmica	15/janeiro/2013	Cerâmica Padrão	0,24	0,76
	15/janeiro/2013	Cerâmica Intemperismo	0,22	0,78
	15/janeiro/2013	Cimentícia Padrão	0,26	0,74
	15/janeiro/2013	Cimentícia Intemperismo	0,28	0,72

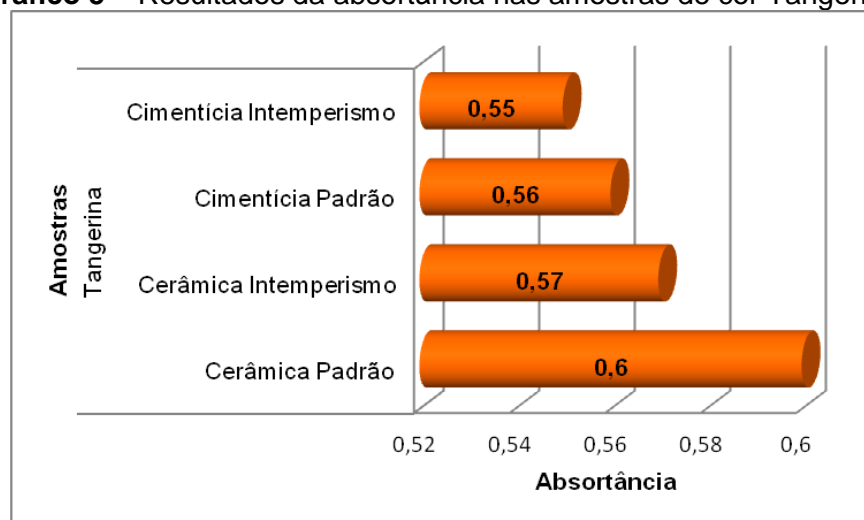
(Fonte: autora)

Gráfico 4 – Resultados da absorvância nas amostras de cor Verde.



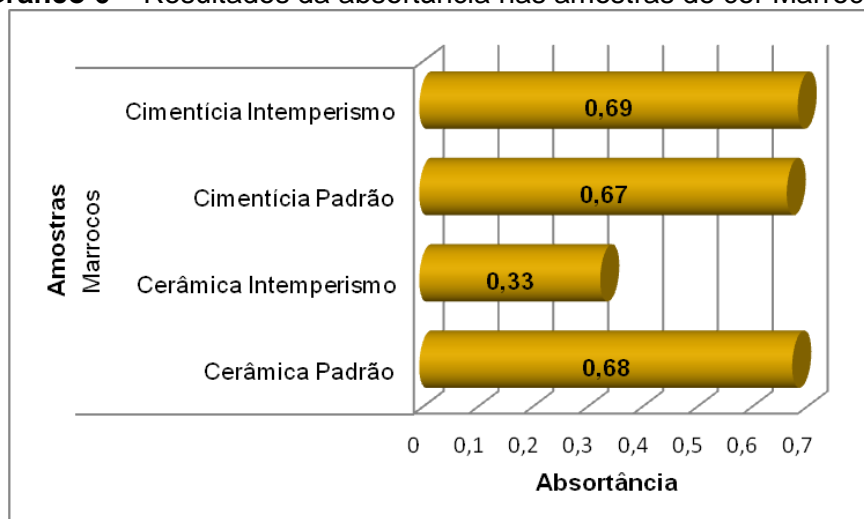
(Fonte: autora)

Gráfico 5 – Resultados da absorvância nas amostras de cor Tangerina.



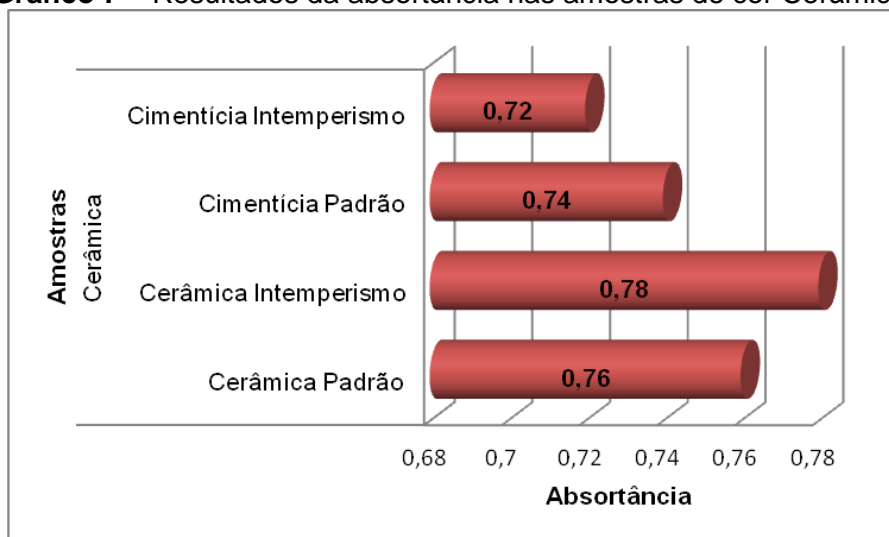
(Fonte: autora)

Gráfico 6 – Resultados da absorvância nas amostras de cor Marrocos.



(Fonte: autora)

Gráfico 7 – Resultados da absorvância nas amostras de cor Cerâmica.







(Fonte: autora)

7.4. LAVABILIDADE





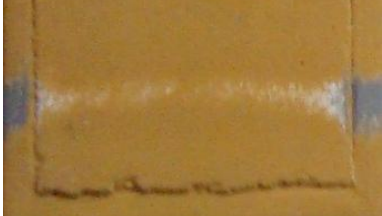

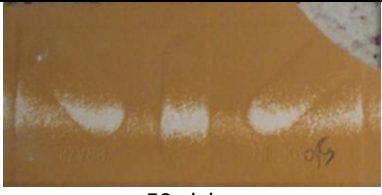





Os resultados do teste de lavabilidade apresentaram-se imprevistos, visto que todas as amostras submetidas ao intemperismo natural demonstraram maior resistência à abrasão do que as amostras padrões. Algumas amostras, após exposição, apresentaram a mesma resistência das tintas de classificação Premium, com mais de 100 ciclos, como mostram as Tabelas 47 e 48.

Tabela 47 – Resultados da resistência a abrasão.

Amostras	Padrão	Amostra exposta ao intemperismo
Verde com substrato cimentício	 90 ciclos	 145 ciclos
Verde com substrato cerâmico	 84 ciclos	 100 ciclos

(Fonte: autora)

Tabela 48 – Resultados da resistência a abrasão (continuação).

Amostras	Padrão	Amostra exposta ao intemperismo
Tangerina com substrato cimentício	 89 ciclos	 160 ciclos
Tangerina com substrato cerâmico	 70 ciclos	 85 ciclos
Marrocos com substrato cimentício	 80 ciclos	 150 ciclos
Marrocos com substrato cerâmico	 56 ciclos	 67 ciclos
Cerâmica com substrato cimentício	 80 ciclos	 135 ciclos
Cerâmica com substrato cerâmico	 40 ciclos	 60 ciclos


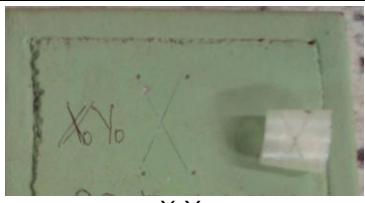
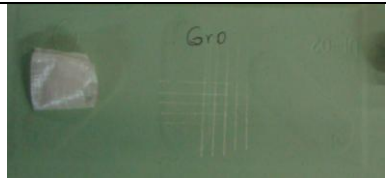
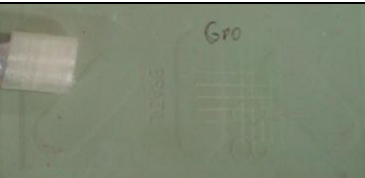

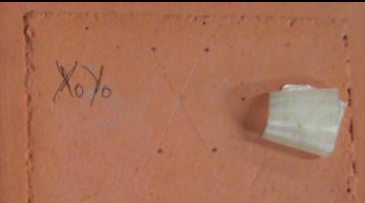
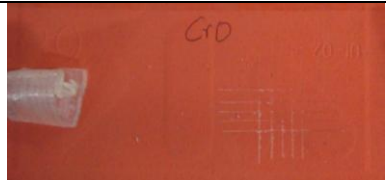
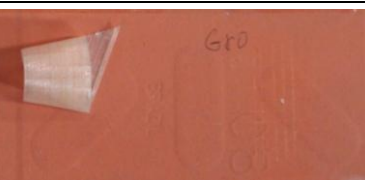
* A impressão pode não reproduzir fielmente a cor real das amostras.

(Fonte: autora)

7.5. ADERÊNCIA

A aderência das tintas analisadas apresentou resultados distintos, visto que as amostras cerâmicas não apresentaram nenhum destacamento ao longo das incisões e três das peças de substrato cimentício apresentaram destacamento de 1 a 2mm na interseção e ao longo das incisões⁵³, como mostram as tabelas 49 e 50.




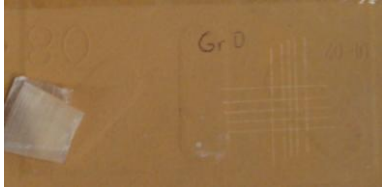

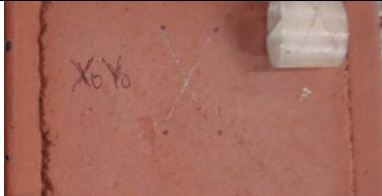
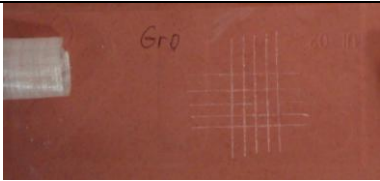

Tabela 49 – Resultados da aderência.

Amostras	Padrão	Amostra exposta ao intemperismo
Verde com substrato cimentício	 X ₂ Y ₂	 X ₀ Y ₀
Verde com substrato cerâmico	 Gr ₀	 Gr ₀
Tangerina com substrato cimentício	 X ₁ Y ₁	 X ₀ Y ₀
Tangerina com substrato cerâmico	 Gr ₀	 Gr ₀

(Fonte: autora)

⁵³ Ver classificação de aderência no Anexo B, quanto aos destacamentos.

Tabela 50 – Resultados da aderência (continuação).

Amostras	Padrão	Amostra exposta ao intemperismo
Marrocos com substrato cimentício	 X ₀ Y ₀	 X ₀ Y ₀
Marrocos com substrato cerâmico	 Gr ₀	 Gr ₀
Cerâmica com substrato cimentício	 X ₁ Y ₁	 X ₀ Y ₀
Cerâmica com substrato cerâmico	 Gr ₀	 Gr ₀

*A impressão pode não reproduzir fielmente a cor real das amostras.
 *Para compreender a nomenclatura X₁Y₁ e Gr₀, veja a classificação dos destacamentos no Anexo B deste trabalho.

(Fonte: autora)

8. ANÁLISE E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Na pesquisa experimental desenvolvida neste trabalho foi possível verificar uma mudança rápida no comportamento do sistema de revestimento em pintura, especialmente na função estética deste sistema.

A mudança de cor e a perda do brilho foram constatadas em quase todas as peças, principalmente, nas amostras com substrato cimentício.

Nas amostras de base cimentícia foi verificada a eflorescência, uma patologia caracterizada pela perda do brilho e pelo surgimento de manchas esbranquiçadas, devido aos sais solúveis presentes na base cimentícia, em contato com a água. Isto indica a influência que o substrato exerce sobre o desempenho do revestimento de pintura. Esta patologia pode ser verificada, especialmente nas peças de cores Cerâmica e Tangerina.

Verifica-se que a diferença da porosidade dos substratos é um dos fatores que influencia no comportamento do revestimento. Quanto mais poroso for o substrato, mais ele irá absorver o veículo (resina) da tinta, restando maior quantidade de pigmentos e cargas, de forma pulverulenta⁵⁴. (ILIESCU, 2007) Desta forma, a dispersão dos pigmentos ocorrerá de maneira instável, possibilitando maior manifestação da mudança de cor, bem como o destacamento da pintura.

Verificou-se, ainda, uma pequena perda de aderência (entre 1mm e 2mm) nas amostras de substrato cimentício, sendo que nas amostras de base cerâmica não houve destacamento.

Com relação ao requisito estético do sistema de revestimento de pintura, foi constatada maior alteração da cor nas amostras com substrato cimentício do que nas amostras com substrato cerâmico, com exceção da amostra de cor Tangerina que apresentou maior alteração na amostra de base cerâmica.

A peça de cor Verde com substrato cimentício apresentou, em média, 1,5% a mais de alteração na cor do que na peça de substrato cerâmico. A amostra de cor Marrocos de base cimentícia obteve aproximadamente 2% a mais na alteração de cor do que na de base cerâmica. Já a peça de cor Cerâmica apresentou bastante diferença entre os diferentes substratos, alcançando um

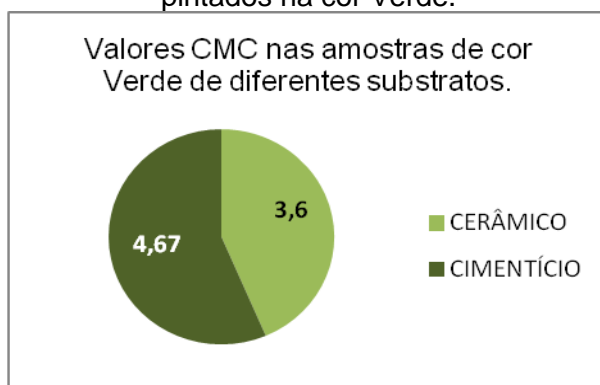
⁵⁴ Pulverulência indica esfarelamento do material.

valor maior – perto de 10% a mais na mudança de cor – se comparado com a peça de substrato cerâmico.

A peça de cor Tangerina com substrato cerâmico apresentou, aproximadamente, 1% a mais de alteração de cor, se comparado com a peça cimentícia.

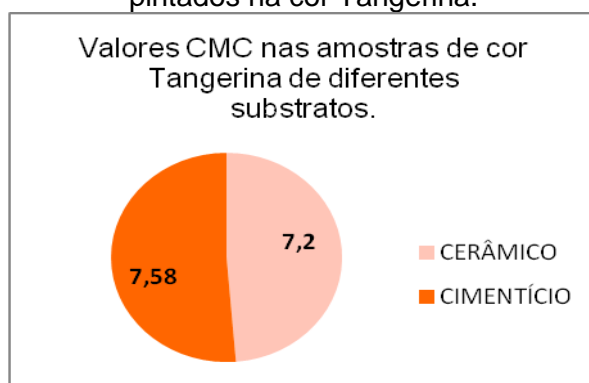
Os Gráficos de 8 a 11 mostram os resultados das variáveis CMC⁵⁵ nas amostras, apresentando a colorimetria nos diferentes substratos, pintados com a mesma cor.

Gráficos 8 – Resultado dos valores CMC nas amostras de diferentes substratos, pintados na cor Verde.



(Fonte: autora)

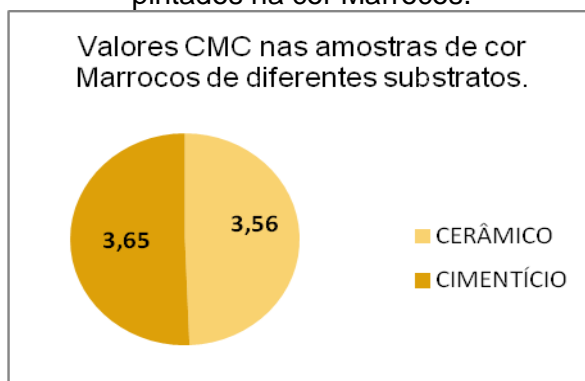
Gráficos 9 – Resultado dos valores CMC nas amostras de diferentes substratos, pintados na cor Tangerina.



(Fonte: autora)

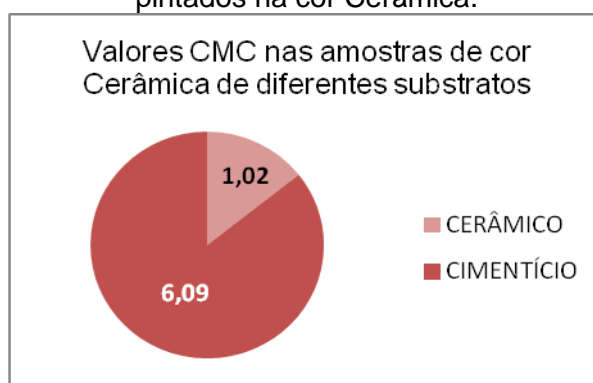
⁵⁵ O valor CMC constitui a diferença absoluta da luminosidade (que compõe as coordenadas “preto-branco” – L*), da saturação (que compõe as coordenadas “vermelho-verde”, “azul-amarelo” – a* e b*) e do ângulo de tonalidade (h°). Em síntese, o sistema CMC é a soma dos resultados cromáticos obtidos entre amostra e padrão. (BERNARDIN; RIELLA, 2013).

Gráficos 10 – Resultado dos valores CMC nas amostras de diferentes substratos, pintados na cor Marrocos.



(Fonte: autora)

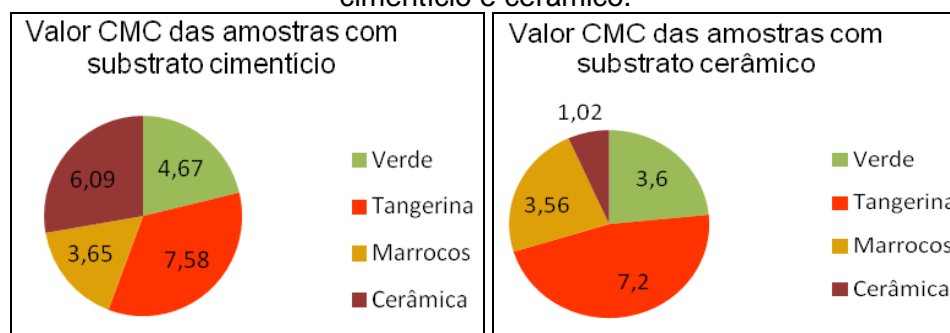
Gráficos 11 – Resultado dos valores CMC nas amostras de diferentes substratos, pintados na cor Cerâmica.



(Fonte: autora)

Os Gráficos 12 e 13 mostram os resultados da variável CMC nas amostras de substrato cerâmico e cimentício, com os respectivos valores, obtidos no equipamento Espectrofotômetro.

Gráficos 12 e 13 – Resultado dos valores de CMC nas amostras com substrato cimentício e cerâmico.



(Fonte: autora)

Na análise de aderência, as amostras de base cerâmica não sinalizaram destacamento, demonstrando bom desempenho quanto a este requisito. Já as

peças de substrato cimentício apresentaram destacamentos entre 1mm e 2mm, o que reforça a influência do substrato sobre a pintura.

Quanto à análise de absorção, foram verificadas poucas modificações nas amostras, com exceção da amostra de substrato cerâmico, de cor Marrocos. Esta obteve um aumento no seu desempenho térmico em torno de 50%, passando de 0,68 para 0,33 seu índice de absorção. Visto isso, julga-se necessário e importante a análise da absorção em um método que visa a previsão da vida útil e do desempenho de uma edificação.

Quanto ao resultado do teste de lavabilidade, verificou-se que as amostras padrão obtiveram menor resistência à abrasão do que as amostras que ficaram expostas ao intemperismo. Após a pintura das amostras, estas ficaram em repouso sobre a bancada de experimentos durante quatro horas – tempo de secagem. Após este período, oito amostras padrão foram guardadas em um armário escuro e as outras oito amostras foram expostas ao intemperismo. Supõe-se que o resultado do teste de lavabilidade possa ter ocorrido devido ao tempo de secagem insuficiente de quatro horas e as condições distintas em que as amostras continuaram seu processo de formação do filme. As amostras que ficaram guardadas no armário levaram um tempo maior para a formação do filme, diferente das amostras que ficaram expostas ao intemperismo.

A Tabela 51 mostra a síntese dos resultados obtidos após a pesquisa experimental.

Tabela 51 – Todos os resultados obtidos na pesquisa experimental.

Amostras	Alteração da Cor (CMC)				Alteração da Cor (CMC)				Lavabilidade (resistência à abrasão)			
	Substrato cerâmico				Substrato cimentício				Substrato cimentício		Substrato cerâmico	
	Comparação da amostra padrão com a amostra exposta ao intemperismo								Amostra Padrão	Amostra exposta ao intemperismo	Amostra Padrão	Amostra exposta ao intemperismo
cor	27 de set	22 de nov	17 de dez	07 de jan	27 de set	22 de nov	17 de dez	07 de jan	n° de ciclos			
Verde	1,1	2,1	2,81	3,6	1,09	2,64	4,2	4,67	90	145	84	100
Tangerina	0,65	3,61	5,09	7,2	0,56	3,92	4,46	7,58	89	160	70	85
Marrocos	0,07	1,39	2,59	3,56	0,84	3,95	4,26	3,65	80	150	56	67
Cerâmica	0,99	1,32	1,96	1,02	0,6	2,84	8,24	6,09	80	135	40	60
Amostras	Aderência				Absortância							
	Substrato cimentício		Substrato cerâmico		Substrato cimentício		Substrato cerâmico					
	Amostra Padrão	Amostra exposta ao intemperismo	Amostra Padrão	Amostra exposta ao intemperismo	Amostra Padrão	Amostra exposta ao intemperismo	Amostra Padrão	Amostra exposta ao intemperismo				
cor	Destacamento				Destacamento							
Verde	X2Y2	X0Y0	Gr0	Gr0	0,59	0,59	0,54	0,55				
Tangerina	X1Y1	X0Y0	Gr0	Gr0	0,56	0,55	0,6	0,57				
Marrocos	X0Y0	X0Y0	Gr0	Gr0	0,67	0,69	0,68	0,33				
Cerâmica	X1Y1	X0Y0	Gr0	Gr0	0,74	0,72	0,76	0,78				

(Fonte: Autora)

9. CONCLUSÃO

O presente trabalho buscou revelar a complexidade do método de planejamento da vida útil, para o atendimento da Norma de Desempenho – NBR 15575 (ABNT: 2012).

Sobre a abordagem da Norma de Desempenho (NBR 15575), verifica-se uma insuficiência quanto às prescrições do requisito de durabilidade e vida útil. A norma estabelece a vida útil mínima de cada sistema construtivo, e menciona de maneira sintética métodos que podem ser aplicados, no entanto, não faz uma descrição dos mesmos, para que haja o atendimento efetivo deste requisito.

A NBR 15575 (ABNT:2012), menciona que na falta de normas nacionais, podem ser utilizadas normas internacionais relativas à previsão da vida útil, e recomenda a norma ISO 15686⁵⁶ como referência para a aplicação do método. Contudo, isto dificulta, de maneira significativa, o atendimento da Norma de Desempenho, visto que além da dificuldade que muitos profissionais do mercado terão de ler a norma internacional – devido à distinção da língua inglesa e a sua amplitude – há a complexidade da aplicação do método em si, que requer tempo, a interpretação correta de dados, o conhecimento de métodos estatísticos (em alguns casos), dentre outras abordagens que norteiam o planejamento da vida útil e que não estão presentes na Norma de Desempenho.

A NBR 15575 (ABNT:2012) cita que o projetista deve determinar um prazo mínimo de garantia para cada sistema de uma edificação. Para sistemas de revestimento de pintura, a norma menciona que é necessário garantir no mínimo dois anos, para que a pintura não tenha empolamento, descascamento, esfarelamento, alteração da cor ou deterioração do acabamento. No entanto, o presente trabalho conclui que não é possível atender a esta exigência, visto que a partir da aplicação do revestimento, a pintura já começa a sofrer modificações em sua cor, bem como já se inicia o seu processo de degradação.

A norma brasileira menciona ainda que a vida útil mínima de uma pintura em fachada deve ser de oito anos. No entanto, ela não descreve uma consideração sobre os diferentes tipos de pintura – quanto à sua composição e qualidade – bem como quanto ao local em que a edificação estará exposta. Além disso, é

⁵⁶ Norma internacional de Planejamento da Vida Útil para Bens Construídos.

necessário considerar a solicitação de maior importância para o cliente, antes de estimar a vida útil.

Caso a função estética seja de grande relevância para o cliente, faz-se necessário que o profissional busque o máximo de conhecimento sobre as tintas. Antes de especificar o produto em projeto, o arquiteto/projetista deve conhecer a composição da tinta optando, por exemplo, pelas que tenham quantidade maior de pigmentos específicos, que contribuem para a estabilidade da cor – como o dióxido de titânio – para que a mudança de cor ocorra de maneira mais lenta e a função estética, portanto, seja preservada.

Outra ação de grande relevância é saber especificar de maneira correta o sistema de revestimento de pintura para o substrato, cujo sistema de vedação será composto. Para o alcance de uma vida útil mínima, é necessário saber que o substrato possui grande influência sobre o processo de degradação da pintura, necessitando, portanto, de grande atenção sobre esta questão.

O método de planejamento da vida útil vem ganhando destaque no mercado da construção civil brasileira, através da NBR 15575 (ABNT:2012), que teve sua última versão publicada recentemente. Este método, aplicado nos componentes e sistemas construtivos, em fase de planejamento, possibilita a visualização de problemas futuros, as necessidades de manutenções e ainda, facilita a mensuração do custo global de um imóvel.

Carece-se de atentar para a seriedade de o projetista buscar um conhecimento maior sobre a compatibilidade de técnicas e materiais, bem como despender um cuidado maior sobre o projeto. As patologias ocasionadas nos revestimentos de pintura e em outros sistemas, em grande parte, são causados pela não-conformidade de projeto e execução, pela falta de especificação correta dos materiais e pela incompatibilidade dos mesmos.

A implantação desfavorável de uma edificação, com pouco aproveitamento da ventilação natural, e a especificação de uma tinta de qualidade inferior na fachada mais ensolarada são fatores determinantes para o aceleração da degradação.

Visto isso, é de suma importância o aperfeiçoamento de métodos, que possibilitem conhecer o processo funcional e estético de um sistema a ser empregado em uma construção. Tendo o domínio sobre o comportamento do

mesmo, é possível buscar melhorias, ainda na fase de planejamento, evitando desperdícios, o aumento dos custos, a minimização das intervenções no momento da obra e o aumento da vida útil.

10. TRABALHOS FUTUROS

Espera-se dar continuidade a esta linha de pesquisa em futuros trabalhos.

Há o interesse em desenvolver um trabalho referente ao estudo de absorção em substratos específicos, a fim de verificar a influência dos mesmos sobre o processo de degradação em revestimentos de pintura. A ideia seria preparar amostras de mesmo substrato com dosagens distintas dos elementos de composição, a fim de avaliar a influência que cada componente exerce sobre a porosidade do material e sua relação com a vida útil do sistema de revestimento em pintura.

Há ainda grande interesse em desenvolver uma aplicação de uma metodologia de planejamento da vida útil em determinado sistema construtivo, de modo a alcançar uma vida útil estimada, com dados quantitativos e tratamentos estatísticos. Para isso é necessário um tempo de pesquisa maior.

Enfim, busca-se um aperfeiçoamento profissional na área de Tecnologia, especialmente no planejamento da vida útil aplicada em sistemas construtivos, a fim de disseminar métodos para o atendimento da Norma de Desempenho (NBR 15575) quanto a este requisito.

11. REFERÊNCIAS

ABRAFATI; TESIS. Programa Setorial da Qualidade de Tintas Imobiliárias: resumo executivo do relatório setorial nº27. Janeiro/2010. Disponível em: <<http://www.abrafati.com.br/bnews3/images/multimedia/documentos/RS027A.pdf>> Acesso em 06 fev 2013.

ADOBE, Technical Guides. **Basic Color Theory for the Desktop**. Disponível em: <http://dba.med.sc.edu/price/irf/Adobe_tg/color/main.html> Acesso em 21 jan 2013.

ALVES, C. H. N.; CAMPOS, F. G. V.; NETTO, P. A. **Concretos e Argamassas com Microssílica**. Universidade Federal de Goiás. Goiânia: 1994.

ALVES, G. P. **Sistemas de Pintura em Edifícios Públicos de Maringá: Patologias, Processos, Execução e Recomendações**. Monografia (Especialização). Universidade Federal do Paraná. Maringá, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 15575: Desempenho de Edifícios Habitacionais de até Cinco Pavimentos*. Parte 1 a 6: Requisitos gerais. Rio de Janeiro: ABNT, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Projeto 02:135.07-001 – Desempenho térmico de edificações**. Parte 1: Definições, símbolos e unidades. Rio de Janeiro: ABNT, 2003.

BARIN, Daniel Sacchet. **Carbonatação e Absorção Capilar em Concretos de Cimento Portland Branco com Altos Teores de Adição de Escória de Alto Forno e Ativador Químico**. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria (RS), 2008.

BERNARDIN, A. M.; RIELLA, H. G. **Variação de Tonalidades em Placas Cerâmicas e Escalas Colorimétricas: CMC x CIELAB x CIELCH**. Cerâmica Industrial. 4 (1-6). Janeiro/Dezembro, 1999. Disponível em: <http://www.ceramicaindustrial.org.br/pdf/v04n16/v4n16_9.pdf> Acesso em 19 jan 2013.

BREITBACH, A. M. **Avaliação da influência das cores sobre a biodeterioração da pintura externa**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2009.

CAMARGOS, J. A. A.; GONÇALES, J. C. **A Colorimetria Aplicada como Instrumento na Elaboração de uma Tabela de Cores de Madeira**. Brasil Florestal. Nº71, setembro de 2011. Disponível em: <http://repositorio.bce.unb.br/bitstream/10482/10497/1/ARTIGO_ColorimetriaAplicadaInstrumento.pdf> Acesso em 19 jan 2013.

CARDOSO, A. P. M. **Procedimentos de Controlo da Qualidade de Trabalhos de Pinturas na Construção de Edifícios**. Dissertação de mestrado. Universidade do Porto. Portugal, 2009.

CEHOP – Companhia Estadual de Habitação e Obras Públicas. Disponível em <<http://187.17.2.135/orse/esp/ES00145.pdf>> Acesso em 12 jan 2013.)

CHAI, C.; BRITO, J.; SILVA, A.; GASPAR, P. L. **Previsão da vida útil de pinturas de paredes exteriores**. Engenharia Civil – Universidade do Minho. Número 41, 2011. Portugal. Disponível em: <<http://www.civil.uminho.pt/revista/n41/Pag51-63.pdf>> Acesso em 22 jan 2013.

CHAVES, A. M. V. A. **Patologia e Reabilitação de Revestimentos de Fachadas**. Dissertação de Mestrado. Universidade do Minho. Braga, Portugal. 2009.

CHOSTAKOVIS, Eduardo. **Teoria da Cor – uma visão técnica**. Disponível em: <<http://www.cromaster.com.br/Teoria/index.htm>> Acesso em 18 jan 2013.

CORTIZO, E. C. **Manual Técnico da Sudicap**. Belo Horizonte: UFMG. 1992.

CUNHA, A. O. **O Estudo da Tinta/Textura como Revestimento Externo em Substrato de Argamassa**. Monografia (especialização). Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Engenharia. Departamento de Engenharia de Materiais e Construções. 2011.

DICAS CIMFEL – Técnicas de pintura. Disponível em <<http://www.cimfel.com.br/manuais/pintint.pdf>> Acesso em 12 jan 2013.

DONADIO, A. P. **Manual Básico sobre Tintas**. Água Química, 2011. Disponível em: <http://www.aguaquimica.com/upload/tiny_mce/manual/manual_basico_sobre_tintas.pdf> Acesso em 11 de jan de 2013.

DONOSO, J. P. **Transferência de calor por radiação**. Universidade de São Paulo - Instituto de Física de São Carlos – IFSC. Disponível em: <http://www.ifsc.usp.br/~donoso/fisica_arquitetura/10_radiacao_termica.pdf> Acesso em 05 fev 2013.

DORNELLES, K. A.; RORIZ, M. **Métodos alternativos para identificar a absorvância solar de superfícies opacas**. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 7, n.3, p.109-127, jul./set. 2007.

FIGUEIREDO, P.; FIGUEIREDO, C.; AIRES-BARROS, L.; FLAMBÓ, A. **Contribuição para o Estudo Cromático das Rochas da Capela do Palácio da Bemposta**. Revista Proelium - Revista da Academia Militar, VI série Nº1, 2004, p. 161-178.

FONTANA, L. A. **Estudo da Cor**. Universidade Católica de Goiás. Disponível em: <<http://professor.ucg.br/siteDocente/admin/arquivosUpload/13949/material/ESTUDO%20DA%20COR.pdf>> Acesso em 05 fev 2013.

Fundamentos da colorimetria. Disponível em: <http://www2.dbd.puc-rio.br/pergamum/tesesabertas/0621484_09_cap_02.pdf> Acesso em 24 jan 2013.

G1 Triângulo Mineiro. **Professor de Uberlândia identifica vida útil de edificações**. Disponível em: <<http://g1.globo.com/minas-gerais/triangulo-mineiro/noticia/2012/01/professor-de-uberlandia-identifica-vida-util-de-edificacoes.html>> Acesso em 23 jan 2013.

GARRIDO, M. A. J. **Previsão da Vida Útil de Pinturas de Fachadas de Edifícios Antigos**: Metodologia baseada na inspeção de edifícios em serviço. Dissertação Mestrado. Universidade Técnicas de Lisboa. Instituto Superior Técnico. Lisboa, 2010.

GARRIDO, M. A.; PAULO, P. V.; BRANCOA, F. A. Service life prediction of façade paint coatings in old buildings. *Construction and Building Materials*, Lisboa, n. 29, p. 394-402, abr. 2011.

GIULIO, Gabriela Di. **Setor de tintas cresce, inova e foca na questão ambiental**. Inovação Uniemp, vol.3, n°.6, Campinas, Dec. 2007. Disponível em: <http://inovacao.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1808-23942007000600007&nrm=ISO> Acesso em 10 jan 2013.

Governo do Estado de São Paulo. **Tintas e Vernizes – Guia Técnico Ambiental Tintas e Vernizes** – serie P+L. São Paulo, 2006.

GONÇALVES, B. S. **As contribuições da linguística cognitiva para o estudo da cor no contexto dos cursos de Design**. Publicação no 9º Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Design. Universidade Anhembi Morumbi. São Paulo. 2010.

GUIMARÃES, L. **A cor como informação – a construção biofísica, linguística e cultural da simbologia das cores**. 3.ed. São Paulo: Annablume, 2004.

INMETRO. **PROGRAMA DE ANÁLISE DE PRODUTOS: RELATÓRIO SOBRE ANÁLISE EM TINTAS IMOBILIÁRIAS LÁTEX ECONÔMICAS**. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/consumidor/produtos/tintasImobiliarias.pdf>> Acesso em 29 jan 2013.

INTERNATIONAL STANDARD. *ISO 15686-1: Buildings and constructed assets — Service life planning. Part 1: General principles and framework*. Switzerland, 2011.

INTERNATIONAL STANDARD. *ISO 15686-1: Buildings and constructed assets — Service life planning. Part 2: Service life prediction procedures*. Switzerland, 2001.

INTERNATIONAL STANDARD. *ISO 15686-1: Buildings and constructed assets — Service life planning. Part 3: Performance audits and reviews*. Switzerland, 2002.

INTERNATIONAL STANDARD. *ISO 15686-1: Buildings and constructed assets — Service life planning. Part 5: Life-cycle costing*. Switzerland, 2008.

INTERNATIONAL STANDARD. *ISO 15686-1: Buildings and constructed assets — Service life planning. Part 6: Procedures for considering environmental impacts*. Switzerland, 2004.

INTERNATIONAL STANDARD. *ISO 15686-1: Buildings and constructed assets — Service life planning. Part 7: Performance evaluation for feedback of service life data from practice*. Switzerland, 2006.

INTERNATIONAL STANDARD. *ISO 15686-1: Buildings and constructed assets — Service life planning. Part 8: Reference service life and service-life estimation*. Switzerland, 2008.

INTERNATIONAL STANDARD. *ISO 15686-1: Buildings and constructed assets — Service life planning. Part 9: Guidance on assessment of service-life data*. Switzerland, 2008.

INTERNATIONAL STANDARD. *ISO 15686-1: Buildings and constructed assets — Service life planning. Part 10: When to assess functional performance*. Switzerland, 2010.

International Council for Research and Innovation in Building and Construction. Disponível em: <<http://www.cibworld.nl>> Acesso em: 27 Nov. 2010.

International Union of Laboratories and Experts in Construction Materials, Systems and Structures. Disponível em: <<http://www.rilem.net>> Acesso em: 27 Nov. 2010.

ILIESCU, M. **Diagnóstico das Patologias nas Edificações**. Disponível em: <<http://www.iliescu.com.br/palestras/diagnosticodaspatologiasnasedificacoes.pdf>> Acesso em 23 fev 2013.

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

JOHN, V. M. **Durabilidade, vida útil, desempenho e sustentabilidade**. Seminário Durabilidade e vida útil: responsabilidades e impactos sobre projeto, construção e manutenção de edifícios. SINDUSCON-DF, 2012. Disponível em: <<http://www.sinduscondf.org.br/arquivos/ApresentaoVanderleyJohn-Durabilidadevidautilesustentabilidade0.pdf>> Acesso em 20 fev 2013.

JOHN, V. M.; SATO, N. M. N. **Durabilidade de componentes da construção**. Coletânea Habitare – Construção e Meio Ambiente. V. 7. Porto Alegre, 2006. p 21-57.

KENNAMER, G.; BRICKS, B.; Augusta; Georgia; Frederic, J. **Understanding and Controlling Color: Maintaining Your Product's Image.** The standard in measuring color. Konica Minolta. 2011. Disponível em: <http://sensing.konicaminolta.com.br/wp-content/uploads/2011/05/clemsonbrick_Brochure02.pdf> Acesso em 31 jan 2013.

LOPES, C. **Anomalias dos Revestimentos por Pintura – Paredes Exteriores:** técnicas de inspeção e avaliação estrutural. Construlink Press. 2004.

MARTIN, J.M; SAUNDERS, S.C; FLOYD, F. L; WINEBURG, J. P; **Methodologies for Predicting the Service Lives of Coating Systems.** Federation of Societies for Coatings Technology. Blue Bell, PA. USA: Federation Series Editors, 1996.

MILTON, E. J.; SCHAEPMAN, M. E.; ANDERSON, K.; KNEUBÜHLER, M.; FOX, N. **Progress in field spectroscopy.** Science Direct. 2007. p.18.

NETO, E. P. L. **Avaliação Técnica e Econômica do Segmento de Solventes Industriais.** Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola de Química. Rio de Janeiro, UFRJ/EQ, 2005.

NETO, J. C. P. F. **Proposta de Método para Investigação de Manifestações Patológicas em Sistemas de Pinturas Látex de Fachadas.** Trabalho publicado no XIV COBREAP – CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE AVALIAÇÕES E PERÍCIAS. IBAPE/BA. Salvador, 2007.

O OLHO HUMANO – ANATOMIA. Disponível em: <<http://www.laboratoriorigor.com.br/anatomia.html>> Acesso em 17 jan 2013

PEDROSA, Israel. **Da Cor a Cor Inexistente.** 10ed. Rio de Janeiro: SENAC Nacional, 2009. 256p.

SABBATINI, F. H. **O conceito de vida útil e sua aplicação na construção de edificações.** XV Congresso Brasileiro de Engenharia de Avaliações e Perícias. São Paulo, 2009. Disponível em: <<http://www.gt5.com.br/xvcobreap/doc/PalestrasPericias/Prazos%20de%20garantias%20Fernando%20Henrique%20Sabbatini.pdf>> Acesso em 23 jan 2013.

SANTANA, C. F.; OIWA, N. N.; COSTA, M. F.; TIEDEMANN, K. B.; SILVEIRA, L. C. L.; VENTURA, D. F. **Espaço de cores.** Psicologia USP vol.17 n°.4. São Paulo, Dec. 2006. *On-line version* ISSN 1678-5177. Disponível em: <http://www.revistasusp.sibi.usp.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1678-51772006000400003&lng=en&nrm=ISO> Acesso em 24 jan 2013.

SILVA, J. M.; UEMOTO, K. L. **Caracterização de tintas látex para construção civil: diagnóstico do mercado do estado de São Paulo.** Boletim Técnico. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2005.

SJÖSTRÖM, C. *Durability of Building Materials e Components.* Volume one: prediction, degradation e materials. London: E&F N Spon, 1996. 1433p.

SJOSTROM, C; LACASSE, M.A. *Recent advances in methods for service life prediction of building materials and components – an overview*. A version of this document is published in: Proceedings of the CIB World Building Congress, Toronto, Ontario, May 2, 2004, pp. 1-10.

SOUZA, M. F. **Patologias Ocasionadas pela Umidade nas Edificações**. Monografia (Especialização Latu Sensu). Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Engenharia. Belo Horizonte, 2008.

TINTAS CORAL. **Manual de Pintura Imobiliária**. 1994.

UEMOTO, Kai Loh. **Projeto, execução e inspeção de pinturas**. 2ªed. São Paulo: O Nome da Rosa, 2005. 111 p. (Primeiros passos da qualidade no canteiro de obras)

UEMOTO, K. L. **Tintas na Construção Civil**. IBRACON – Instituto Brasileiro do Concreto. Apresentação em Power Point desenvolvida com base no livro *Materiais de Construção Civil*. Organizador/Editor: Geraldo C. Isaia.

UEMOTO, K. L. **Tintas para Edificações - Durabilidade/ Falhas**. Apresentação em Power Point. Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. São Paulo, 2012.

X-RITE. **The Color Guide and Glossary** - Communication, measurement, and control for Digital Imaging and Graphic Arts. Disponível em: <http://www.xrite.com/documents/literature/en/L11-029_color_guide_en.pdf> Acesso em 21 jan 2013

Disponível em: <http://www.abrafati.com.br/bn_conteudo_secao.asp?opr=88> Acesso em 10 jan 2013.

APÊNDICES

APÊNDICE A

Neste apêndice estão disponíveis as medições realizadas pela autora.

Os dados coletados do INMET são da estação automática de meteorologia presente no bairro da Pampulha, em Belo Horizonte. Esta foi escolhida por ser a estação mais próxima do local de exposição das amostras.

Tabela 1 – Medições de dados climáticos medidos pela autora.

26 de setembro de 2012			
TERMOHIGROANEMÔMETRO			
HORARIO	TEMPERATURA (°C)	VENTO (m/s)	UMIDADE (%)
14:47	26	0,66	32,3
15:32	24,5	0,46	33,3
16:00	24,7	0,38	32,5
16:36	24,4	0,43	32,2
17:06	21,6	0,7	40,1
Média total do dia	24,24	0,53	34,08
03 de dezembro de 2012			
TERMOHIGROANEMÔMETRO			
HORARIO	TEMPERATURA (°C)	VENTO (m/s)	UMIDADE (%)
09:00	26	0,25	57,7
09:30	30,3	47	48
10:00	32,2	42,2	43
10:30	34,5	1,5	42,5
11:00	30,3	0,67	48,5
Média total do dia	30,66	18,32	47,94
20 de dezembro de 2012			
TERMOHIGROANEMÔMETRO			
HORARIO	TEMPERATURA (°C)	VENTO (m/s)	UMIDADE (%)
09:30	29,7	1,8	54
10:00	37	1,8	41,2
10:30	38	0,54	36
11:00	33	2,1	48,5
11:30	32	0,5	46,1
Média total do dia	33,94	1,35	45,16

(Fonte: autora)

APÊNDICE B

Abaixo segue a tabulação de dados dos resultados da medição de colorimetria das amostras, com a utilização do equipamento Espectrofotômetro Minolta, modelo CM-508i.

Tabela 1 – Resultados da colorimetria nas amostras com substrato cerâmico.

AMOSTRAS COM SUBSTRATO CERÂMICO																							
26 de setembro de 2012					22 de novembro de 2012					17 de dezembro de 2012					07 de janeiro de 2013								
AMOSTRAS SOB O INTERMPERISMO, EM AMBIENTE EXTERNO.					AMOSTRAS SOB O INTERMPERISMO, EM AMBIENTE EXTERNO.					AMOSTRAS SOB O INTERMPERISMO, EM AMBIENTE EXTERNO.					AMOSTRAS SOB O INTERMPERISMO, EM AMBIENTE EXTERNO.								
VERDE - com pigmentação orgânica					VERDE - com pigmentação orgânica					VERDE - com pigmentação orgânica					VERDE - com pigmentação orgânica								
	dl	da	db	de	de CMC		dl	da	db	de	de CMC		dl	da	db	de	de CMC		dl	da	db	de	de CMC
D	-1,35	0,63	0,21	1,51	1,11	D	0,11	3,95	-1,97	4,42	2,1	D	0,46	4,87	-2,74	5,6	2,81	D	0,68	5,86	-3,58	6,9	3,6
TANGERINA - com pigmentação orgânica					TANGERINA - com pigmentação orgânica					TANGERINA - com pigmentação orgânica					TANGERINA - com pigmentação orgânica								
	dl	da	db	de	de CMC		dl	da	db	de	de CMC		dl	da	db	de	de CMC		dl	da	db	de	de CMC
D	-0,52	-0,79	-0,81	1,25	0,65	D	1,44	-6,18	-4,7	7,9	3,61	D	2,14	-8,67	-6,05	10,79	5,09	D	2,77	-11,6	-8,41	14,59	7,2
MARROCOS - com pigmentação inorgânica					MARROCOS - com pigmentação inorgânica					MARROCOS - com pigmentação inorgânica					MARROCOS - com pigmentação inorgânica								
	dl	da	db	de	de CMC		dl	da	db	de	de CMC		dl	da	db	de	de CMC		dl	da	db	de	de CMC
D	-0,08	0,48	-0,17	0,52	0,07	D	-0,55	0	-3,03	3,08	1,39	D	-0,93	-1,3	-5,29	5,53	2,59	D	-1,56	-1,97	-7,15	7,58	3,56
CERÂMICA - com pigmentação inorgânica					CERÂMICA - com pigmentação inorgânica					CERÂMICA - com pigmentação inorgânica					CERÂMICA - com pigmentação inorgânica								
	dl	da	db	de	de CMC		dl	da	db	de	de CMC		dl	da	db	de	de CMC		dl	da	db	de	de CMC
D	-1,03	-0,11	-0,49	1,14	0,99	D	-0,87	-1,38	-1,33	2,11	1,32	D	-1,6	-1,66	-1,54	2,77	1,96	D	-0,01	1,73	1,05	2,02	1,02

(Fonte: autora)

Tabela 2 – Resultados da colorimetria nas amostras com substrato cimentício.

AMOSTRAS COM SUBSTRATO CIMENTÍCIO																							
26 de setembro de 2012					22 de novembro de 2012					17 de dezembro de 2012					08 de janeiro de 2012								
AMOSTRAS SOB O INTERMPERISMO, EM AMBIENTE EXTERNO.					AMOSTRAS SOB O INTERMPERISMO, EM AMBIENTE EXTERNO.					AMOSTRAS SOB O INTERMPERISMO, EM AMBIENTE EXTERNO.					AMOSTRAS SOB O INTERMPERISMO, EM AMBIENTE EXTERNO.								
TANGERINA - com pigmentação orgânica					TANGERINA - com pigmentação orgânica					TANGERINA - com pigmentação orgânica					TANGERINA - com pigmentação orgânica								
	dl	da	db	de	de CMC		dl	da	db	de	de CMC		dl	da	db	de	de CMC		dl	da	db	de	de CMC
D	-0,49	-0,28	-1,05	1,19	0,56	D	2,32	-5,47	-5,35	8	3,92	D	2,95	-6,81	-4,64	8,75	4,46	D	5,08	-10,12	-8,31	14,05	7,58
VERDE - com pigmentação orgânica					VERDE - com pigmentação orgânica					VERDE - com pigmentação orgânica					VERDE - com pigmentação orgânica								
	dl	da	db	de	de CMC		dl	da	db	de	de CMC		dl	da	db	de	de CMC		dl	da	db	de	de CMC
D	-0,09	1,6	-1,52	2,21	1,09	D	2,34	4,22	-1,43	5,03	2,64	D	3,6	5,83	-2,97	7,47	4,2	D	3,28	4,74	-5,1	7,69	4,67
MARROCOS - com pigmentação inorgânica					MARROCOS - com pigmentação inorgânica					MARROCOS - com pigmentação inorgânica					MARROCOS - com pigmentação inorgânica								
	dl	da	db	de	de CMC		dl	da	db	de	de CMC		dl	da	db	de	de CMC		dl	da	db	de	de CMC
D	0,22	-0,26	-1,85	1,88	0,84	D	3,56	-1,23	-5,64	6,78	3,95	D	2,44	-1,13	-7,77	8,22	4,26	D	2,21	-1,69	-8,41	8,86	3,65
CERÂMICA - com pigmentação inorgânica					CERÂMICA - com pigmentação inorgânica					CERÂMICA - com pigmentação inorgânica					CERÂMICA - com pigmentação inorgânica								
	dl	da	db	de	de CMC		dl	da	db	de	de CMC		dl	da	db	de	de CMC		dl	da	db	de	de CMC
D	-0,35	-0,63	-0,73	1,02	0,6	D	2,35	-2,16	-2,63	4,14	2,84	D	7,22	-4,99	-7,04	11,25	8,24	D	5,2	-4,32	-5,11	8,47	6,09

(Fonte: autora)

APÊNDICE C

Seguem abaixo as tabelas com os resultados obtidos durante as medições feitas no equipamento Alta II Reflectance Spectrometer, para a obtenção da refletância nas amostras.

Tabela 1 – Valores de cada espectro da amostra padrão, de cor verde, com substrato cerâmico.

(Fonte: autora)

AMOSTRA PADRÃO - BRANCA											
	Blue	Cyan	Green	Yellow	Orange	Red	Deep Red	Infrared 1	Infrared 2	Infrared 3	Infrared 4
1	740	751	721	703	755	741	778	785	690	712	602
2	741	750	724	708	760	750	781	793	698	713	597
3	729	741	720	700	755	743	779	790	689	705	596
4	780	801	777	772	813	799	827	844	757	769	647
5	733	743	718	705	755	745	778	797	694	708	598
6	726	740	714	701	754	741	771	793	695	706	596
7	729	741	715	702	753	738	774	794	696	711	598
8	727	741	712	702	754	741	775	793	692	704	593
9	728	742	717	706	755	741	775	782	688	704	594
10	721	738	712	698	751	734	764	780	679	694	584
11	793	822	792	777	818	826	846	866	783	781	657
12	722	742	712	698	750	738	773	791	688	699	587
08/jan/2013											
VERDE CERÂMICA PADRÃO											
	Blue	Cyan	Green	Yellow	Orange	Red	Deep Red	Infrared 1	Infrared 2	Infrared 3	Infrared 4
1	166	352	312	250	255	331	355	331	546	596	503
2	167	355	314	253	258	335	360	336	549	594	499
3	168	355	316	253	258	336	361	335	550	600	506
4	173	359	320	257	259	335	359	336	553	604	512
5	166	355	316	256	260	339	367	329	544	591	506
6	162	350	311	249	255	331	355	326	536	587	493
7	154	336	299	239	246	319	348	318	516	563	479
8	169	355	313	250	261	337	363	332	550	596	504
9	163	354	313	248	252	333	358	329	547	602	506
10	178	379	339	277	278	366	382	361	589	631	531
11	172	377	333	266	267	357	380	351	591	636	536
12	178	387	345	281	284	373	392	361	586	637	536

Tabela 2 – Valores de cada espectro da amostra exposta ao intemperismo, de cor verde, com substrato cerâmico.

(Fonte: autora)

AMOSTRA PADRÃO - BRANCA											
	Blue	Cyan	Green	Yellow	Orange	Red	Deep Red	Infrared 1	Infrared 2	Infrared 3	Infrared 4
1	732	745	717	696	755	748	764	780	670	697	584
2	723	737	707	681	740	730	753	752	669	692	589
3	706	743	711	676	747	745	772	763	672	699	598
4	713	745	714	671	750	746	764	773	664	689	584
5	724	751	715	692	748	744	751	776	665	669	555
6	715	745	701	671	727	721	725	756	654	667	569
7	710	742	704	671	730	726	729	756	655	662	557
8	698	743	706	681	739	735	746	767	667	687	575
9	705	753	714	687	735	734	741	761	670	678	570
10	708	751	710	684	736	730	752	761	674	676	565
11	690	757	720	692	744	741	763	768	682	682	580
12	730	766	721	695	747	741	761	773	685	687	568
20/dez/2012											
VERDE CERÂMICA INTEMPERISMO											
	Blue	Cyan	Green	Yellow	Orange	Red	Deep Red	Infrared 1	Infrared 2	Infrared 3	Infrared 4
1	194	359	331	281	287	332	353	350	504	438	460
2	192	357	327	279	285	331	355	347	494	524	448
3	186	349	321	277	280	326	343	340	488	521	443
4	182	345	317	270	274	320	336	333	491	522	450
5	184	349	318	270	274	318	335	333	488	520	440
6	191	359	327	286	284	325	343	345	490	512	438
7	190	363	320	285	281	321	350	355	514	523	446
8	181	349	325	279	281	325	348	332	465	491	441
9	1777	338	311	265	271	310	339	326	464	488	421
10	179	340	309	264	267	311	334	328	485	509	429
11	190	357	329	282	284	324	339	340	491	516	420
12	185	355	322	279	282	317	339	340	488	503	428

Tabela 3 – Valores de cada espectro da amostra padrão, de cor verde, com substrato cimentício.

(Fonte: autora)

AMOSTRA PADRÃO - BRANCA											
	Blue	Cyan	Green	Yellow	Orange	Red	Deep Red	Infrared 1	Infrared 2	Infrared 3	Infrared 4
1	732	740	713	701	754	744	775	792	690	711	595
2	732	742	715	700	757	750	782	796	685	711	598
3	736	744	718	706	760	750	781	798	691	715	592
4	727	739	713	694	748	739	771	787	684	705	593
5	725	736	706	683	740	732	760	786	686	706	592
6	809	823	811	827	853	858	869	927	835	848	705
7	776	801	771	781	817	829	838	859	770	776	648
8	734	745	709	696	750	742	776	797	699	713	594
9	722	732	700	683	737	726	767	777	681	698	584
10	734	749	712	723	766	750	776	806	709	714	591
11	726	742	702	719	755	736	765	805	694	696	578
12	729	744	713	693	752	744	780	795	697	711	596
VERDE CIMENTÍCIA PADRÃO											
	Blue	Cyan	Green	Yellow	Orange	Red	Deep Red	Infrared 1	Infrared 2	Infrared 3	Infrared 4
1	140	328	289	235	234	309	322	308	500	554	459
2	136	321	283	226	229	302	316	300	488	544	452
3	135	315	280	226	227	298	311	292	473	532	454
4	131	312	276	218	222	292	313	287	463	525	446
5	133	311	276	219	223	291	311	288	465	524	442
6	138	337	286	231	234	300	316	303	487	542	447
7	127	302	266	212	216	387	304	284	462	525	440
8	145	353	305	246	238	326	334	316	535	595	503
9	140	344	298	243	240	322	334	303	532	595	495
10	128	315	280	227	225	315	328	290	519	582	489
11	134	313	272	229	222	289	309	295	480	536	447
12	140	326	296	237	238	317	332	303	497	564	483

Tabela 4 – Valores de cada espectro da amostra exposta ao intemperismo, de cor verde, com substrato cimentício.

(Fonte: autora)

AMOSTRA PADRÃO - BRANCA											
	Blue	Cyan	Green	Yellow	Orange	Red	Deep Red	Infrared 1	Infrared 2	Infrared 3	Infrared 4
1	732	740	713	701	754	744	775	792	690	711	595
2	732	742	715	700	757	750	782	796	685	711	598
3	736	744	718	706	760	750	781	798	691	715	592
4	727	739	713	694	748	739	771	787	684	705	593
5	725	736	706	683	740	732	760	786	686	706	592
6	809	823	811	827	853	858	869	927	835	848	705
7	776	801	771	781	817	829	838	859	770	776	648
8	734	745	709	696	750	742	776	797	699	713	594
9	722	732	700	683	737	726	767	777	681	698	584
10	734	749	712	723	766	750	776	806	709	714	591
11	726	742	702	719	755	736	765	805	694	696	578
12	729	744	713	693	752	744	780	795	697	711	596
VERDE CIMENTÍCIA INTEMPERISMO											
	Blue	Cyan	Green	Yellow	Orange	Red	Deep Red	Infrared 1	Infrared 2	Infrared 3	Infrared 4
1	184	353	329	284	283	337	350	346	486	535	446
2	189	359	334	290	291	344	352	345	484	529	444
3	174	336	312	270	272	317	333	323	444	494	412
4	176	348	326	288	288	337	343	341	474	520	433
5	178	352	325	292	290	336	340	340	473	521	435
6	178	344	324	287	285	332	342	333	459	514	432
7	169	329	309	267	269	311	332	320	441	490	416
8	174	331	306	268	271	315	331	322	440	487	407
9	175	335	311	268	271	316	335	327	450	500	418
10	169	334	307	275	274	317	328	328	456	495	404
11	186	369	342	303	298	345	357	364	507	552	458
12	171	344	319	285	285	332	347	337	465	514	434

Tabela 5– Valores de cada espectro da amostra padrão, de cor Tangerina, com substrato cerâmico.

(Fonte: autora)

AMOSTRA PADRÃO - BRANCA											
	Blue	Cyan	Green	Yellow	Orange	Red	Deep Red	Infrared 1	Infrared 2	Infrared 3	Infrared 4
1	453	483	494	427	511	466	547	470	456	463	430
2	676	715	693	639	708	671	700	693	646	664	601
3	817	814	791	738	751	733	757	715	601	640	606
4	738	747	724	787	751	733	757	755	692	743	672
5	739	748	728	685	745	726	749	755	680	745	662
6	754	792	774	684	747	726	757	774	734	822	732
7	698	710	696	659	729	716	743	721	660	738	657
8	730	740	717	717	751	720	736	750	672	729	642
9	851	846	848	837	862	860	836	876	807	845	738
10	787	824	825	785	828	779	809	780	762	820	726
11	722	731	720	694	747	732	754	754	685	748	666
12	750	794	780	732	783	776	765	744	734	790	685
TANGERINA CERÂMICA PADRÃO											
	Blue	Cyan	Green	Yellow	Orange	Red	Deep Red	Infrared 1	Infrared 2	Infrared 3	Infrared 4
1	46	123	180	317	416	407	461	495	464	401	365
2	52	125	183	329	420	425	476	514	468	410	381
3	46	129	187	322	427	435	489	494	477	424	390
4	56	126	185	328	427	430	490	530	486	428	380
5	57	125	183	331	429	437	491	528	474	429	398
6	58	132	191	336	430	434	480	532	480	442	402
7	57	129	190	339	431	440	494	522	478	444	411
8	60	129	185	331	423	427	486	519	459	433	406
9	59	128	186	332	429	431	487	524	483	446	412
10	57	124	183	327	422	427	491	519	451	426	397
11	60	129	191	342	439	451	492	551	491	466	408
12	62	132	194	343	441	454	497	534	490	466	416

Tabela 6– Valores de cada espectro da amostra exposta ao intemperismo, de cor Tangerina, com substrato cerâmico.

(Fonte: autora)

AMOSTRA PADRÃO - BRANCA											
	Blue	Cyan	Green	Yellow	Orange	Red	Deep Red	Infrared 1	Infrared 2	Infrared 3	Infrared 4
1	740	751	721	703	755	741	778	785	690	712	602
2	741	750	724	708	760	750	781	793	698	713	597
3	729	741	720	700	755	743	779	790	689	705	596
4	780	801	777	772	813	799	827	844	757	769	647
5	733	743	718	705	755	745	778	797	694	708	598
6	726	740	714	701	754	741	771	793	695	706	596
7	729	741	715	702	753	738	774	794	696	711	598
8	727	741	712	702	754	741	775	793	692	704	593
9	728	742	717	706	755	741	775	782	688	704	594
10	721	738	712	698	751	734	764	780	679	694	584
11	793	822	792	777	818	826	846	866	783	781	657
12	722	742	712	698	750	738	773	791	688	699	587
TANGERINA CERÂMICA INTEMPERISMO											
	Blue	Cyan	Green	Yellow	Orange	Red	Deep Red	Infrared 1	Infrared 2	Infrared 3	Infrared 4
1	112	181	239	370	446	469	517	554	492	492	426
2	110	180	238	364	440	464	516	550	481	476	416
3	109	180	236	369	445	471	516	554	483	480	418
4	111	180	237	370	443	463	508	549	488	482	419
5	116	189	248	394	466	499	534	577	509	497	428
6	111	180	234	365	440	460	506	546	475	465	409
7	105	175	233	358	432	452	502	528	461	458	406
8	109	179	234	366	437	459	503	547	479	471	408
9	111	180	236	366	439	461	508	554	492	479	414
10	104	173	228	354	425	496	495	531	462	456	403
11	108	178	233	358	436	460	505	538	467	459	400
12	109	180	234	366	433	453	497	535	471	464	408

Tabela 7– Valores de cada espectro da amostra padrão, de cor Tangerina, com substrato cimentício.

(Fonte: autora)

AMOSTRA PADRÃO - BRANCA											
	Blue	Cyan	Green	Yellow	Orange	Red	Deep Red	Infrared 1	Infrared 2	Infrared 3	Infrared 4
1	732	740	713	701	754	744	775	792	690	711	595
2	732	742	715	700	757	750	782	796	685	711	598
3	736	744	718	706	760	750	781	798	691	715	592
4	727	739	713	694	748	739	771	787	684	705	593
5	725	736	706	683	740	732	760	786	686	706	592
6	809	823	811	827	853	858	869	927	835	848	705
7	776	801	771	781	817	829	838	859	770	776	648
8	734	745	709	696	750	742	776	797	699	713	594
9	722	732	700	683	737	726	767	777	681	698	584
10	734	749	712	723	766	750	776	806	709	714	591
11	726	742	702	719	755	736	765	805	694	696	578
12	729	744	713	693	752	744	780	795	697	711	596
TANGERINA CIMENTÍCIA PADRÃO											
	Blue	Cyan	Green	Yellow	Orange	Red	Deep Red	Infrared 1	Infrared 2	Infrared 3	Infrared 4
1	69	129	192	356	453	482	533	581	501	490	421
2	72	133	196	360	454	483	532	578	501	490	423
3	67	125	186	344	441	470	520	556	495	487	417
4	70	132	197	365	464	490	539	586	511	501	433
5	69	131	193	361	456	484	533	586	507	491	428
6	69	129	192	355	450	478	529	574	495	483	418
7	71	133	195	365	458	486	532	587	507	491	423
8	75	141	207	385	482	518	558	611	543	527	455
9	75	143	211	396	486	520	554	616	542	529	452
10	74	142	208	382	483	521	558	617	539	522	454
11	78	142	208	382	477	511	553	612	537	525	458
12	67	128	189	352	446	475	537	566	483	479	421

Tabela 8– Valores de cada espectro da amostra exposta ao intermprimido, de cor Tangerina, com substrato cimentício.
(Fonte: autora)

AMOSTRA PADRÃO - BRANCA											
	Blue	Cyan	Green	Yellow	Orange	Red	Deep Red	Infrared 1	Infrared 2	Infrared 3	Infrared 4
1	732	740	713	701	754	744	775	792	690	711	595
2	732	742	715	700	757	750	782	796	685	711	598
3	736	744	718	706	760	750	781	798	691	715	592
4	727	739	713	694	748	739	771	787	684	705	593
5	725	736	706	683	740	732	760	786	686	706	592
6	809	823	811	827	853	858	869	927	835	848	705
7	776	801	771	781	817	829	838	859	770	776	648
8	734	745	709	696	750	742	776	797	699	713	594
9	722	732	700	683	737	726	767	777	681	698	584
10	734	749	712	723	766	750	776	806	709	714	591
11	726	742	702	719	755	736	765	805	694	696	578
12	729	744	713	693	752	744	780	795	697	711	596
TANGERINA CIMENTÍCIA INTEMPERISMO											
	Blue	Cyan	Green	Yellow	Orange	Red	Deep Red	Infrared 1	Infrared 2	Infrared 3	Infrared 4
1	142	215	270	418	484	507	540	591	520	505	438
2	135	210	270	409	485	518	555	594	542	530	451
3	130	204	264	405	480	501	534	577	516	509	446
4	118	197	255	396	476	509	538	587	519	500	436
5	132	200	258	401	467	487	523	561	489	485	415
6	124	194	248	403	462	493	525	577	513	496	426
7	125	193	245	380	453	474	516	561	486	474	406
8	114	182	234	360	433	449	494	530	461	455	392
9	123	192	242	373	449	465	510	553	477	465	402
10	117	188	241	376	448	463	506	547	470	463	401
11	119	187	241	387	456	474	512	568	496	481	414
12	126	194	246	382	453	471	512	562	492	476	413

Tabela 9– Valores de cada espectro da amostra padrão, de cor Marrocos, com substrato cerâmico.

(Fonte: autora)

AMOSTRA PADRÃO - BRANCA											
	Blue	Cyan	Green	Yellow	Orange	Red	Deep Red	Infrared 1	Infrared 2	Infrared 3	Infrared 4
1	453	483	494	427	511	466	547	470	456	463	430
2	676	715	693	639	708	671	700	693	646	664	601
3	817	814	791	738	751	733	757	715	601	640	606
4	738	747	724	787	751	733	757	755	692	743	672
5	739	748	728	685	745	726	749	755	680	745	662
6	754	792	774	684	747	726	757	774	734	822	732
7	698	710	696	659	729	716	743	721	660	738	657
8	730	740	717	717	751	720	736	750	672	729	642
9	851	846	848	837	862	860	836	876	807	845	738
10	787	824	825	785	828	779	809	780	762	820	726
11	722	731	720	694	747	732	754	754	685	748	666
12	750	794	780	732	783	776	765	744	734	790	685
MARROCOS CERÂMICA PADRÃO											
	Blue	Cyan	Green	Yellow	Orange	Red	Deep Red	Infrared 1	Infrared 2	Infrared 3	Infrared 4
1	84	247	307	330	345	310	318	345	310	290	253
2	82	245	302	321	336	300	325	318	288	271	247
3	82	238	293	317	335	297	310	313	286	277	239
4	80	234	289	321	338	304	325	338	304	287	263
5	82	249	308	328	346	309	327	337	316	296	261
6	75	228	288	312	330	292	316	329	292	274	247
7	98	272	345	366	393	371	364	396	342	340	278
8	90	251	319	340	363	332	350	366	325	328	290
9	90	256	323	347	367	338	342	369	327	330	290
10	92	254	320	346	364	334	350	368	323	325	287
11	94	270	341	362	385	361	371	396	374	361	307
12	95	267	339	372	385	366	372	404	369	355	296

Tabela 10– Valores de cada espectro da amostra exposta ao intermperismo, de cor Marrocos, com substrato cerâmico.

(Fonte: autora)

AMOSTRA PADRÃO - BRANCA											
		Cyan	Green	Yellow	Orange	Red	Deep Red	Infrared 1	Infrared 2	Infrared 3	Infrared 4
1	740	751	721	703	755	741	778	785	690	712	602
2	741	750	724	708	760	750	781	793	698	713	597
3	729	741	720	700	755	743	779	790	689	705	596
4	780	801	777	772	813	799	827	844	757	769	647
5	733	743	718	705	755	745	778	797	694	708	598
6	726	740	714	701	754	741	771	793	695	706	596
7	729	741	715	702	753	738	774	794	696	711	598
8	727	741	712	702	754	741	775	793	692	704	593
9	728	742	717	706	755	741	775	782	688	704	594
10	721	738	712	698	751	734	764	780	679	694	584
11	793	822	792	777	818	826	846	866	783	781	657
12	722	742	712	698	750	738	773	791	688	699	587
AMOSTRA MARROCOS CERÂMICA INTEMPERISMO											
	Blue	Cyan	Green	Yellow	Orange	Red	Deep Red	Infrared 1	Infrared 2	Infrared 3	Infrared 4
1	95	235	291	329	340	316	334	356	320	307	260
2	97	241	299	338	349	326	344	361	326	311	263
3	95	237	294	333	347	325	342	361	327	313	264
4	98	242	300	337	350	326	343	364	333	317	269
5	108	266	322	366	375	357	364	390	353	332	281
6	103	259	320	363	373	353	362	401	358	335	275
7	110	266	330	379	384	365	370	401	364	343	288
8	100	259	320	367	371	353	361	388	353	334	278
9	95	234	289	326	341	317	334	354	319	304	255
10	96	243	297	345	354	328	346	371	332	314	263
11	99	249	305	354	359	334	348	374	334	315	265
12	105	264	328	373	379	363	372	397	369	348	294

Tabela 11– Valores de cada espectro da amostra padrão, de cor Marrocos, com substrato cimentício.

(Fonte: autora)

AMOSTRA PADRÃO - BRANCA											
	Blue	Cyan	Green	Yellow	Orange	Red	Deep Red	Infrared 1	Infrared 2	Infrared 3	Infrared 4
1	732	740	713	701	754	744	775	792	690	711	595
2	732	742	715	700	757	750	782	796	685	711	598
3	736	744	718	706	760	750	781	798	691	715	592
4	727	739	713	694	748	739	771	787	684	705	593
5	725	736	706	683	740	732	760	786	686	706	592
6	809	823	811	827	853	858	869	927	835	848	705
7	776	801	771	781	817	829	838	859	770	776	648
8	734	745	709	696	750	742	776	797	699	713	594
9	722	732	700	683	737	726	767	777	681	698	584
10	734	749	712	723	766	750	776	806	709	714	591
11	726	742	702	719	755	736	765	805	694	696	578
12	729	744	713	693	752	744	780	795	697	711	596
MARROCOS CIMENTÍCIA PADRÃO											
	Blue	Cyan	Green	Yellow	Orange	Red	Deep Red	Infrared 1	Infrared 2	Infrared 3	Infrared 4
1	96	263	331	377	380	354	370	381	348	332	279
2	98	268	337	377	383	361	367	386	358	336	280
3	100	271	339	378	387	369	371	396	362	342	285
4	106	276	344	384	389	368	374	395	361	340	284
5	97	268	331	379	380	357	367	388	343	324	270
6	95	260	326	361	376	354	359	385	346	327	274
7	93	258	320	363	369	343	351	373	331	319	272
8	92	247	305	342	355	327	341	363	319	303	253
9	93	254	317	355	363	339	351	371	328	312	262
10	94	249	309	357	363	332	343	372	324	309	255
11	89	242	302	339	351	326	343	363	321	306	248
12	89	245	305	346	357	328	342	365	323	305	252

Tabela 12– Valores de cada espectro da amostra exposta ao intemperismo, de cor Marrocos, com substrato cimentício.

(Fonte: autora)

AMOSTRA PADRÃO - BRANCA											
	Blue	Cyan	Green	Yellow	Orange	Red	Deep Red	Infrared 1	Infrared 2	Infrared 3	Infrared 4
1	453	483	494	427	511	466	547	470	456	463	430
2	676	715	693	639	708	671	700	693	646	664	601
3	817	814	791	738	751	733	757	715	601	640	606
4	738	747	724	787	751	733	757	755	692	743	672
5	739	748	728	685	745	726	749	755	680	745	662
6	754	792	774	684	747	726	757	774	734	822	732
7	698	710	696	659	729	716	743	721	660	738	657
8	730	740	717	717	751	720	736	750	672	729	642
9	851	846	848	837	862	860	836	876	807	845	738
10	787	824	825	785	828	779	809	780	762	820	726
11	722	731	720	694	747	732	754	754	685	748	666
12	750	794	780	732	783	776	765	744	734	790	685
MARROCOS CIMENTÍCIA INTEMPERISMO											
	Blue	Cyan	Green	Yellow	Orange	Red	Deep Red	Infrared 1	Infrared 2	Infrared 3	Infrared 4
1	130	274	334	355	373	345	357	349	320	317	280
2	131	275	333	358	370	343	352	366	324	313	254
3	117	271	326	340	364	336	347	340	309	300	250
4	115	275	331	336	335	299	324	304	285	262	228
5	119	283	341	347	356	323	332	309	388	268	235
6	104	264	312	316	344	309	320	315	304	266	232
7	108	266	317	329	350	315	320	332	309	271	233
8	105	267	315	325	348	311	321	323	310	273	234
9	112	268	315	327	347	309	314	322	301	254	221
10	107	264	312	320	344	308	318	313	306	263	228
11	103	272	320	325	351	313	322	331	306	272	237
12	107	267	313	320	343	305	316	314	302	261	226

Tabela 13– Valores de cada espectro da amostra padrão, de cor Cerâmica, com substrato cerâmico.

(Fonte: autora)

AMOSTRA PADRÃO - BRANCA											
	Blue	Cyan	Green	Yellow	Orange	Red	Deep Red	Infrared 1	Infrared 2	Infrared 3	Infrared 4
1	453	483	494	427	511	466	547	470	456	463	430
2	676	715	693	639	708	671	700	693	646	664	601
3	817	814	791	738	751	733	757	715	601	640	606
4	738	747	724	787	751	733	757	755	692	743	672
5	739	748	728	685	745	726	749	755	680	745	662
6	754	792	774	684	747	726	757	774	734	822	732
7	698	710	696	659	729	716	743	721	660	738	657
8	730	740	717	717	751	720	736	750	672	729	642
9	851	846	848	837	862	860	836	876	807	845	738
10	787	824	825	785	828	779	809	780	762	820	726
11	722	731	720	694	747	732	754	754	685	748	666
12	750	794	780	732	783	776	765	744	734	790	685
CERÂMICA - CERÂMICA PADRÃO											
	Blue	Cyan	Green	Yellow	Orange	Red	Deep Red	Infrared 1	Infrared 2	Infrared 3	Infrared 4
1	70	115	151	222	258	265	268	318	280	274	249
2	72	118	154	224	261	271	292	321	282	277	252
3	69	115	150	218	255	266	285	314	271	265	242
4	69	115	150	214	254	265	288	314	274	266	240
5	71	117	152	222	257	265	285	312	273	266	241
6	69	113	148	213	252	264	285	310	273	266	241
7	70	115	150	216	251	262	283	312	270	261	234
8	75	125	163	234	272	287	304	331	292	276	253
9	69	114	150	215	254	265	287	313	278	267	243
10	73	119	155	221	260	268	289	316	278	272	248
11	69	114	148	214	253	262	286	314	276	265	239
12	77	126	164	237	274	292	309	339	302	292	268

Tabela 14– Valores de cada espectro da amostra exposta ao intemperismo, de cor Cerâmica, com substrato cerâmico.

(Fonte: autora)

AMOSTRA PADRÃO - BRANCA											
	Blue	Cyan	Green	Yellow	Orange	Red	Deep Red	Infrared 1	Infrared 2	Infrared 3	Infrared 4
1	740	751	721	703	755	741	778	785	690	712	602
2	741	750	724	708	760	750	781	793	698	713	597
3	729	741	720	700	755	743	779	790	689	705	596
4	780	801	777	772	813	799	827	844	757	769	647
5	733	743	718	705	755	745	778	797	694	708	598
6	726	740	714	701	754	741	771	793	695	706	596
7	729	741	715	702	753	738	774	794	696	711	598
8	727	741	712	702	754	741	775	793	692	704	593
9	728	742	717	706	755	741	775	782	688	704	594
10	721	738	712	698	751	734	764	780	679	694	584
11	793	822	792	777	818	826	846	866	783	781	657
12	722	742	712	698	750	738	773	791	688	699	587
CERÂMICA - CERÂMICA INTEMPERISMO											
	Blue	Cyan	Green	Yellow	Orange	Red	Deep Red	Infrared 1	Infrared 2	Infrared 3	Infrared 4
1	68	111	142	201	236	243	258	281	249	237	195
2	67	111	143	207	239	248	262	286	252	239	205
3	71	114	146	212	243	250	267	290	258	245	210
4	77	121	153	217	249	254	272	295	263	249	213
5	69	111	143	208	240	249	268	286	250	238	205
6	74	122	155	223	255	269	280	307	274	258	218
7	73	121	154	228	255	271	278	306	272	258	218
8	75	122	155	225	256	270	280	295	273	256	224
9	68	112	143	207	240	247	265	287	252	239	204
10	67	110	142	207	238	247	262	286	251	240	204
11	70	112	143	207	238	246	263	288	252	241	205
12	81	124	155	215	249	254	292	259	257	250	215

Tabela 15 – Valores de cada espectro da amostra padrão, de cor Cerâmica, com substrato cimentício.

(Fonte: autora)

AMOSTRA PADRÃO – BRANCA											
	Blue	Cyan	Green	Yellow	Orange	Red	Deep Red	Infrared 1	Infrared 2	Infrared 3	Infrared 4
1	731	729	703	683	748	752	786	793	682	721	604
2	732	729	702	686	751	753	788	794	683	722	605
3	745	739	710	693	752	750	788	806	693	728	606
4	724	722	696	676	740	741	782	793	679	717	600
5	723	721	693	674	738	741	782	794	677	713	598
6	716	712	683	671	738	734	772	786	669	701	587
7	721	716	690	674	743	742	775	778	669	706	596
8	737	737	706	681	741	744	788	809	695	725	610
9	726	724	690	675	740	741	777	788	675	706	593
10	722	720	687	667	732	734	776	786	666	703	588
11	720	718	688	671	738	744	782	785	677	705	591
12	728	730	696	679	742	740	780	792	685	711	596
CERÂMICA - CIMENTÍCIA PADRÃO											
	Blue	Cyan	Green	Yellow	Orange	Red	Deep Red	Infrared 1	Infrared 2	Infrared 3	Infrared 4
1	79	127	165	247	284	303	319	353	313	301	255
2	78	126	164	240	279	296	311	338	298	290	249
3	75	122	160	239	276	294	311	334	297	290	246
4	76	124	161	242	281	299	316	340	308	298	254
5	73	117	151	226	263	278	298	318	276	274	234
6	74	120	157	237	272	290	308	327	287	284	241
7	78	122	157	241	273	288	304	338	298	287	244
8	70	114	150	225	262	278	300	325	283	275	235
9	72	117	153	229	266	280	301	326	284	276	235
10	73	116	151	227	263	278	297	321	282	276	235
11	71	115	151	227	263	276	295	318	277	276	233
12	70	113	148	222	259	272	292	319	278	276	226

Tabela 16 – Valores de cada espectro da amostra exposta ao intemperismo, de cor Cerâmica, com substrato cimentício.

(Fonte: autora)

AMOSTRA PADRÃO - BRANCA											
	Blue	Cyan	Green	Yellow	Orange	Red	Deep Red	Infrared 1	Infrared 2	Infrared 3	Infrared 4
1	732	740	713	701	754	744	775	792	690	711	595
2	732	742	715	700	757	750	782	796	685	711	598
3	736	744	718	706	760	750	781	798	691	715	592
4	727	739	713	694	748	739	771	787	684	705	593
5	725	736	706	683	740	732	760	786	686	706	592
6	809	823	811	827	853	858	869	927	835	848	705
7	776	801	771	781	817	829	838	859	770	776	648
8	734	745	709	696	750	742	776	797	699	713	594
9	722	732	700	683	737	726	767	777	681	698	584
10	734	749	712	723	766	750	776	806	709	714	591
11	726	742	702	719	755	736	765	805	694	696	578
12	729	744	713	693	752	744	780	795	697	711	596
CERÂMICA - CIMENTÍCIA INTEMPERISMO											
	Blue	Cyan	Green	Yellow	Orange	Red	Deep Red	Infrared 1	Infrared 2	Infrared 3	Infrared 4
1	117	164	197	275	306	310	319	351	301	290	245
2	133	181	211	281	314	317	331	363	311	298	252
3	128	175	205	277	309	314	329	357	310	296	249
4	123	174	207	281	316	324	335	372	329	315	269
5	120	166	196	262	299	303	320	346	302	292	244
6	116	162	193	261	296	299	316	342	296	283	240
7	123	170	200	268	303	305	321	342	293	283	240
8	116	165	196	273	303	308	315	350	304	297	248
9	117	163	194	259	294	297	315	343	295	284	241
10	143	191	223	294	327	334	347	375	324	311	262
11	118	165	196	261	297	300	317	343	294	283	240
12	129	175	204	275	305	307	323	353	305	290	244

APÊNDICE D

Seguem os gráficos de refletância obtidos após as medições no equipamento Alta II Reflectance Spectrometer.

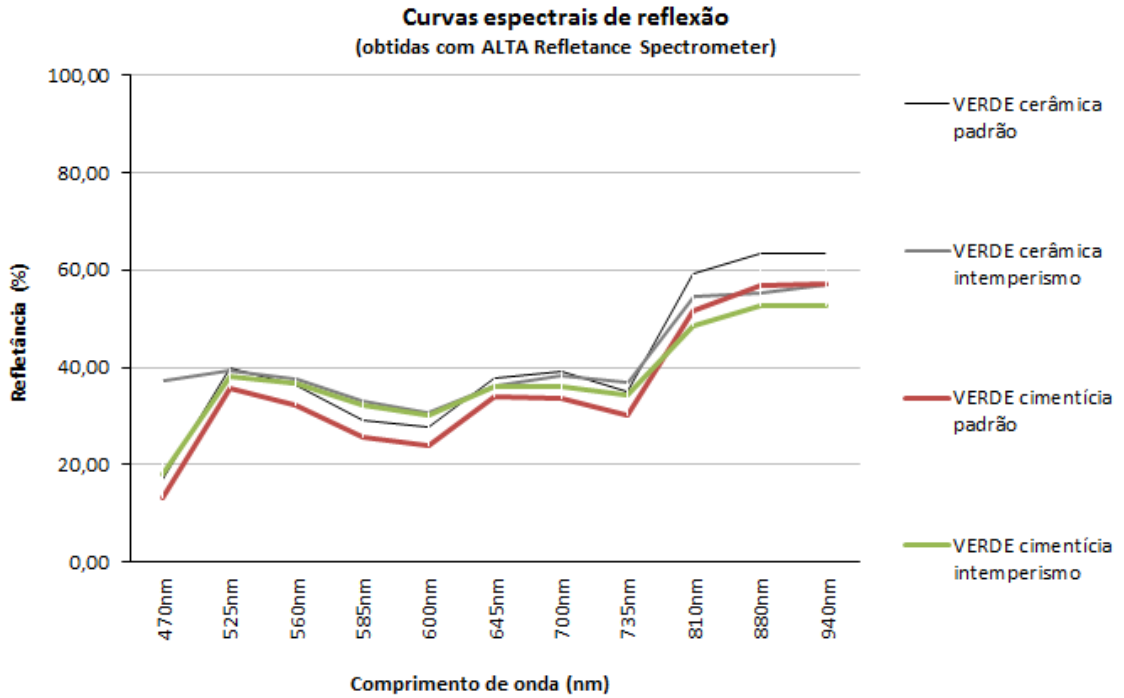


Gráfico 1 – Resultados da refletância nas amostras de cor Verde.
(Fonte: autora)

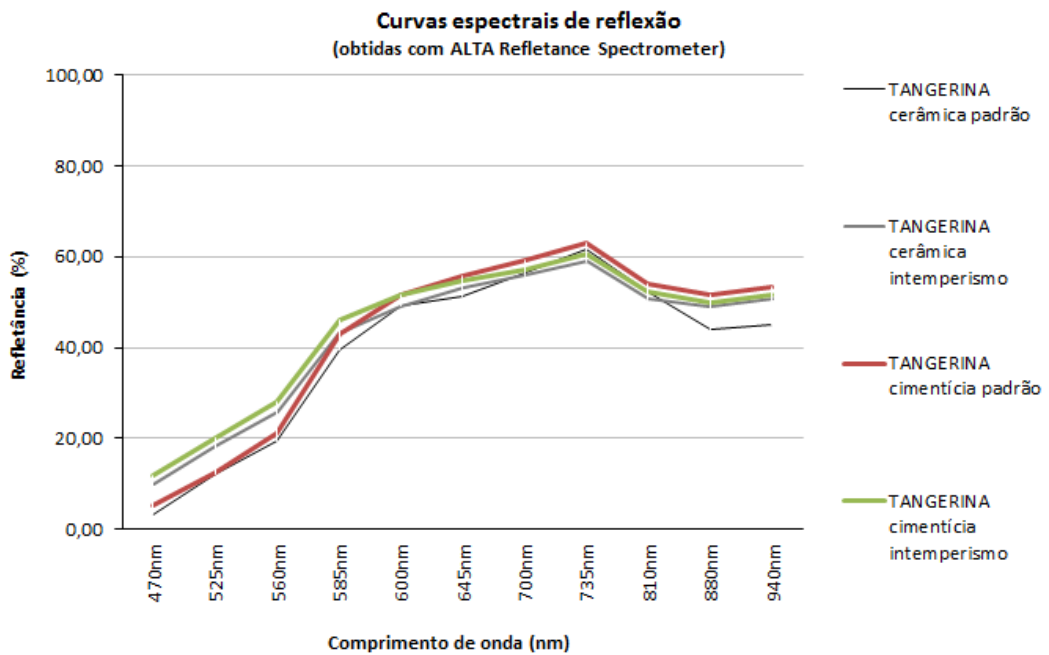


Gráfico 2 – Resultados da refletância nas amostras de cor Tangerina.
(Fonte: autora)

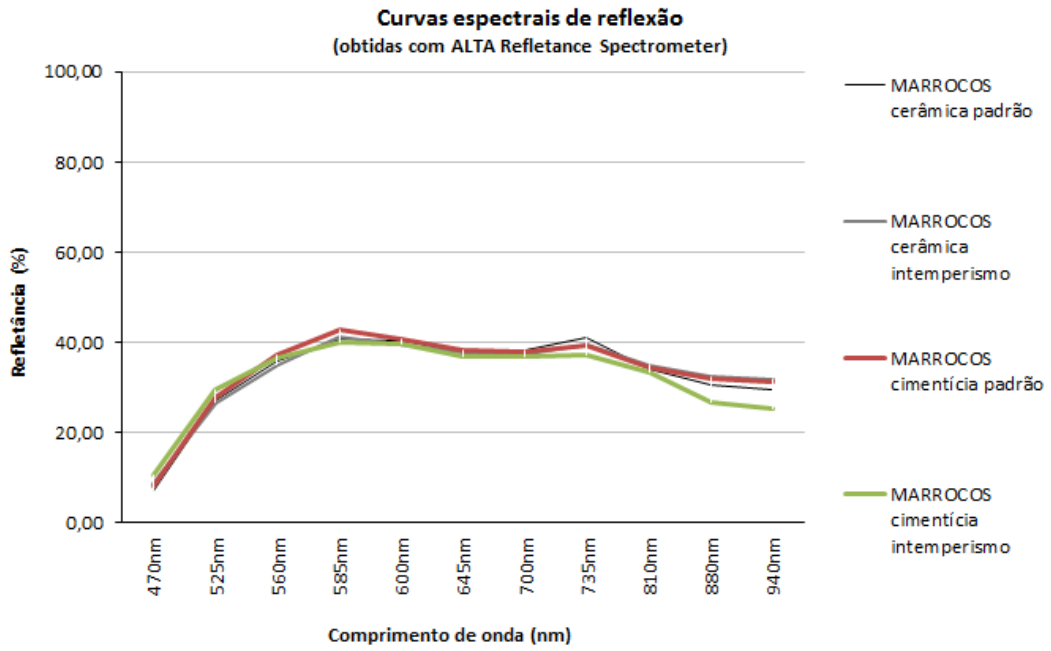


Gráfico 3 – Resultados da refletância nas amostras de cor Marrocos.
(Fonte: autora)

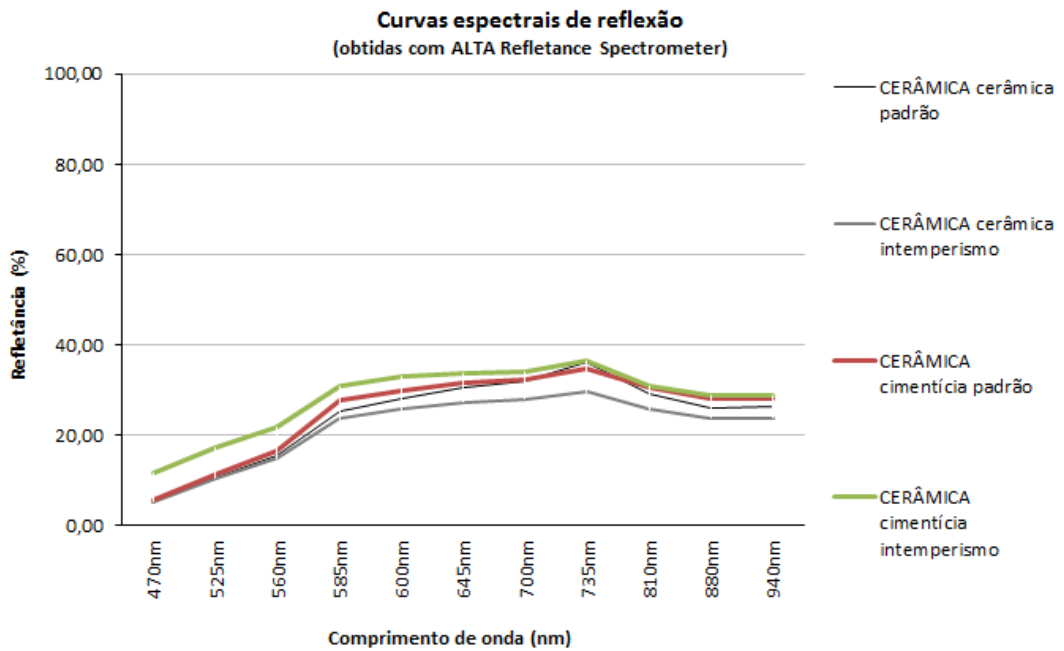


Gráfico 4 – Resultados da refletância nas amostras de cor Cerâmica.
(Fonte: autora)

ANEXOS

ANEXO A

Neste anexo estão disponíveis as tabelas com os dados climáticos coletados pelo INMET. Estes dados são da estação automática de meteorologia presente no bairro da Pampulha, em Belo Horizonte, a qual foi escolhida por ser a estação mais próxima do local de exposição das amostras.

Tabela 1 – Dados climáticos diários coletados pelo INMET – Instituto Nacional de Meteorologia.
(Fonte: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=estacoes/estacoesAutomaticas>> Acesso em 20 jan 2013)

Média dos dados climáticos/mês									
	Temperatura Média (Inst.)	Temperatura Média (Máx.)	Temperatura Média (Min.)	Umidade Média (Inst.)	Umidade Média (Máx.)	Umidade Média (Min.)	Vento (Velocidade Média)	Radiação	Chuva
OUTUBRO	25,87	26,70	25,04	47,14	50,29	43,97	2,35	982,74	0,10
NOVEMBRO	22,38	23,05	21,75	66,89	69,56	64,15	2,19	869,84	0,48
DEZEMBRO	24,94	25,67	24,21	59,03	62,46	55,66	2,03	1.078,27	0,14
JANEIRO	23,84	24,49	23,22	59,84	62,68	57,07	2,09	922,14	0,41
MÉDIA TOTAL	24,26	24,98	23,55	58,22	61,25	55,21	2,16	963,25	0,28

Anexo B

As Tabelas 1 a 4 mostram as classificações dos destacamentos nos testes de aderência, do método A, através do corte em X.

Tabela 1 – Classificação dos destacamentos na intersecção.
(Fonte: NBR 11003 ABNT: 2009, p. 5)


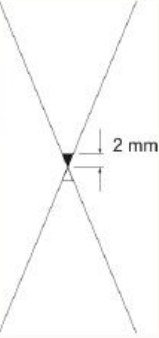
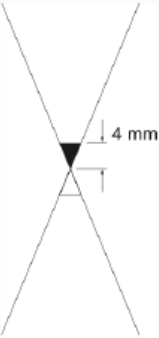
Código	Figura
Y_0 Nenhum destacamento na intersecção	
Y_1 Destacamento de 1 mm a 2 mm em um ou em ambos os lados na intersecção	
Y_2 Destacamento acima de 2 mm até 4 mm em um ou em ambos os lados da intersecção	

Tabela 2 – Classificação dos destacamentos na intersecção (continuação).
(Fonte: NBR 11003 ABNT: 2009, p. 6)

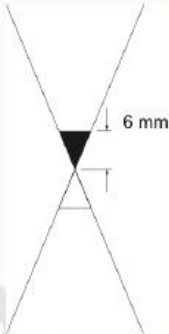
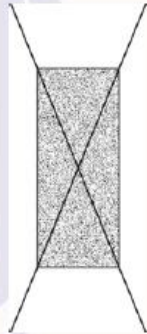
Código	Figura
<p>Y₃</p> <p>Destacamento acima de 4 mm até 6 mm em um ou em ambos os lados da intersecção</p>	 <p>O diagrama mostra duas linhas diagonais que se cruzam no centro. Um pequeno triângulo negro está preenchido na parte superior da intersecção. Uma linha vertical com uma seta para cima indica a altura deste triângulo, rotulado como '6 mm'.</p>
<p>Y₄</p> <p>Destacamento acima de 6 mm em um ou em ambos os lados da intersecção</p>	 <p>O diagrama mostra duas linhas diagonais que se cruzam no centro. Um retângulo hachurado está preenchido na parte superior da intersecção, representando um destacamento maior.</p>

Tabela 3 – Classificação dos destacamentos ao longo das incisões.
 (Fonte: NBR 11003 ABNT: 2009, p. 7)

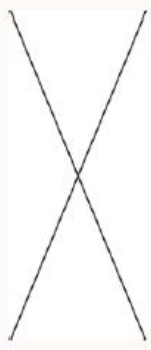


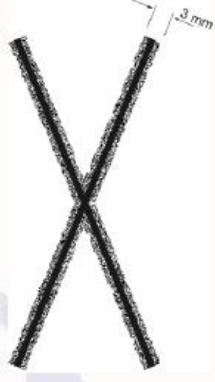

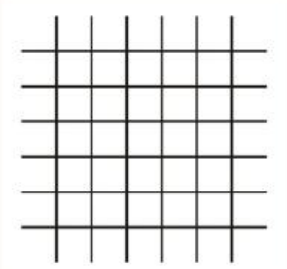
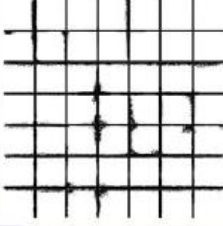
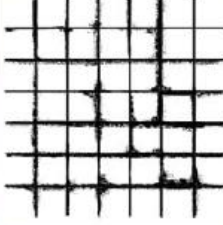
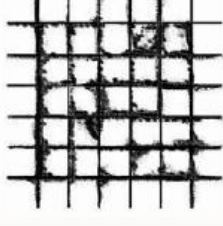
Código	Figura
<p>X_0</p> <p>Nenhum destacamento ao longo das incisões</p>	
<p>X_1</p> <p>Destacamento de até 1 mm ao longo das incisões</p>	
<p>X_2</p> <p>Destacamento acima de 1 mm até 2 mm ao longo das incisões</p>	

Tabela 4 – Classificação dos destacamentos ao longo das incisões (continuação).
(Fonte: NBR 11003 ABNT: 2009, p. 8)

Código	Figura
<p>X₃</p> <p>Destacamento acima de 2 mm até 3 mm ao longo das incisões</p>	
<p>X₄</p> <p>Destacamento acima de 3 mm ao longo das incisões</p>	

A Tabela 5 mostra as classificações dos destacamentos nos testes de aderência, do método B, através do corte em grade.

Tabela 5 – Classificação dos destacamentos na área quadriculada.
(Fonte: NBR 11003 ABNT: 2009, p. 9)

Código	Figura
<p>Gr₀ Nenhuma área da película destacada</p>	
<p>Gr₁ Área da película destacada, cerca de 5 % da área quadriculada</p>	
<p>Gr₂ Área da película destacada, cerca de 15 % da área quadriculada</p>	
<p>Gr₃ Área da película destacada, cerca de 35 % da área quadriculada</p>	
<p>Gr₄ Área da película destacada, cerca de 65 % da área quadriculada</p>	